UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

VITIVINICULTURA DE PRECISÃO: DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA E ADOÇÃO NA SERRA GAÚCHA

Júlia Faccin Faé
Engenheira Agrônoma/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2024

CIP - Catalogação na Publicação

Faccin Faé, Júlia
VITIVINICULTURA DE PRECISÃO: DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA E ADOÇÃO NA SERRA GAÚCHA / Júlia Faccin Faé. -- 2024.
87 f.
Orientador: André Luis Vian.

Coorientador: Gilmar Arduino Bettio Marodin.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Vitis Vinifera. 2. Agricultura de Precisão. 3. Adoção de tecnologias. 4. Unidades de Gestão Diferenciadas. 5. Sensoriamento remoto. I. Vian, André Luis, orient. II. Marodin, Gilmar Arduino Bettio, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JÚLIA FACCIN FAÉ
Engenheiro(a) Agrônomo(a) - UFRGS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos

para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia

Faculdade de Agronomia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 26/02/2024
Pela Banca Examinadora

ANDRÉ LUIS VIAN
Orientador
UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Fitotenia

GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Coorientador(a)
UFRGS

CHRISTIAN BREDEMEIER
UFRGS

PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
Diretor da Faculdade de Agronomia

PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
UFRGS

ANTÔNIO LUIS SANTI
UFSM

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Roque Faé e Nádia Faccin Faé pelo apoio incondicional durante toda a minha trajetória. Obrigado por todo amor, incentivo e confiança em mim depositada.

Aos meus avós, Rosa, Lourdes, Nilo e Pedro (in memoriam) por todos valores e ensinamentos de vida que passaram para mim.

As amigas de faculdade e que por destino seguimos juntas na pós-graduação e na vida, Luiza Rathke, Bárbara Andreazza e Mainara Pacini Schu por todos os aprendizados, pelos momentos bons e ruins que passamos juntas e por todos aqueles que ainda virão. Aos amigos, colegas da pós-graduação e de iniciação científica do GEAD pelo companheirismo, auxílio e paciência.

Aos amigos de longa data Larissa, Pamela, Tais, Jaqueline e Débora, em especial, as minhas amigas e primas Natália e Suzane pelos anos de amizade, conselhos e histórias vividas, e por entenderem minhas ausências em muitos momentos.

Ao professor André Luís Vian, pela orientação, conselhos e ensinamentos e principalmente pela amizade. Tu és um exemplo pessoal e profissional. Ao professor Gilmar Arduino Marodin, pelo auxílio na pesquisa e por aceitar o convite de coorientar meu trabalho de mestrado.

A Vinícola Casa Ângelo Fantin, em especial, Aristides e Júlia, por abrir as portas para a execução dessa pesquisa, pela cedência de espaço, auxílio e paciência durante esse período. A vinícola Adega da Serra, em especial ao Antônio Stringuini, por ceder o laboratório para realizar as análises enológicas e a Marina, por todo o auxílio e disponibilidade durante as atividades.

Aos demais professores, colegas e servidores do Departamento de Plantas de Lavoura e do PPG Fitotecnia, pelos ensinamentos e auxílio.

A UFRGS, por me proporcionar uma formação de qualidade tanto na graduação quanto na pós-graduação e ter sido minha casa durante esses 9 anos.

VITIVINICULTURA DE PRECISÃO: DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA E ADOÇÃO NA SERRA GAÚCHA[1]

Autor: Júlia Faccin Faé
Orientador: Prof. André Luis Vian
Co-orientador: Gilmar Arduino Bettio Marodin

RESUMO

O emprego da agricultura de precisão (AP) na vitivinicultura brasileira é uma tendência recente que demanda conhecimento e adaptação das ferramentas disponíveis para essa cultura. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é explorar como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) pode ser empregado para definir unidades de gestão diferenciadas (UGDs), a fim de compreender a variabilidade espacial do vinhedo. O estudo foi conduzido em um vinhedo comercial com as variedades de Merlot e Chardonnay. As informações de NDVI foram obtidas por meio de imagens de satélite Sentinel® com resolução espacial de 3m x 3m. Utilizou-se a plataforma comercial Auravant® para o processamento das imagens, interpolação e construção das UGDs. A construção das UGDs baseou-se no valor médio de NDVI de cada pixel (9m²) de sete mapas de NDVI obtidos ao longo das safras 2020 e 2021. A partir desses mapas, foram delineadas três UGDs (alto, médio e baixo vigor) de acordo com o valor médio de NDVI para classificação. Em seguida, foram coletados dados em cinco pontos amostrais distribuídos dentro de cada UGD, avaliando parâmetros de produtividade, qualidade da uva e atributos químicos do solo. Os resultados indicam que o NDVI obtido por imagens de satélite pode ser utilizado para delimitar a variabilidade intraespecífica do vinhedo. No entanto, validações a campo, principalmente de parâmetros de solo, são essenciais para o correto delineamento das UGDs e para permitir que os produtores as utilizem no manejo das práticas agrícolas. Além disso, o estudo investigou a adoção da AP pelos viticultores do Rio Grande do Sul, por meio da análise de 85 respostas de produtores de uva. Os resultados mostram que 64% dos viticultores são adotantes de AP, enquanto 36% não adotam. A maioria dos entrevistados demonstrou interesse em iniciar ou aumentar o uso de tecnologias nos próximos anos, indicando uma crescente adoção da AP na região. Esses dados destacam a relevância e o potencial da AP na vitivinicultura gaúcha, assim como a necessidade de mais pesquisas e práticas para sua efetiva implementação.

[1]Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (87f.) Fevereiro, 2024.

VITIVINICULTURA DE PRECISÃO: DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA E ADOÇÃO NA SERRA GAÚCHA[1]

Author: Júlia Faccin Faé
Adviser: Prof. André Luis Vian
Co-adviser: Gilmar Arduino Bettio Marodin

ABSTRACT

Precision Agriculture (AP) use in Brazilian wine growing is a recent trend that demands knowledge and adaptation of the tools available for this crop. In this context, this study aims to explore how the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) can be used to define differentiated management units (UGDs) to understand the spatial variability of the vineyard. The study was conducted in a commercial vineyard with Merlot and Chardonnay varieties. NDVI information was obtained using Sentinel® satellite images with a spatial resolution of 3m x 3m. The commercial platform Auravant® was used for image processing, interpolating, and constructing UGDs. The construction of UGDs was based on the average NDVI value of each pixel (9m²) of seven NDVI maps obtained throughout the harvests. 2020 and 2021. These maps outlined three UGDs (high, medium, and low vigor) according to the average NDVI value for classification. Next, data were collected at five sampling points distributed within each UGD, evaluating productivity parameters, grape quality, and soil chemical attributes. The results indicate that the NDVI obtained by satellite images can be used to delimit the intraspecific variability of the vineyard. However, field validations, mainly of soil parameters, are essential for the correct design of UGDs and for producers to use them in managing agricultural practices.Furthermore, the study investigated the adoption of Precision Agriculture by winegrowers in Rio Grande do Sul by analyzing 85 responses from grape producers. The results show that 64% of winegrowers are AP adopters, while 36% do not adopt it. Most interviewees demonstrated interest in starting or increasing the use of technologies in the coming years, indicating a growing adoption of AP in the region. These data highlight the relevance and potential of AP in wine growing in Rio Grande do Sul and the need for more research and practices for its effective implementation.

[1]Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (87p.) February, 2024

SUMÁRIO

Página

1 INTRODUÇÃO..... 1

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 3

2.1 Características gerais da vitivinicultura..... 3

2.1.1 Cultivares..... 4

2.1.2 Colheita e determinação do ponto de colheita..... 5

2.1.3 Características físico-químicas do mosto da uva..... 6

2.2 Agricultura de Precisão..... 7

2.3 Viticultura de Precisão..... 8

2.3.1 Sensoriamento Remoto aplicado à Viticultura de Precisão..... 10

2.3.2 Unidade de gestão diferenciada (UGD)..... 12

2.4 Referências..... 13

3 ARTIGO 1 - Adoção de ferramentas de Vitivinicultura de Precisão (VP) No Rio Grande do Sul..... 20

3.1 Introdução..... 23

3.2 Materiais e Métodos..... 24

3.3 Resultados e Discussão..... 25

3.4 Conclusões..... 39

3.5 Referências..... 40

4 ARTIGO 2 - Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para de finição de unidades de ges-tão diferenciada para a vitivinicultura..... 43

4.1 Introdução..... 45

4.2 Materiais e Métodos..... 46

4.2.1 Localização e caracterização da área de estudo..... 46

4.2.2 Delineamento das UGDs por sensoriamento remoto..... 47

4.2.3 Parâmetros dos atributos físico-químicos do solo, planta e mosto..... 49

4.2.3.1 Análises de produtividade..... 50

4.2.3.2 Análise de qualidade do mosto da uva..... 50

4.2.3.3 Análise química do solo..... 50

Página

4.2.4 Dados Meteorológicos..... 51
4.2.5 Análise estatística..... 52
4.3 Resultados e Discussão..... 52
4.4 Conclusão..... 62
4.5 Referências..... 62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 69
6 APÊNDICES..... 70

RELAÇÃO DE TABELAS

ARTIGO 1 Página

1. Modelo analítico de pesquisa contendo os principais constructos e variáveis analisadas..... 25

ARTIGO 2

1. Valores médios de NDVI utilizados para definir as unidades de gestão diferenciadas (UGDs) nos vinhedos estudados..... 48

2. Tabela de estatística descritiva para os atributos químicos de solo do vinhedo Merlot e Chardonnay por UGD..... 53

3. Análise de variância para características de rendimento e composição vegetativa e de uva dentro das UGDS considerando a média das duas safras..... 55

RELAÇÃO DE FIGURAS

ARTIGO 1 Página

1. Porcentagem de respostas entre as principais regiões produtoras do RS..... 26
2. Percentual de vitivinicultores que conhecem e não conhecem VP..... 26
3. A. Percentual de vitivinicultores do sexo masculino e feminino que conhecem e não conhecem VP. B. Percentual da faixa etária de vitivinicultores que conhecem e não conhecem VP..... 27
4. Relação da faixa etária dos vitivinicultores e a adoção da VP..... 28
5. Percentual de viticultores que conhecem ou não a VP, de acordo com a escolaridade..... 29
6. Percentual de viticultores que adotam VP ou não e sua escolaridade 29
7. Percentual de hectares (ha) das propriedades vitícolas no Rio Grande do Sul (RS) 30
8. Percentual de sistema de condução de videiras utilizados pelos respondentes 31
9. Percentual de destino da produção das uvas..... 31
10. Percentual de viticultores que adotam ou não ferramentas de VP..... 32
11. Ferramentas de AP que produtores fazem uso nas propriedades 33
12. Principais benefícios da VP na percepção dos viticultores 34
13. Percentual de interesse dos viticultores em adotar a VP 34
14. Percentual de intenção sobre a área cultivada com VP 36
15. Principais dificuldades na adoção de VP pelos viticultores 37
16. Percentual de satisfação dos viticultores quanto ao uso de VP..... 38
17. Principais meios de informação de VP..... 39

ARTIGO 2

1. Localização dos vinhedos de Merlot e Chardonnay utilizados no experimento... 47
2. Sete mapas de NDVI e seus respectivos histogramas ao longo do ciclo da videira e o mapa das UGDs segundo a classificação dos valores médios de NDVI da quadra Merlot (A) e Chardonnay (B)..... 49
3. Temperatura do ar (°C) e precipitação pluviométrica (mm) durante o ciclo da cultura no município de Bento Gonçalves – RS..... 51
4. Análise de agrupamentos da produtividade, qualidade e química do solo da videira nas unidades de gestão diferenciada (UGD), para as safras estudadas para a cultivar Merlot (A) e Chardonnay (B), cultivada em Monte Belo do Sul – RS..... 58
5. Biplot de correlação de análise de componentes principais de observações ao longo de 2 anos. A. Merlot; B. Chardonnay..... 60

1 INTRODUÇÃO

A viticultura brasileira concentra-se principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, sendo que a região sul brasileira representa a maior parcela de produção. O Rio Grande do Sul (RS), detém aproximadamente 63% da área vitícola nacional, além de ser o maior produtor de uvas (viníferas e de mesa), representando 56% da produção do país (IBGE, 2022). Responde ainda, por 90% da produção total de vinhos e sucos e cerca de 85% dos espumantes produzidos no País em 2019 (Mello, 2019).

Dentro da cadeia produtiva da uva e do vinho, a região da Serra Gaúcha é considerada o maior pólo de vitivinicultura do RS e a maior região vitivinícola do país, com uma área de 32,3 mil hectares de vinhedos, os quais representam 80% de toda a área vitícola do RS (Mello & Machado, 2017). Nos solos da Serra Gaúcha é observado grande variação das suas estruturas, texturas e atributos físico-químicos, o que ocasiona consideráveis efeitos na produtividade, na qualidade das uvas e na tipicidade dos vinhos (Miele; Flores; Alba, 2014).

Ao longo dos últimos anos, diversos avanços vêm ocorrendo no setor vitícola, objetivando aumentar a competitividade no mercado nacional e internacional da cadeia vitivinícola no RS e no Brasil. Dentre as estratégias buscadas para promover a produção e a qualidade, as inovações tecnológicas da agricultura de precisão (AP) oferecem alternativas que podem ser adotadas em várias etapas do processo produtivo durante o ciclo de produção, porém essas ferramentas possuem pouco emprego na vitivinicultura. O emprego das tecnologias de AP na vitivinicultura gera condições avançadas do manejo dos vinhedos, uma vez que possibilita o entendimento da microvariabilidade espacial do solo e de plantas (Bonilla; Toda; Martínez-Casasnovas, 2015).

Na vitivinicultura, a utilização de ferramentas de AP é recente, alguns exemplos de uso vêm da Austrália e dos Estados Unidos da América, tendo maior aplicação em relação à Europa e América do Sul. Entretanto, apesar da aptidão do Brasil, a AP ainda não é amplamente utilizada as culturas de alto valor agregado, como a uva., Ainda existem diversos impasses para maior adoção, como o conhecimento das ferramentas disponíveis no mercado, sua empregabilidade e adaptabilidade às condições impostas pelas culturas frutíferas.

Neste sentido surge a Viticultura de Precisão (VP), como uma forma de entendimento da gestão da variabilidade temporal de solo e de planta, buscando a melhoria do rendimento produtivo, de qualidade e econômico. Junto a isso, almeja-se também a redução dos custos de produção e impacto ambiental, sendo uma importante alternativa para mitigar os efeitos da concorrência com os produtos importados frente ao setor vitivinícola nacional.

Uma das formas de emprego da VP na viticultura é aravés da definição da Unidades de Gestão Diferenciada (UGDs) que são são regiões ou sub-regiões dentro de uma área de cultivo agrícola que apresentam características físicas, químicas ou de rendimento das culturas similares, com mínima variabilidade espacial. Essas unidades são delimitadas com o objetivo de permitir um manejo agrícola específico e otimizado, adaptado às particularidades de cada parcela, visando maximizar a eficiência produtiva, qualitativa e lucrativa dos vinhedos.

Dessa forma, o presente estudo visa compreender a atual situação de adoção e emprego das tecnologias da VP no estado, visto sua importância no setor em âmbito nacional. Ademias, a aplicação efetiva dessas ferramentas nos vinhedos, para a entendimento e gestão da variabilidade espacial, através da definião e caracterização de UGDs com base em parâmetros de solo, planta e qualidade da uva, a fim de constituir um importante instrumento para o entendimento da variabilidade intraespecífica e a melhoria da gestão e manejo dos vinhedos.

A hipótese desse trabalho, é que devido à maior competitividade no setor produtivo vitivinícola, tem crescido a adoção de ferramentas de AP no Rio Grande do Sul e que o emprego adequado dessas ferramentas à campo, nos vinhedos, possibilita caracterizar e entender a variabilidade espacial do vinhedo através da definição de UGD e sua relação com atributos de solo, planta e qualidade de mosto da uva.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características gerais da vitivinicultura

As videiras pertencem à família Vitaceae que possui onze gêneros e abrange cerca de 600 espécies dispersas em regiões tropicais, subtropicais e temperadas. O gênero mais importante é o gênero *Vitis*, o qual pertence à espécie *Vitis vinifera* L., de grande importância econômica, pois representam as videiras viníferas, espécie utilizada na elaboração de vinhos finos e seus derivados, para consumo in natura e para a produção de passas (Giovannini, 2014).

A partir da introdução da uva no país, em meados do século XVI, diversas regiões brasileiras iniciaram seu cultivo e a produção de vinhos. Atualmente, a vitivinicultura no Brasil encontra-se difundida em diferentes pólos de produção, que abrangem diversas características ambientais e fisiográficas (Pereira *et al.*, 2020).

Segunda a FAO, em 2019 a produção mundial totalizou 77 milhões de toneladas de uvas e o Brasil produziu aproximadamente 1,4 milhão de toneladas de uvas, ocupando a 15° posição no ranking de produção mundial. A maior parte da produção nacional é proveniente da região Sul, onde o RS destaca-se com 90% da produção de uvas destinadas ao processamento e a área total de cultivo no RS é de aproximadamente 46,5 mil ha, com uma produção média anual acima de 735 miltoneladas (IBGE, 2022). O grande destaque na produção é a região da Serra Gaúcha, onde estão concentradas 80% das áreas cultivadas do estado, nos quais são obtidos 87% da produção de uva do RS (Mello & Machado, 2017).

A viticultura de clima temperado caracteriza-se por um ciclo anual, com período de dormência desencadeado por baixas temperaturas, possuindo como principal pólo o RS, além de outros estados do Sul e regiões com altas altitudes do sudoeste do Brasil (Camargo; Tonietto; Hoffmann, 2011).

Segundo Giovannini (2014) as videiras são lianas, ou seja, plantas do tipo cipó ou trepadeira, as quais apresentam gavinhas opostas às folhas. Possuem folhas alternas, simples

ou compostas, classificadas como palminérveas. Sua inflorescência é cimosa ou paniculada, terminal, axilar ou oposta às folhas. As flores geralmente são pouco vistosas e hermafroditas e seu fruto é a baga. A raiz da videira é composta por uma raiz principal com ramificações, que se bem desenvolvida, pode representar um terço do peso seco total da planta.

Existem diversos sistemas de condução da videira, sendo que o mais empregado nos países vitícolas o de espaldeira para a produção de castas viníferas. Esse sistema adapta-se bem ao hábito vegetativo da maioria das viníferas, possui boa aeração e facilita a entrada de luz solar, reduzindo a incidência de doenças fúngicas quando manejada a área vegetativa (Miele & Mandelli, 2003).

Para um bom desempenho do vinhedo, além de práticas de manejo que visem a uma ótima frutificação e formação de cachos, o uso de mudas de qualidade e certificadas, o manejo adequado do solo e da planta, acúmulo necessário de horas frio (HF), práticas culturais equilibradas, como poda verde e desfolha, além de controle fitossanitário efetivo favorecem a obtenção de um vinhedo com boas características de produção e qualidade (Giovannini, 2014).

2.1.1 Cultivares

Segundo Tonietto (2005), as principais áreas de cultivo da espécie *Vitis vinifera* na Serra Gaúcha estão concentradas nos municípios de Bento Gonçalves, Garibaldi, Farroupilha, Caxias do Sul, Monte Belo do Sul, dentre outros. Nessas regiões uma grande gama de variedades é produzida pelos vitivinicultores, originando a produção de vinhos tranquilos e espumantes. As castas viníferas de maior expressão na região são Chardonnay, Cabernet Sauvignon, Merlot, Moscato Branco e Riesling Itálico (Mello & Machado, 2017).

Introduzida no Brasil em 1930, a cultivar Chardonnay, de origem francesa (região de Borgonha) ganhou interesse do setor vitivinícola em meados da década de 1980 no RS, sendo trazida de diversas origens e introduzida na Serra Gaúcha, por órgãos de pesquisa e iniciativa privada, ganhando notoriedade na região pela produção de vinhos brancos tranquilos e utilização para base de espumantes (Camargo, 2005).

Em 2015 a cultivar possuía a segunda maior área plantada de variedades europeias (1.011 ha) e produção de 7.410 toneladas, sendo uma das cultivares de *Vitis vinifera* com maior área de plantas jovens no RS. Na Serra Gaúcha ocupa a maior área cultivada do grupo de cultivares *Vitis vinifera*, com aproximadamente 515 ha (Mello & Machado, 2017).

A cultivar Merlot é uma variedade cosmopolita, com origem francesa, da região denominada de Médoc. Segundo registros, em meados de 1920, a casta já era cultivada por produtores que iniciaram o plantio de variedades viníferas na região da Serra Gaúcha e rapidamente tornou-se uma das principais variedades tintas produzidas no estado (Camargo, 2005). Segundo Mello & Machado (2017), no ano de 2015 a variedade possuía uma produção de 8.046,17 toneladas e a terceira maior área plantada de *Vitis vinifera* no RS, totalizando 760 ha. Na Serra Gaúcha ocupa aproximadamente 473 ha, sendo a terceira maior área cultivada do grupo *Vitis vinifera.* A variedade adaptou-se muito bem às condições edafoclimáticas do sul do Brasil, produzindo colheitas abundantes e de qualidade, apesar de ser altamente suscetível à doença do míldio.

2.1.2 Colheita e determinação do ponto de colheita

As variedades de *Vitis vinifera* destinadas à elaboração de vinhos e espumantes devem ser colhidas segundo critérios que determinam o ponto ótimo de maturação, visando à máxima qualidade enológica (Silveira, 2011). Os principais fatores que influenciam o processo de maturação das uvas são: luz, calor e disponibilidade de água. Estes aspectos ambientais atuam no crescimento da videira e diretamente sobre o metabolismo que ocorrem nas bagas, provocando alterações na sua composição físico-química, como o aumento do acúmulo de açúcares e diminuição da acidez, por degradação de ácidos orgânicos (Palliotti *et al*., 2014; Ruml *et al.,* 2016; Fraga *et al.,* 2014).

A amplitude térmica durante esse período pode ser citada como um fator de suma importância na evolução da maturação, pois temperaturas diurnas mais amenas propiciam uma maturação mais lenta e temperaturas mais frias à noite favorecem o acúmulo de polifenóis, que elevam a qualidade da uva. Além disso, altos volumes de precipitação influenciam durante essa fase, sendo prejudiciais à qualidade da uva, pois resultam em menores teores de sólidos solúveis na baga (Zhu *et al.,* 2020; Wang *et al.,* 2019).

A maturação dos frutos é uma atividade complexa e dinâmica, que ocorre de forma ordenada, deste modo é possível relacionar diversas variáveis como indicativos do nível de maturação das bagas para o estabelecimento do ponto de colheita (Borghezan, 2017). Diversos critérios para a avaliação da maturidade da fruta podem ser empregados, como evolução da cor da casca, número de dias após a brotação e índice de graus dias. Entretanto, esses indicadores não são exatos e devem ser correlacionados com métodos mais precisos, como

medida de teor de açúcares, evolução aromática, da acidez e de compostos fenólicos (Giovaninni, 2014; Guerra & Zanus, 2003).

Os parâmetros de controle de maturação mais empregados são o grau glucométrico (teor de açúcar) e a acidez do mosto, uma vez que, a relação de açúcar/acidez é determinante para a qualidade do vinho, pois lhe confere equilíbrio gustativo (Guerra & Zanus, 2003).

O teor de açúcar pode ser medido em escala de graus Babo (percentagem de açúcar na amostra) ou Brix (teor de sólidos solúveis totais). A determinação da acidez tartárica (devida ao ácido tartárico) e málica (devida ao ácido málico) da uva pode ser expressa em ácido tartárico (meq/L) ou em pH (Giovaninni, 2014; Guerra & Zanus, 2003).

2.1.3 Características físico-químicas do mosto da uva

As características do mosto da uva são originadas pela diversidade e concentração dos compostos químicos nas bagas, os quais dependem do genótipo e são influenciadas por fatores ambientais, como clima, solo e práticas agronômicas, que estabelecem as propriedades da uva e, portanto, os atributos qualitativos dos vinhos e espumantes (Poni *et al.*, 2018).

Uma das mais importantes características para o processo de vinificação é a concentração de açúcares nas bagas, ligada diretamente à qualidade do vinho, pois o vinho nada mais é que o produto da transformação do açúcar da uva em álcool e em produtos secundários. Na uva os açúcares que predominam são a glicose e a frutose. Durante o período da maturação a relação glicose/frutose diminui, até o ponto de equivalência entre os açúcares, chamada maturação tecnológica (Borghezan, 2017; Conde *et al.*, 2007).

Os ácidos mais importantes encontrados nos frutos da videira em destaque são os ácidos tartárico e málico. Próximo à colheita, os teores de ácido tartárico geralmente são maiores que os valores de ácido málico (Bobeica *et al.*, 2015). O ácido tartárico é entre os ácidos orgânicos do vinho o mais forte, por isso influencia de modo determinante no pH e nas características sensoriais dos vinhos. Quando presente em grande quantidade, confere aspereza e certa adstringência ao vinho, contribuindo para a estabilidade biológica e longevidade, e quando em pequena quantidade reduz o frescor, característica de qualidade para vinhos brancos (Conde *et al.*, 2007; Guerra, 2002).

Os compostos fenólicos compreendem uma família de compostos orgânicos naturais, formada por diversos subgrupos e inúmeras estruturas químicas distintas. A avaliação da composição fenólica complementa as análises de maturação tecnológica, que relaciona a

evolução dos açúcares e da acidez (Guerra, 2012; Conde *et al.*, 2007). Nesse sentido, a maturação fenólica abrange não apenas a concentração das substâncias fenólicas, mas sua evolução e estabilidade durante o período de maturação das bagas (Borghezan, 2017; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

Muitos outros fatores atuam durante o processo de maturação da uva, influenciando na evolução e obtenção de um produto final de qualidade, que podem ser observados na composição físico-química do mosto da uva. O potássio é importante na metabolização dos ácidos orgânicos, no pH e na relação ácido tartárico/málico (Mpelasoka *et al.*, 2003). Além disso, a estrutura física e características químicas do solo podem influenciar no crescimento, na composição e na qualidade da uva (Miele *et al.*, 2014; Echeverria *et al.*, 2017).

Através dessas especificidades é possível determinar o *terroir*, sendo este um conjunto de fatores característicos, influenciados pelo clima, solo, variedade, porta-enxerto e práticas de manejo que conferem um registro particular do ecossistema onde a uva é cultivada, possibilitando o reconhecimento de condições distintas, como uma variedade, produto ou uma região de produção (Van Leeuwen; Roby; Rességuier, 2018; Clingeleffer, 2014).

2.2 Agricultura de precisão

Segundo a Sociedade Internacional de Agricultura de Precisão (2024), a definição de Agricultura de Precisão (AP) é:

> Agricultura de Precisão é uma estratégia de gestão que reúne, processa e analisa dados temporais, individuais e espaciais e os combina com outras informações para apoiar as decisões de gerenciamento de acordo com a variabilidade estimada para melhorar a eficiência no uso de recursos, produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade da produção agropecuária.

A AP utiliza uma série de ferramentas que combina sensores, sistemas de informação, mecanização, softwares de gestão aplicados à produção mais eficiente e redução da variabilidade espacial. Desta maneira, permitiria o auxílio na tomada de decisão para manejar o solo, insumos e de plantas (Gebbers & Adamchuk, 2010).

A utilização de ferramentas tecnológicas na agricultura permite que uma maior quantidade de informações possa ter maior acurácia no processo de tomada de decisão em tempo real. Algumas ferramentas como sensores de solo e de planta, robôs, dados meteorológicos e sua relação com o ambiente de produção, e assim proporciona um aumento na adoção da AP no cenário nacional, principalmente voltado para cultura de grãos (Bolfe *et al.*, 2020; Cherubin *et al.*, 2022).

A utilização das ferramentas e conceitos da AP em culturas de alto valor, como frutas, é muito promissora, apesar de ser necessário o aprofundamento de pesquisas para definição de parâmetros e padrões voltados ao setor frutícola. Com a ampla utilização e implantação das ferramentas de AP em lavouras para o cultivo de grãos, passou-se a demandar suas aplicações na fruticultura, porém algumas adaptações foram e são necessárias para a utilização dessas ferramentas no setor fruticola, como o tamanho de copa das plantas e por serem de ciclo perene, diferente das plantas de lavoura, onde a resposta a manejos é mais rápida, visto seu ciclo anual e sua distribuição espacial não afeta a obtenção da luz solar, por exemplo, facilitando o emprego das ferramentas de sensoriamento remoto (Lara *et al.*, 2021; Bassoi *et al.*, 2014).

A FP é recente no Brasil, criando uma oportunidade para a aplicação da AP como forma de agregar na gestão da produção, uma vez que a fruticultura brasileira é caracterizada pela realização de diversas práticas agrícolas durante o ciclo da cultura, tendo como prioridade a qualidade e quantidade da produção (Bassoi *et al.*, 2014).

Atualmente a adoção e utilização de tecnologias de AP na fruticultura pelos produtores brasileiros é incipiente, portanto, o uso de instrumentos da AP na fruticultura se apresenta como uma promessa para maximizar o rendimento produtivo com aumento da qualidade do produto, além de otimizar o uso de insumos, reduzir custo de produção e preservar o ambiente, tornando a atividade agrícola sustentável e rentável economicamente (Lara *et al.*, 2021; Ferro & Catania, 2023).

2.3 Viticultura de Precisão

A vitivinicultura se insere em um contexto de grande concorrência no mercado global, dessa forma torna-se importante a obtenção de altos níveis de qualidade dos vinhedos, sendo necessário o conhecimento aprofundado sobre os fatores que podem influenciar, no fator qualitativo e quantitativo no produto final. Além da qualidade, é essencial que o manejo dos vinhedos seja produtivo e sustentável (Matese & Gennaro, 2015).

Essas demandas conduziram a uma revolução na vitivinicultura, exigindo uma revisão das práticas agrícolas e implementação de novas tecnologias de apoio à gestão do vinhedo. Nesse sentido, a Viticultura de Precisão (VP) surge como uma técnica moderna e eficaz de avaliação da variabilidade espacial do solo e de plantas, por meio do emprego de ferramentas tecnológicas que são utilizadas na FP e na AP, tendo como objetivo o monitoramento e ges-

tão da variabilidade espacial das variáveis físicas, químicas e biológicas que estão interligadas com a produtividade e qualidade de um vinhedo (Ferro *et al.*, 2023; Tardaguila *et al.*, 2021).

Os vinhedos caracterizam-se por uma elevada heterogeneidade influenciada por aspectos de plantas, de características do solo, condições meteorológicas e outros fatores como práticas agrícolas (Fraga *et al.*, 2014). A variabilidade espacial acarreta diferentes respostas fisiológicas da videira, podendo influenciar positivamente ou negativamente nos processos de maturação da uva e na qualidade final. Assim, a gestão localizada da produção é uma alternativa para manejar o vinhedo de acordo com as necessidades reais da videira, em função da variabilidade encontrada e de características qualitativas a serem alcançadas na produção (Ferro & Catania, 2023; Oldoni *et al.*, 2020).

Segundo Bramley (2010), podem ocorrer dois tipos de variabilidade, a espacial e a temporal. A variabilidade espacial associa-se a causas mais intrínsecas do vinhedo, como: topografia, atributos de solo, sanidade de plantas, microclima e ao manejo cultural. Já, a variabilidade temporal está ligada a fenômenos anuais, como diferentes manejos culturais, condições meteorológicas, ataques de pragas e/ou doenças, dentre outros fatores.

Os primeiros estudos abordando VP, ocorreram inicialmente na Austrália e na Europa, investigando a variabilidade de vinhedos através do uso de ferramentas de AP (Bramley & Hamilton, 2004, Arnó *et al.*, 2005). Os trabalhos realizados na França (Tisseyre *et al.*, 2005), Estados Unidos da América (Johnson *et al.*, 2002), no Uruguay (Echeverría; Ferrer; Mirás-Avalos, 2017) e no Brasil (Miele; Flores; Alba, 2014), indicaram que a variabilidade intra-específica do vinhedo é um fenômeno que ocorre em diversas regiões vitivinícolas. Estes estudos sugerem que a variação das características intrínsecas no vinhedo e seu desempenho estão fortemente relacionadas à variabilidade espacial do solo e/ou suas propriedades, levantando assim questões quanto à utilidade do conceito de *terroir* na escala de vinhedo (Bramley & Hamilton, 2007; Clingeleffer, 2014).

Bramley, Ouzman & Boss (2011) demonstraram que variabilidade espacial existente nos vinhedos, em termos de qualidade e produtividade, é estável no tempo, através de mapas de diversos anos, onde a variação espacial pode ser vista para além da produtividade, mas também por diferentes parâmetros de qualidade, como grau glucométrico, o pH e compostos fenólicos das uvas. Em vista disso, a colheita localizada de acordo com mapas de variabilidade, utilizando diversos parâmetros se apresenta como uma alternativa de sucesso para a vitivinicultura mundial, existindo benefícios para essa prática (Bramley; Ouzman; Thornton, 2011; Sgroi *et al.*, 2023).

A capacidade que a VP tem em manejar, gerenciar e identificar diferentes unidades de manejo, com potenciais qualitativos distintos, proporciona uma diferença na rentabilidade econômica para os vitivinicultores, uma vez que é possível aumentar os lucros devido aos diferentes preços que a uva segmentada por qualidade e os seus vinhos podem alcançar (Bramley *et al.*, 2005).

Ferro & Catania (2023) apresentam os potenciais que a VP proporciona, como permitir a identificação de unidades de manejo, realizar colheita estratificada em função do potencial produtivo e da qualidade das uvas, identificar e entender a relação entre os atributos agronômicos de solo e de plantas, maximizar a eficiência da mão-de-obra e de máquinas e auxiliar os produtores na tomada de decisão, para melhorar a eficiência de produção, a rentabilidade e a sustentabilidade.

Portanto, as ferramentas e tecnologias empregadas na VP capacitam os diversos agentes envolvidos na produção vinícola a visualizar a variabilidade espacial do *terroir* em escalas reduzidas dentro do vinhedo, proporcionando a oportunidade de elevar a qualidade da produção, além de diferenciar os produtos finais, agregando valor aos vinhos e melhorando a competitividade no mercado nacional e internacional (Clingeleffer, 2014; Van Leeuwen; Roby; Rességuier, 2018).

Junto a isso, a VP possibilita aos técnicos e produtores o conhecimento mais aprofundado do vinhedo para uma tomada de decisão mais orientada e assertiva, maximizando a eficiência de produção, concomitantemente à minimização do impacto ambiental da vitivinicultura (Barriguinha; De Castro Neto; Gil, 2021).

2.3.1 Sensoriamento remoto aplicado à Viticultura de Precisão

Por meio das ferramentas de AP é possível realizar uma avaliação mais ampla das variações presentes em uma propriedade, desde o acompanhamento da nutrição do solo, aplicação de defensivos agrícolas, monitoramento de pragas e doenças, dentre outros. Essas tecnologias são úteis para o monitoramento e controle de diversos aspectos que influenciam no crescimento da videira (Ammoniaci *et al.*, 2021).

As tecnologias voltadas para a VP, são a base para o mapeamento da variabilidade espacial, além de auxiliarem na eficiência do manejo dos vinhedos, como a aplicação de insumos de forma específica e o monitoramento da evolução da maturação das uvas, através de ferramentas com taxa variável ou robótica (Matese & Gennaro, 2015).

Diversos sensores possibilitam o monitoramento de atributos de solo e de plantas que caracterizam o ambiente de produção, como o sensoriamento remoto. O termo "sensoriamento remoto" se refere à aquisição de dados por meio de sensores instalados em plataformas terrestres ou aéreas, permitindo a obtenção de informações sem a necessidade de contato físico com os objetos sob investigação (Ferro & Catania, 2023).

As plataformas utilizadas principalmente em sensoriamento remoto para VP são satélites, aeronaves e veículos aéreos não tripulados (VANT's), com diferentes métodos de aplicação e tipos de sensores (Grander; Silva; Gonzalez, 2021). As câmeras fotográficas podem captar a refletância em diferentes canais ou bandas, como RGB (vermelho, verde e azul), NIR (infravermelho) e multiespectrais. Os sensores de vegetação, como Greenseeker, imagens digitais e clorofilômetro, visam obter dados de reflectância em tempo real da planta, que podem ser correlacionados com parâmetros de estado nutricional, de rebrote, ataque de pragas, dentre outros (Ammoniaci *et al.*, 2021).

Os índices de vegetação desempenham um papel essencial, primariamente para o monitoramento do estado das videiras, estabelecendo correlações com a produtividade e outros parâmetros, como a concentração de clorofila e teor de nitrogênio nas folhas (Ferro *et al*., 2023). Além disso, correlações entre os índices de vegetação e características da uva, tais como o teor de açúcar (Brix) e o pH, podem ser estabelecidas e utilizadas para auxiliar em manejos, como poda e colheita localizada dos vinhedos (Sams et al., 2022a). É fundamental destacar que a detecção remota proporciona uma riqueza de dados com diversas resoluções temporais e espaciais, para a análise de vinhedos individuais ou de regiões vinícolas inteiras (Giovos *et al.,* 2021).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um dos índices de vegetação mais utilizados na agricultura atualmente e também na VP, por se relacionar diretamente com o teor e concentração de clorofila nas folhas e com a biomassa do dossel vegetativo da planta, sendo a estimado pela reflectância do infravermelho próximo (NIR) e vermelho (RED). A variação numérica do NDVI varia entre os valores de menos um (-1) a mais um (+1), onde zero representa a falta/ausência de vegetação e valores próximos a +1 (0,8 – 0,9) indicam uma alta densidade vegetal (NASA, 2000).

A aplicação desses índices na viticultura representa uma valiosa ferramenta para a modernização do setor, incorporando novas tecnologias e princípios da viticultura de precisão. A evolução e implementação de imagens hiperespectrais e índices de vegetação hiperespectrais prometem desempenhar um papel significativo no futuro da viticultura, uma vez que,

as mudanças climáticas demandam estratégias rápidas e constante monitoramento do estado das vinhas (Ammoniaci *et al.*, 2021).

O desenvolvimento contínuo das pesquisas relacionadas aos índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto, juntamente com o uso de inteligência artificial, redes neurais e tecnologias avançadas, capacita os produtores a adotarem sistemas de apoio à decisões mais eficazes. Isso, por sua vez, permite a aplicação de tecnologias que visam aumentar a produtividade e a qualidade na agricultura (Giovos et al., 2021; Ferro & Catania, 2023).

2.3.2 Unidade de gestão diferenciada (UGD)

Unidades de Gestão Diferenciada (UGDs) conceituam-se como regiões ou sub-regiões onde os parâmetros físicos e/ou químicos, rendimento das culturas ou produtos de sensoriamento remoto apresentam a mínima variabilidade espacial e temporal, que delimitam em sítios específicos de manejo uma área. Além desse conceito, as UGDs também são consideradas por diversos autores como uma prática fundamental em um sistema de AP, visando utilizar uma abordagem mais precisa e eficiente na gestão das atividades agrícolas, através da adaptação das práticas de manejo às características específicas de cada parcela, visando aumentar a produtividade, permitir um manejo mais sustentável da produção e aumentar a lucratividade (Damian *et al.*, 2017; Georgi *et al.*, 2018; Hufkens *et al.*, 2019)

As UGDs podem ser delimitadas a partir de diversas informações e estudos sobre as variáveis quantitativas de vários atributos como: a produtividade da lavoura, os índices de vegetação, a declividade, os parâmetros físicos e químicos do solo, a classificação do solo, qualidade e, até mesmo, a combinação de todos os fatores disponíveis (Georgi *et al.*, 2018; Miele et al., 2014; Payares *et al.*, 2022; Santi *et al.*, 2013) Segundo Gavioli *et al.* (2016) entre todas as variáveis disponíveis, deve-se utilizar as que estejam correlacionadas ao rendimento, pois, assim, podem ser espacialmente projetadas.

Esse tipo de gestão da produção é uma alternativa para viabilizar a AP economicamente, funcionando como unidades de operação para aplicação localizada de insumos e/ou como indicador para amostragem do solo e da cultura. Segundo (Miele; Flores; Alba, 2014) a definição de UGD é fundamental para a adoção da AP, pois permite reduzir os custos das operações de campo e otimizar a gestão do empreendimento e podem ser úteis para a classificação da qualidade da produção, como no caso das frutíferas, onde os parâmetros de qualidade das frutas são importantes na comercialização e agragação de valor ao produto final.

A utilização de UGDs representa uma forma mais viável para os pequenos e médios produtores adotarem à AP, pois a sua delimitação pode ser realizada por ferramentas que não possuem alto custo, como análise do solo ou rendimento de colheita, e os equipamentos convencionais já utilizados podem ser empregados quando regulados para cada área específica nos diversos manejos agrícolas (Damian *et al.*, 2017; Gatti *et al.*, 2022; Georgi *et al.*, 2018).

Apesar da grande necessidade de encontrar a melhor forma de realizar um manejo eficiente da produção, Sentelhas *et al.*(2015) afirma que o maior desafio, principalmente em países como o Brasil, ainda é a difusão desse conhecimento e das tecnologias, bem como sua adequada utilização e implementação bem-sucedida nas diferentes culturas. Nesse cenário, a pesquisa tem um papel importante e a AP, atravé do sensoriamento remoto, por exemplo, surge como um método capaz de suprir a demanda por dados de forma rápida, podendo indicar a variabilidade dos índices dentro das áreas agrícolas.

2.4 Referências Bibliográficas

AMMONIACI, M. *et al.* State of the art of monitoring technologies and data processing for precision viticulture. **Agriculture**, Basel, v. 11, n. 3, [art.] 201, 2021.

ARNÓ, J. *et al.* Obtaining grape yield maps and analysis of within-field variability in Raimat (Spain). *In*: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2005, Uppsala, Sweden. **Proceedings of the […].** [Wageningen: Academic], 2005. p. 899–906.

BARRIGUINHA, A.; CASTRO NETO, M.; GIL, A. Vineyard yield estimation, prediction, and forecasting: a systematic literature review. **Agronomy**, Basel, v. 11, n. 9, [art.] 1789, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4395/11/9/1789. Acesso em: 5 nov. 2023.

BASSOI, L. H. *et al*. Agricultura de precisão em fruticultura. *In*: BERNARDI, A. C. *et al*. (ed.). **Agricultura de precisão:** um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 33. p. 350-360. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes//publicacao/1002959/agricultura-de-precisao-resultados-de-um-novo-olhar. Acesso em: 13 set. 2023.

BOBEICA, N. *et al*. Differential responses of sugar, organic acids and anthocyanins to source-sink modulation in Cabernet Sauvignon and Sangiovese grapevines. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 6, [art.] 382, 2015. Disponível em: http://www.frontiersin.org/Crop_Science_and_Horticulture/10.3389/fpls.2015.00382/abstract. Acesso em: 8 nov. 2023.

BOLFE, É. *et al*. Desafios, tendências e oportunidades em agricultura digital no Brasil. *In*: MASSRUHÁ, S. M. F. S. *et al*. (ed.). **Agricultura digital**: pesquisa, desenvolvimento e

inovação nas cadeias produtivas. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 16, p. 380–406. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/ digital/bitstream/item/220204/1/Agricultura-Digital-eBook-final.epub. Acesso em: 28 set. 2023.

BONILLA, I.; TODA, F. M.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A. Vine vigor, yield and grape quality assessment by airborne remote sensing over three years: analysis of unexpected relationships in cv. Tempranillo. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 13, n. 2, [art.] e0903, 2015. Disponível em:http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/7809. Acesso em: 12 out. 2023.

BORGHEZAN, M. Formação e maturação da uva e os efeitos sobre os vinhos: revisão. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, Dois Portos, v. 32, n. 2, p. 126–141, 2017. Disponível em: https://www.ctv-jve-journal.org/10.1051/ctv/20173202126. Acesso em: 27 out. 2023.

BRAMLEY, R. G. V. *et al*. Generating benefits from precision viticulture through selective harvesting. *In*: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2005, Uppsala, Sweden. **Proceedings of the […]**. [Wageningen: Academic], 2005. p. 891–898.

BRAMLEY, R. G. V. Precision viticulture: managing vineyard variability for improved quality outcomes. *In*: REYNOLDS, A. G. (ed.). **Managing wine quality:** viticulture and wine quality. New York: Woodhead, 2010. v. 1, cap. 12, p. 445–480. Disponível em: https://linkinghub. elsevier.com/retrieve/pii/B9781845694845500129. Acesso em: 9 nov. 2023.

BRAMLEY, R. G. V.; OUZMAN, J.; BOSS, P. K. Variation in vine vigour, grape yield and vineyard soils and topography as indicators of variation in the chemical composition of grapes, wine and wine sensory attributes: vineyard variation in wines, grapes and soils. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 17, n. 2, p. 217–229, 2011. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-0238.2011.00136.x. Acesso em: 9 nov. 2023.

BRAMLEY, R. G. V.; OUZMAN, J.; THORNTON, C. Selective harvesting is a feasible and profitable strategy even when grape and wine production is geared towards large fermentation volumes: selective harvesting. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 17, n. 3, p. 298–305, 2011. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi /10.1111/j.1755-0238.2011.00151.x. Acesso em: 11 nov. 2023.

BRAMLEY, R.; HAMILTON, R. P. Terroir and precision viticulture: are they compatible? **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 41, p. 1–8, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279906752_Terroir_and_Precision_Viticulture_are_they_compatible. Acesso em: 16 out. 2023.

BRAMLEY, R. G. V.; HAMILTON, R. P. Understanding variability in winegrape production systems. 1. Within vineyard variation in yield over several vintages. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 10, p. 32–45, 2004. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00006.x. Acesso em: 17 set. 2023.

CAMARGO, U. A. Variedades de uva. *In*: GUERRA, C. C. *et al*. **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2005. p. 17-25 (Documentos, 48). Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/540128/ conhecendo-o essencial-sobre-uvas-e-vinhos. Acesso em: 25 ago. 2023.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 33, p. 144–149, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/j/rbf/a/NsNscjJmf6yfd5FqVyyfm6t/?lang=pt. Acesso em: 14 out. 2023.

CHERUBIN, M. R. *et al*. Precision agriculture in Brazil: the trajectory of 25 years of scientific research. **Agriculture**, Basel, v. 12, n. 11, [art.] 1882, 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/2077-0472/12/11/1882. Acesso em: 11 fev. 2024.

CLINGELEFFER, P. Terroir: the application of an old concept in modern viticulture. *In*: VAN ALFEN, N. K. (ed.). **Encyclopedia of agriculture and food systems**. London: Academic Press, 2014. v. 5, p. 277–288.

CONDE, C. *et al*. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. **Food**, Tokyo, v. 1, p. 1- 22, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228555202_Biochemical_changes_throughout_Grape_Berry_development_and_fruit_and_wine_quality. Acesso em: 23 set. 2023.

DAMIAN, J. M. *et al.* Monitoring variability in cash-crop yield caused by previous cultivation of a cover crop under a no-tillage system. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 142, p. 607–621, 2017. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168169917308682. Acesso em: 11 jun. 2024.

ECHEVERRÍA, G.; FERRER, M.; MIRÁS-AVALOS, J. Effects of soil type on vineyard performance and berry composition in the Río de la Plata Coast (Uruguay). **OENO One**, Villenave-d'Ornon, v. 51, n. 3, p. 251-261, 2017. Disponível em: https://oeno-one.eu/article/view/1829. Acesso em: 11 fev. 2024.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Agricultural production:** primary crops. Rome: FAO, 2019. Disponível em: http://www.fao.org. Acesso em: 01 set. 2023.

FERRO, M. V. *et al*. Assessment of vineyard vigour and yield spatio-temporal variability based on UAV high resolution multispectral images. **Biosystems Engineering**, London, v. 231, p. 36–56, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511023001149. Acesso em: 23 set. 2023.

FERRO, M. V.; CATANIA, P. Technologies and innovative methods for precision viticulture: a comprehensive review. **Horticulturae**, Basel, v. 9, n. 3, [art.] 399, 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2311-7524/9/3/399. Acesso em: 5 nov. 2023.

FRAGA, H. *et al.* Integrated analysis of climate, soil, topography and vegetative growth in Iberian viticultural regions. **PLoS One**, San Francisco, v. 9, [art.] e108078, 2014. Disponível em: https://doi. rg/10.1371/journal.pone.0108078. Acesso em: 08 set. 2023.

GAVIOLI, A. *et al.* Optimization of management zone delineation by using spatial principal components. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 127, p. 302–310, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816991630432X. Acesso em: 11 jun. 2024.

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. Precision agriculture and food security. **Science**, New York, v. 327, p. 828–831, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/

41424902_Precision_Agriculture_and_Food_Security_Science3275967_828-831.Acesso em: 27 out. 2023.

GEORGI, C. *et al.* Automatic delineation algorithm for site-specific management zones based on satellite remote sensing data. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 19, n. 4, p. 684–707, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11119-017-9549-y. Acesso em: 11 jun. 2024.

GIOVANNINI, E. **Manual de viticultura**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GIOVOS, R. *et al.* Remote sensing vegetation indices in viticulture: a critical review. **Agriculture**, Basel, v. 11, n. 5, [art.] 457, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/2077-0472/11/5/457. Acesso em: 8 fev. 2024.

GRANDER, G.; SILVA, L.; SANTIBAÑEZ GONZALEZ, E. D. R. Precision viticulture: the state of the art. **World Patent Information**, New York, v. 66, [art.] 102061, 2021. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0172219021000399. Acesso em: 9 nov. 2023.

GUERRA, C. C. Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração de vinhos finos. *In*: REGINA, M. A. (coord.). **Viticultura e enologia:** atualizando conceitos. Caldas: EPAMIG; FECD, 2002. p. 179-192.

GUERRA, C. C.; ZANUS, M. C. Maturação e colheita. *In*: EMBRAPA. **Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, jul. 2003. (Embrapa Uva e Vinho. Sistema de Produção, 4). Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia. embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClmaTemperado/colheita.htm. Acesso em: 25 out. 2023.

GUERRA, C. C. Polifenóis da uva e do vinho. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, n. 4, p. 90-100, 2012. Disponível em: https://www.enologia.org.br/default /uploads/revista/revista81.pdf?1a553b24dc211405479d9b7819945130. Acesso em: 20 out. 2023.

HUFKENS, K. *et al*. Monitoring crop phenology using a smartphone based near-surface remote sensing approach. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 265, p. 327–337, 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192318303484. Acesso em: 11 jun. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. [Base de Dados Sidra]. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil. Acesso em: 28 set. 2023.

ISPA – INTERNATIONAL SOCIETY OF PRECISION AGRICULTURE. **Precision Ag definition**. Monticello: ISPA, 2024. Disponível em: https://www.ispag.org/about/definition. Acesso em: 10 out. 2023.

JOHNSON, L. F. *et al*. Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, n. 38, p. 33–44, 2002. Disponível

em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169902001060. Acesso em: 19 set. 2023.

LARA, L. M. *et al.* Precision agriculture trends in fruit growing from 2016 to 2020. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 43, n. 2, [art.] c-096, 2021. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=scitext&pid=S0100294520210002040 01&tlng=en. Acesso em: 9 nov. 2023.

MATESE, A.; DI GENNARO, S. F. Beyond the traditional NDVI index as a key factor to mainstream the use of UAV in precision viticulture. **Scientific Reports**, London, v. 11, n. 1, [art.] 2721, 2021. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41598-021-81652-3. Acesso em: 11 nov. 2023.

MATESE, A.; DI GENNARO, S. F. Technology in precision viticulture: a state of the art review. **International Journal of Wine Research**, Auckland, v. 7 p. 69-81, 2015. Disponível em: http://www.dovepress.com/technology-in-precision-viticulture-a-state-of-the-art-review-peer-reviewed-article-IJWR. Acesso em: 9 nov. 2023.

MELLO, L. M. R. **Vitivinicultura brasileira:** panorama 2018. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, out. 2019. 12 p. (Comunicado técnico, 210). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/inf teca/bitstream/doc/1113215/1/ComunicadoTecn ico210.pdf. Acesso em: 14 set. 2023.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. **Cadastro vitícola do Rio Grande do Sul:** 2013 a 2015. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 85 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia. embrapa.br/digital/bitstream/item/176223/1/ebookA4-5.pdf. Acesso em: 28 set. 2023.

MIELE, A. *et al.* Efeito do tipo de solo nos compostos fenólicos e na atividade antioxidante do vinho. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, n. 6, p. 30-38, 2014. Disponível em: https://www.enologia.org.br/default/uploads/revista/revista-30.pdf?d312a75327476bda651d52efe6647e94. Acesso em: 20 out. 2022.

MIELE, A.; FLORES, C. A.; ALBA, J. M. F. Efeito da variabilidade espacial de solos do Vale dos Vinhedos na composição do vinho Merlot – Safra 2012. *In*: BERNARDI, A. C. *et al.* (ed.). **Agricultura de precisão:** um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 34, p. 361–367. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002959/ agricultura-de-precisao-resultados-de-um-novo-olhar. Acesso em: 12 set. 2023.

MIELE, A.; MANDELI, F. Sistemas de condução. *In*: EMBRAPA. **Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperad**o. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, jul. 2003. (Embrapa Uva e Vinho. Sistema de Produção, 4). Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/conducao.htm. Acesso em: 20 set. 2023.

MPELASOKA, B. S. *et al*. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 9, n. 3, p. 154–168, 2003. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-0238.2003.tb00265.x. Acesso em: 01 nov. 2023.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Earth Observatory. **Measuring vegetation (NDVI & EVI)**: normalized difference vegetation index (NDVI). [Washington, D.C.]: NASA, 2000. Disponível em: https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php. Acesso em: 17 maio 2023.

OLDONI, H. *et al.* Homogeneous zones of vegetation index for characterizing variability and site-specific management in vineyards. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 78, n. 4, [art,] e20190243, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sa/a/7LNff4C5rxfQRtX6xbTwFpn/?lang=en. Acesso em: 29 out. 2023.

PALLIOTTI, A. *et al*. Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 178, p. 43–54, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423814004233. Acesso em: 29 out. 2023.

PAYARES, L. K. A. *et al*. Discrimination of agro-zones using UAVs platform in a commercial vineyard. Case study of the Merlot variety in Yepes-Toledo. **EGU General Assembly 2022**, Vienna, p. 23–27, 2022. Disponível em: https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU22/EGU22-11818.html. Acesso em: 23 maio 2022.

PEREIRA, G. E. *et al*. Panorama da produção e mercado nacional de vinhos espumantes. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 41, n. 310, p. 7-18, 2020. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/ digital/bitstream/item/215614/1/Pereira-et-al-Brazilian-sparkling-wines-IA-2020.pdf. Acesso em: 03 set. 2023.

PONI, S. *et al*. Grapevine quality: a multiple choice issue. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 234, p. 445–462, 2018. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304423817307586. Acesso em: 15 set. 2023.

RIBÉREAU-GAYON, J. *et al*. **Handbook of enology**. 2nd ed. Chichester: John Wiley, 2006. v. 1. 497 p.

RUML, M. *et al.* Response of grapevine phenology to recent temperature change and variability in the wine- producing area of Sremski Karlovci, Serbia. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, n. 154, p. 186–206, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423814004233. Acesso em: 15 nov. 2023.

SAMS, B. *et al.* Characterising spatio-temporal variation in fruit composition for improved winegrowing management in California Cabernet Sauvignon. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 28, n. 3, p. 407–423, 2022. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ajgw.12542. Acesso em: 12 ago. 2023.

SANTI, A. L. *et al*. Definição de zonas de produtividade em áreas manejadas com agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 510–515, 2013. Disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v8i3a2489. Acesso em: 11 jun. 2024.

SENTELHAS, P. C. *et al*. The soybean yield gap in Brazil – magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.

153, n. 8, p. 1394–1411, 2015. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/soybean-yield-gap-in-brazil-magnitude-causes-and-possible-solutions-for-sustainable production/DB059CC032A27B7C5A07FF896F56E8D5. Acesso em: 11 maio 2024.

SGROI, F. Precision agriculture and competitive advantage: economic efficiency of the mechanized harvesting of Chardonnay and Nero d'Avola grapes. **Journal of Agriculture and Food Research**, Amsterdam, v. 14, [art.] 100774, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154323002818. Acesso em: 5 nov. 2023.

SILVEIRA, S. V. **Cuidados no vinhedo que antecedem à colheita, para obtenção de uva de qualidade**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, abr. 2011. (Embrapa Uva e Vinho. Série Uvas, 1). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream /item/140428/1/cuidados-no-vinhedo-que- antecedem.pdf. Acesso em: 25 set. 2023.

TARDAGUILA, J. *et al.* Smart applications and digital technologies in viticulture: a review. **Smart Agricultural Technology**, Amsterdam, v. 1, [art.] 100005, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375521000058. Acesso em: 5 nov. 2023.

TISSEYRE, B. *et al.* Precision viticulture and water status: mapping the predawn water potential to define within vineyard zones. *In*: GESCO CONGRESS, 14., 2005. **Proceedings of the** […]. Geisenheim: Gesellschaft zur Förderung der Forschungsanstalt Geisenheim, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268354289 _Precision_Viticulture_and_Water_Status_Mapping_the_Predawn_Water_Potential_to_Define_within_Vineyard_Zones. Acesso em: 13 out. 2023.

TONNIETO, J. Regiões de produção. *In*: GUERRA, C. C. *et al*. **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. (Documentos, 48). p. 9-17. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/540128/conhecendo-o- essencial-sobre-uvas-e-vinhos. Acesso em: 17 set. 2023.

LEEUWEN, C.; ROBY, J.-P.; RESSÉGUIER, L. Soil-related terroir factors: a review. **OENO One**, Villenave-d'Ornon, v. 52, n. 2, p. 173–188, 2018. Disponível em: https://oeno-one.eu/article/view/2208. Acesso em: 06 jun. 2023.

WANG, X. *et al*. Influence of canopy management practices on canopy architecture and reproductive performance of Semillon and Shiraz grapevines in a hot climate. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 70, n. 4, p. 360–372, 2019. Disponível em: https://www.ajevonline.org/content/70/4/360. Acesso em: 24 ago. 2023.

ZHU, J. *et al.* Quantifying the seasonal variations in grapevine yield components based on pre- and post-flowering weather conditions. **OENO One**, Villenave-d'Ornon, v. 54, n. 2, p. 213–230, 2020. Disponível em: https://oeno-one.eu/article/view/2926. Acesso em: 13 jul. 2023.

3 ARTIGO 1

Adoção de ferramentas de Vitivinicultura de Precisão (VP) no Rio Grande do Sul*

*Artigo formatado conforme as normas da Revista Brasileira de Fruticultura.

Adoption of precision viticulture (VP) tools in Rio Grande do Sul viticulture
Adoção de ferramentas de Vitivinicultura de Precisão (VP) no Rio Grande do Sul*

Júlia Faccin Faé[1*]; Luís Felipe Rossetto Gerlach[1]; Antônio Luis Santi[2]; Gilmar Arduino Bettio Marodin[3,] Alexandre Cassineli[1]; André Luis Vian[1]

[1] Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Department of Crop Science, Porto Alegre-RS, Brazil
[2] Federal University of Santa Maria, Department of Agricultural and Environmental Sciences, Santa Maria-RS, Brazil.
[3] Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Department of Horticulture, Porto Alegre-RS, Brazil
*Corresponding author: juliaffae@gmail.com

HIGHLIGHTS

1. As novas tecnologias podem ser uma alavanca para melhorar a competitividade econômica e a sustentabilidade da viticultura.
2. A capacitação tecnológica é fundamental para a adoção bem-sucedida de ferramentas tecnológicas na agricultura.
3. A recente difusão de VP cria oportunidades para empresas, visando capacitação e implementação eficaz das ferramentas de AP.

ABSTRACT

In viticulture, the implementation of Precision Agriculture techniques, referred to in the field as Precision Viticulture, is a relatively recent approach in the country. The objective of this study was to conduct an evaluation of the current adoption of viticulture tools and techniques by grape growers in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Additionally, it aimed to comprehend the profile of producers who adopt these tools and the factors influencing their decision to utilize or abstain from this technology on their estates. The research employed an exploratory and descriptive approach, incorporating both qualitative and quantitative analysis methods. Data collection encompassed the development of an online questionnaire for grape growers, with subsequent analysis of responses from 85 grape producers in the state. Results revealed that 57 (64%) grape growers were adopters of Precision Viticulture (PV), while 28 (36%) were non-adopters, demonstrating that over half of the viticulturists in the region are embracing these technologies. Among the PV techniques and tools adopted,

property management software emerged as the most utilized tool, followed by monitoring applications and variable-rate applications of fertilizers and pesticides. Growers identified the main obstacles to PV adoption. The primary limiting factor for PV adoption was the initial cost of tool implementation, followed by challenges related to result interpretation and application, as well as a lack of information. Notably, 56% of the respondents intend to initiate the use of technologies within the next two years, while 22% plan to expand their usage, signaling a growing interest in adoption.

Index termns: *Vitis vinifera,* technology adoption, innovation diffusion.

RESUMO

Na viticultura, a implementação das técnicas de Agricultura de Precisão, designadas na área como Viticultura de Precisão, é uma abordagem relativamente recente no país. O presente estudo teve como objetivo realizar uma avaliação da atual adoção das ferramentas e técnicas da viticultura por viticultores do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Também, entender o perfil dos produtores que adotam essas ferramentas, e quais os fatores que influenciam na decisão de utilizar ou não essa tecnologia em suas propriedades. A pesquisa adotou uma abordagem exploratória e descritiva, empregando métodos de análise qualitativa e quantitativa. A coleta de dados envolveu a elaboração de um questionário online para viticultores e posterior análise de 85 respostas pelos produtores de uva do estado. Foram identificados 57 (64%) viticultores adotantes de VP e 28 (36%) não adotantes, evidenciando que mais da metade dos viticultores estão adotando tecnologias na região. Dentre as técnicas e ferramentas de VP adotadas, software de gestão da propriedade é a ferramenta mais utilizada, seguido por aplicativos de monitoramento e taxa variada de fertilizantes e defensivos. Os viticultores identificaram as principais dificuldades para a adoção VP, sendo que o principal fator limitante para sua adoção o custo inicial para a implementação das ferramentas, seguido por interpretação e aplicação dos resultados e a falta de informações. Destaca-se que 56% dos entrevistados têm a intenção de iniciar o uso de tecnologias nos próximos dois anos, enquanto 22% planejam aumentar o uso, sinalizando um interesse crescente na adoção.

Palavras-chave: *Vitis vinifera*, adoção de tecnologias, difusão de inovação.

3.1 INTRODUÇÃO

Atualmente a Agricultura de Precisão (AP) desempenha um papel importante no setor agrícola, auxiliando produtores a tomar decisões mais precisas e sustentáveis no manejo dos recursos agrícolas. Algumas ferramentas como sensores de solo e de planta, robôs, dados climáticos e sensoriamento remoto são amplamente utilizadas no cenário nacional, principalmente voltado para cultura de grãos (BOLFE et al., 2020). Entretanto, a aplicação dos conceitos de AP e uso de tecnologias em culturas frutíferas é ainda pouco difundida, fazendo-se necessário mais pesquisas para definição de parâmetros e padrões voltados para o setor frutícola (ERTHAL et al., 2018; LARA et al., 2021).

Nesse contexto, a Viticultura de Precisão (VP) surge como uma técnica moderna e eficaz de avaliação da variabilidade espacial do solo e de plantas, por meio do emprego de ferramentas tecnológicas que são utilizadas na AP, tendo como objetivo o monitoramento e gestão da variabilidade espacial de variáveis físicas, químicas e biológicas que estão interligadas com a produtividade e qualidade de um vinhedo (FERRO; CATANIA, 2023).

O setor vitivinícola brasileiro apresenta concentração predominante no estado do Rio Grande do Sul (RS), que abrange cerca de 63% da área vitícola nacional e assume a posição de principal produtor de uvas, englobando variedades viníferas e de mesa. Também é responsável por 90% da produção de vinhos e sucos, bem como aproximadamente 85% da produção de espumantes em 2018 (MELLO, 2019).

Nos últimos anos, a indústria vitivinícola no RS passou por transformações, uma vez que enfrenta uma considerável concorrência de produtos importados, provenientes de países da América do Sul e da Europa, especialmente no segmento de vinhos finos, no contexto do mercado brasileiro (MIELE et al., 2011).

Nesse contexto, observa-se um esforço notável por parte de instituições ligadas ao setor, bem como de algumas empresas líderes, no sentido de elevar a qualidade dos vinhos, por meio da incorporação de tecnologias vitícolas e enológicas modernas (PEREIRA et al., 2020).

As técnicas da VP podem contribuir para a produção de vinhos de maior qualidade, ao mesmo tempo em que reduz os custos operacionais e melhora o desempenho nas colheitas, buscando alcançar o potencial máximo dos vinhedos no que diz respeito à qualidade enológica (MATESE; DI GENNARO, 2015; TARDAGUILA et al., 2021).

Considerando o reconhecimento da importância da implementação da VP, no presente estudo buscou-se avaliar se essa tecnologia está sendo efetivamente adotada e se está proporcionando resultados satisfatórios do ponto de vista dos vitivinicultores do RS. Além

disso, buscou-se compreender o perfil dos produtores que adotam essas ferramentas, e quais os fatores que influenciam na decisão de utilizar ou não essa tecnologia em suas propriedades.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com base em uma pesquisa online que se baseou na metodologia desenvolvida e aplicada por Anselmi (2012) a qual se caracteriza como um estudo de caráter exploratório e descritivo, através do uso de técnicas de análises qualitativas e quantitativas. Para essa etapa do trabalho, desenvolveu-se um questionário, utilizado como técnica de investigação, composto por um conjunto de questões abertas, fechadas e em escala de Likert de cinco pontos.

A primeira parte da pesquisa foi composta por questões com a finalidade de caracterizar o perfil socioeconômico do entrevistado (cidade, idade, gênero, grau de instrução, profissão). A segunda parte contemplou informações sobre a relação com a adoção da vitivinicultura de precisão (VP) (área, destino da produção, sistema de condução, conhecimentos sobre agricultura de precisão e adoção). Já, a terceira e quarta etapa da pesquisa compreenderam questões a respeito da percepção das ferramentas na VP (tempo de uso, tecnologia utilizada, grau de satisfação, expectativa de uso, desafios no emprego das ferramentas, fontes de informação). Na tabela 1 são apresentadas as descrições das variáveis agrupadas em seus constructos.

O questionário foi aplicado no formato online, entre maio de 2022 e agosto de 2023, através da plataforma *Google forms*®. Foi divulgado através de e-mails e contato direto, com vitivinicultores, vinícolas e instituições do setor para direcionamento ao público-alvo. A partir das respostas obtidas selecionou-se 85 questionários preenchidos de forma exclusiva por vitivinicultores, sendo uma taxa de resposta baixa, levando em consideração que no último Cadastro Vitícola do RS, haviam 14.417 propriedades (MELO; MACHADO, 2017).

As respostas foram submetidas à tabulação de dados e posterior análise estatística descritiva através do programa Microsoft Excel®, a fim de traçar um perfil do produtor e compreender o estado da adoção de ferramentas de AP na vitivinicultura no estado do RS.

Tabela 1 – Modelo analítico de pesquisa contendo os principais constructos e variáveis analisadas.

Etapas da pesquisa	Questões	Descrição
Características dos adotantes	01	Qual sua cidade?
	02	Qual seu gênero?
	03	Qual sua faixa etária?
	04	Qual sua formação?
	05	Qual sua profissão?
	06	Você se considera vitivinicultor?
	07	Trabalha com outra atividade além da vitivinicultura?
	08	Qual atividade?
	09	Qual sistema de condução da videira possui?
	10	Qual a finalidade de sua produção?
	11	Quantos hectares (ha) possui?
	12	Quantos desses hectares são manejados com ferramentas tecnológicas?
	15	Recebe algum tipo de assistência técnica ou prestação de serviço com que ofereça serviços tecnológicos?
	16	Se sim, pode indicar a empresa?
	20	Há quantos anos utiliza agricultura de precisão?
	21	Qual o grau de satisfação com os resultados alcançados até o momento?
	22	Você já ouviu sobre Agricultura de Precisão, Viticultura de Precisão, Agricultura Digital etc.
	23	Se sim, em qual meio de comunicação?
Tecnologias adotadas	13	Utiliza algum tipo de ferramenta tecnológica ou de fruticultura de precisão em sua propriedade?
	14	Se sim, qual tipo?
Motivação	17	Qual foi o motivo para você adotar essas ferramentas de AP?
	18	Tem interesse em utilizar ferramentas de AP?
	19	Quais são suas intenções para os próximos 2 anos em relação à área cultivada com ferramentas de AP?
Desafios	24	Quais são/foram as principais dificuldades encontradas no uso dessas ferramentas?

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa foi realizada durante 12 meses e foram obtidas 85 respostas das principais regiões produtoras de vinhedos no Rio Grande do Sul, como ilustra a Figura 1. A maioria dos entrevistados localizava-se na região da Serra Gaúcha, maior região produtora do RS e do Brasil, com 76%, distribuídos entre as cidades de Monte Belo do Sul, Bento Gonçalves,

Garibaldi, Farroupilha, Cotiporã, Pinto Bandeira e Piratini. As regiões produtoras emergentes, como Campanha, Serra do Sudeste e Campos de Cima da Serra, juntas totalizaram apenas 5%, sendo representada pelas cidades de Santana do Livramento, Itaqui, Dom Feliciano, Encruzilhada do Sul e Vacaria. O restante dos respondentes pertencia a regiões que não são consideradas polos vitícolas do estado, como a região Metropolitana e Vale do Taquari, nas cidades de Porto Alegre, Viamão e Lajeado.

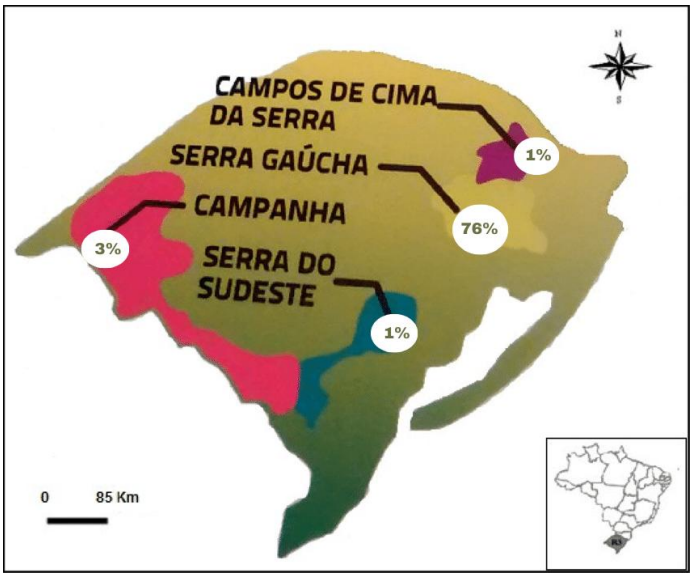


Figura 1 - Porcentagem (%) de respostas entre as principais regiões produtoras do RS. Fonte: adaptado de Copello, 2015.

Com base nas respostas obtidas, verificou-se que 81% dos vitivinicultores já ouviram falar da VP, enquanto apenas 19% não conhecem ou ouviram falar sobre VP (Figura 2).

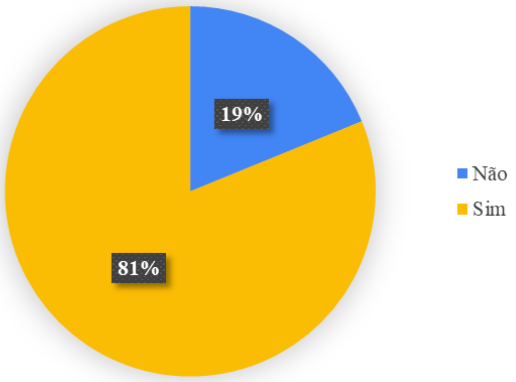


Figura 2 - Percentual (%) de respondentes que conhecem e não conhecem VP.

O perfil do vitivinicultor que utiliza VP, idade, gênero e grau de escolaridade são importantes para caracterizar e diferenciar os produtores que adotam ou não as ferramentas de VP. A maioria dos entrevistados pertencem ao sexo masculino (69%) e 16% ao sexo feminino. Em ambos os gêneros, houve um percentual maior dos que conheciam a VP em relação aos

que não conheciam (Figura 3A). Os respondentes dessa pesquisa em sua maioria possuem idade entre 40 e 50 anos (35%). A faixa etária de 30 a 40 anos foi a segunda mais abrangente com 31%, seguida da faixa-etária entre 20 e 30 anos (25%) (Figura 3B).

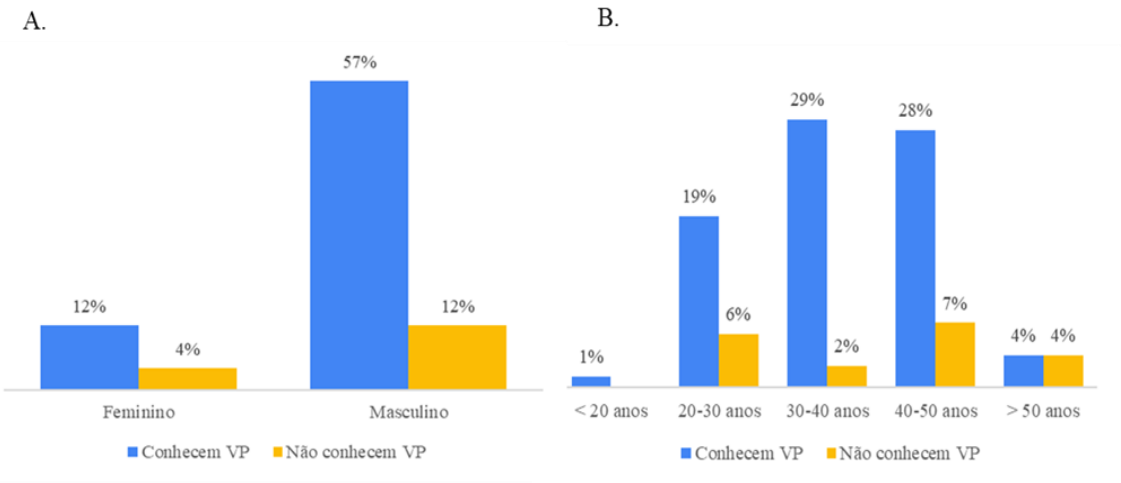


Figura 3 – Percentual (%) de respondentes do sexo masculino e feminino que conhecem e não conhecem VP (A). Percentual (%) da faixa etária de respondentes que conhecem e não conhecem VP (B).

A complexidade das tecnologias agrícolas digitais é percebida como uma barreira à adoção por agricultores mais velhos. Além disso, menos anos de trabalho até a aposentadoria reduz o horizonte de planejamento quanto ao uso da tecnologia (BARNES et al., 2019). Bernardi e Inamasu (2014), em uma pesquisa sobre a adoção de AP no Brasil, obtiveram resultados que corroboram esse estudo, onde a média de idade dos entrevistados que adotavam AP, em relação aos que utilizavam sistema convencional em suas propriedades era menor.

O fator idade pode influenciar na adoção, uma vez que produtores mais jovens são mais ligados às tecnologias modernas e, portanto, adotariam com maior facilidade as inovações (VECCHIO et al., 2020). Entretando, alguns estudos não acharam correlações positivas quanto a jovens e adoção, porém foram influenciadas por fatores, como contexto social, econômico e educacional (SHANG et al., 2021).

Os resultados desse estudo apontam que 19% dos produtores que possuem 30 a 40 anos não adotam nenhum tipo de ferramenta e 13% adotam a VP no manejo dos vinhedos. Já, na faixa etária entre 40 a 50 anos, 25% não utilizam ferramentas técnológicas e 11% estão adotando algum tipo de ferramenta de VP. Entre a faixa etária de vitivinicultores mais jovens, apenas 5% faz uso de ferramentas técnologias na propriedade (Figura 4).

É interessante ressaltar que em pesquisa recente sobre a relação entre os filhos jovens de viticultores e o processo de sucessão rural em Bento Gonçalves/RS, constatou-se que 70%

deles tinham o desejo ou haviam considerado permanecer na propriedade rural. Isso revela uma mudança na compreensão da problemática da sucessão rural. Por outro lado, 30% responderam não saber se desejavam ser os sucessores da atividade, principalmente os mais jovens, que ainda veem o trabalho na agricultura como uma forma de "ajuda" aos pais e ainda não têm uma ideia definitiva sobre sua futura profissão (MONTEIRO; MUJICA, 2022).

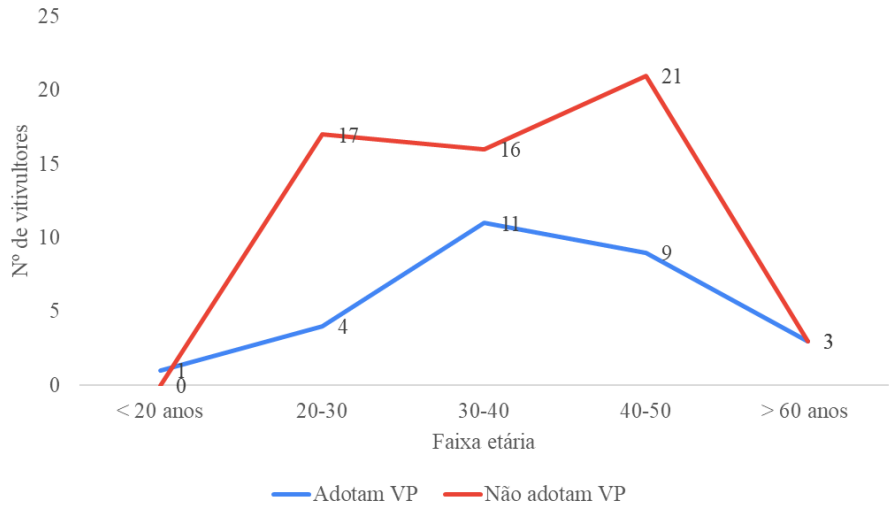


Figura 4 - Relação da faixa etária dos respondentes e a adoção da VP.

Sob essa perspectiva, a adoção da VP pode sofrer alterações no futuro, pois os jovens que permanecerem no campo estarão interessados em modernizar seu trabalho e serão mais inclinados a adotar novas tecnologias no manejo dos vinhedos, podendo modificar a baixa taxa de adoção de ferramentas tecnológicas por produtores mais jovens (<30 anos), como encontrado nas respostas desse estudo.

Na escolaridade dos respondentes e considerando o fato de conhecer ou não a VP, observou-se que 28% dos respondentes que conhecem a VP, possuem Ensino Superior completo e 18% possuem Ensino Médio completo, e um total de 64% quando somados os níveis de pós-graduação (15%) e de MBA (3%). Observa-se que a maior parte dos entrevistados que afirmam conhecer a VP, possuem maiores níveis de escolarização, corroborando com Anselmi (2012), que verificou uma tendência de que nos maiores graus de escolaridade esses conhecimentos sejam mais difundidos (Figura 5).

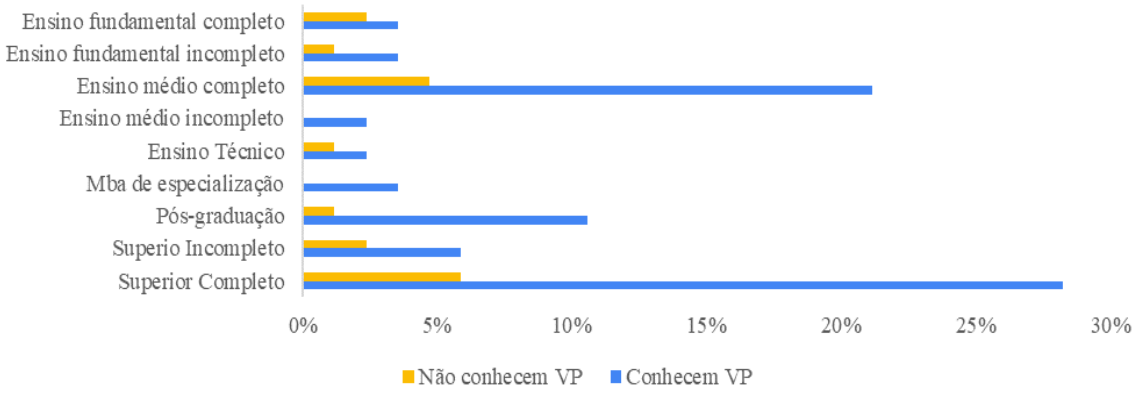


Figura 5 - Percentual de respondentes que conhecem ou não a VP, de acordo com a escolaridade.

Segundo Aubert et al. (2012), produtores que apresentam escolaridade superior estão predispostos a adotar inovações mais rapidamente em relação aos produtores com menor escolaridade. Quando avaliada a relação entre faixa etária e adoção, a maior taxa de emprego de VP foi em produtores com o ensino médio completo (8,24%). Os vitivinicultores com nível superior completo representam 7,06% dos que adotam ferramentas tecnológicas, seguido pelo nível de pós-graduação, com 5,88% (Figura 6).

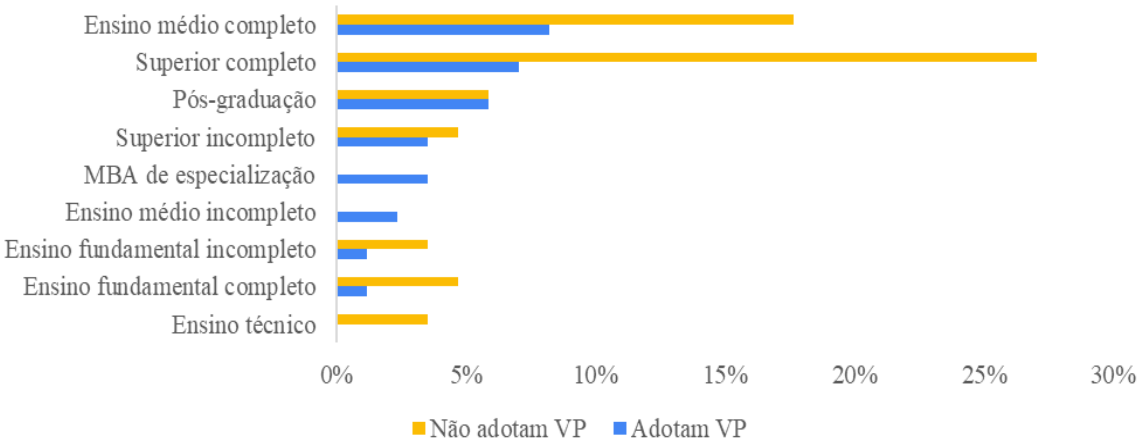


Figura 6 - Percentual de respondentes que adotam VP ou não e sua escolaridade.

A maior adoção por parte de produtores que possuem somente o ensino médio, pode ser relacionada a fatores socioeducativos, principalmente da região que se encontram na Serra Gaúcha, em função de empresas, cooperativas e instituições que acabam influenciando para adoção de novas tecnologias, melhorando a qualidade da uva e do vinho, garantindo uma produção rentável, sustentável, além de auxiliar na permanência dos vitivinicultores na atividade (MONTEIRO; MUJICA, 2022).

O setor vitivinícola é caracterizado por produzir em áreas de pequeno porte. Nos resultados levantados na pesquisa a maioria dos respondentes informaram produzir em área entre 5 a 10 ha (40%) e de 2,5 a 5 ha (27%). Os vinhedos com área entre 10 a 25 ha corresponderam a 14% (Figura 7). Esse resultado está de acordo com a realidade da vitivinicultura no RS, pois a média das propriedades é de 17,5 ha, o que caracteriza a distribuição em pequenas propriedades com agricultura familiar, conforme o último cadastro vitícola do RS (MELLO; MACHADO, 2017).

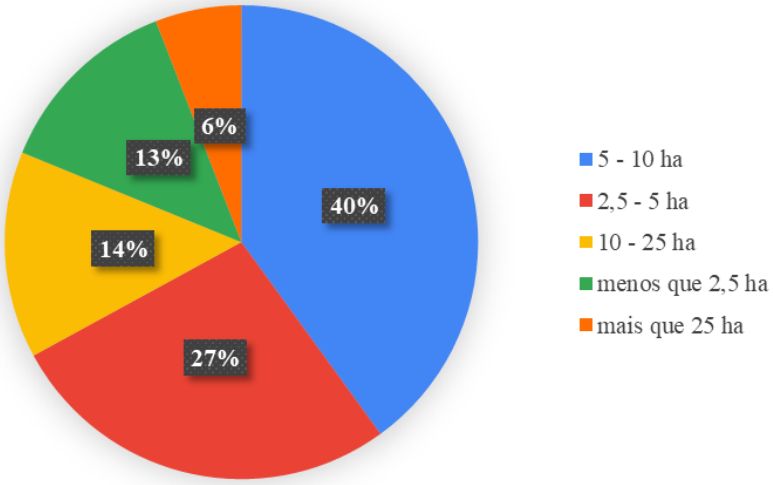


Figura 7 - Percentual de hectares (ha) destinados à produção de uva nas propriedades vitícolas dos respondentes no Rio Grande do Sul (RS).

Barnes et al. (2019) constataram que as propriedade agrícolas com maior área produtiva tendem a adotar mais ferramentas tecnológicas, em função de que as grandes propriedades podem ter maior capital para investimento inicial. O fator sociocultural que a vitivinicultura do RS tem como característica principal é a pequena propriedade, onde a área média é de 2,5 ha e com relevo acentuado com montanhas e vales. Portanto, pode-se pressupor que com base na característica da vitiviniultura do RS estar inserida no contexto de agricultura familiar, a difusão e adoção de novos métodos e instrumentos tecnológicos pode ser mais lenta, uma vez que, empresas tecnologicas direcionam seu mercado para culturas de maior escala e que possuem maior capital de investimento (SARRI et al., 2020).

As propriedades possuem como sistemas de condução principais a espaldeira e latada, sendo que a maior parte das propriedades possuem o sistema latada (60%), seguido por produtores que utilizam tanto o sistema de condução em espaldeira e latada (22%). A utilização do sistema de condução em espaldeira, corresponde a somente 18% dos vinhedos (Figura 8).

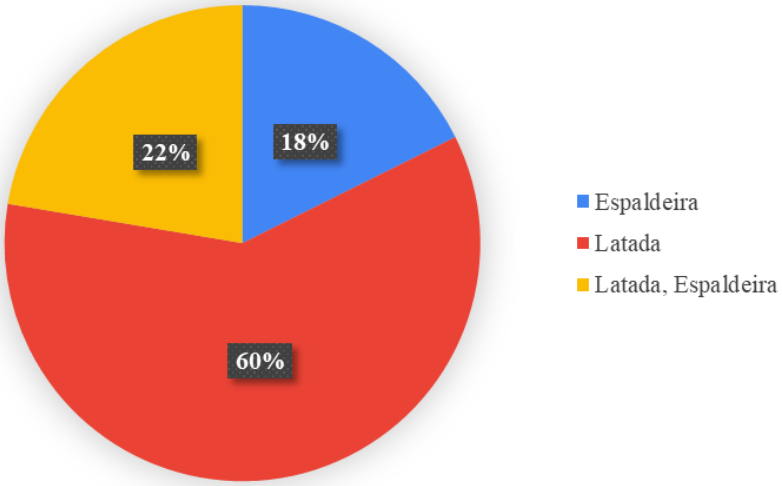


Figura 8 - Percentual de sistema de condução de videiras utilizados pelos respondentes.

Segundo o Cadastro Vitícola (MELLO; MACHADO, 2017), mais de 90% da área total plantada no RS é conduzida em sistema latada e 8% em sistema espaldeira, no que se deve a maior parte da produção do estado ser destinada a uvas americanas, com finalidade para sucos e consumo “in natura”. Corroborando com os resultados encontrados em nosso estudo, onde 34% da produção é destinada para uvas americanas, com a finalidade de produção de sucos e consumo in natura, seguido de uvas viníferas com 28%, que são destinadas à produção de vinhos e espumantes.

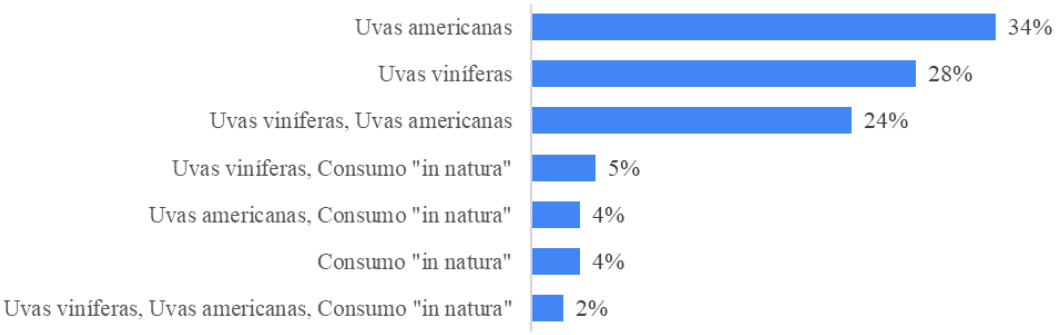


Figura 9 - Percentual de destino da produção das uvas dos respondentes.

O tipo de sistema de produção do RS pode influenciar na adoção dessas tecnologias, de maneira que, o emprego de algumas ferramentas tecnológicas ainda é mais voltado para vinhedos em espaldeira, por conta do seu maior foco em qualidade. Entretanto, é um ponto a ser considerado para o desenvolvimento de pesquisas e adaptabilidade das tecnologias, a fim de demonstrar vantagens para a maior parte dos viticultores, que trabalham com o sistema latada e uvas americanas.

Segundo Sarri et al. (2020), a adoção de tecnologias deve ser entendida como um processo com múltiplas etapas. Para compreender melhor os fatores que impactam no conhecimento e adoção dessas novas tecnologias pelos respondentes, foram abordadas diversas questões no intuito de conhecer a percepção desses indivíduos sobre a VP. Quando questionados se faziam uso de algum tipo de ferramenta tecnológica, 64% relatou que não empregava ferramentas de AP no manejo dos vinhedos e 36% indicou que faziam uso de algum tipo de ferramenta tecnológica. (Figura 10).

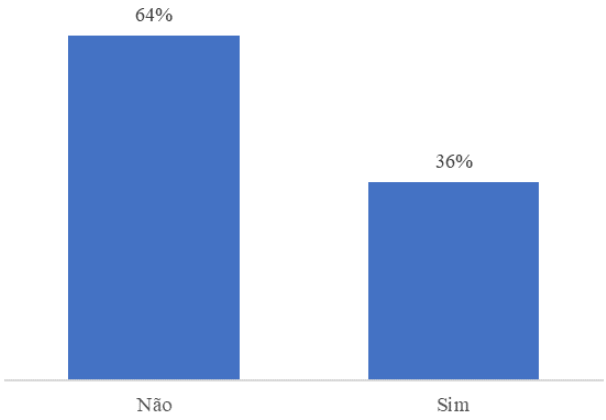


Figura 10 - Percentual de respondentes que adotam ou não ferramentas de VP.

Aos respondentes que utilizam ferramentas de AP, questionou-se quais tecnologias eram mais empregadas no dia-a-dia, sendo que essa questão era de múltipla escolha, permitindo assim, que os vitivinicultores respondessem mais de uma opção. Verificou-se que a categoria Software de gestão da propriedade é atualmente a ferramenta mais utilizada com 63% das respostas, seguido pelos aplicativos de monitoramento (43%) e de taxa variada de fertilizantes e defensivos agrícolas (36%).

Destaca-se que 30% das respostas realizam mapeamento de colheita, dado importante para mapeamento da produção e qualidade das uvas, tanto das propriedades como das regiões vitícolas. A irrigação automatizada representa 26% dentre as ferramentas utilizadas, importante para minimizar os riscos com possíveis eventos meteorológicos . A amostragem de solo georreferenciada representa 20%, seguida por sensores de monitoramento de pragas e doenças, que são ferramentas importantes para a qualidade da produção da uva, tanto para consumo in natura quanto para vinificação (Figura 11).



Figura 11 - Ferramentas de AP que os respondentes fazem uso nas propriedades.

Em estudo sobre adoção de AP no Brasil, Bolfe et. al. (2020) observaram que cerca de 84% dos agricultores pesquisados utilizam alguma forma de tecnologia digital (aplicativos e softwares voltados para agricultura) em suas operações agrícolas. As tecnologias mais comuns incluem conectividade, aplicativos móveis e sistemas de posicionamento por satélite, corroborando os dados no setor vitícola, encontrados nesse estudo.

A pesquisa de difusão de ferramentas tecnológicas realizada por Shang et al. (2021), concluí que o processo de difusão de tecnologias baseia-se em cinco estágios no processo de decisão sobre adoção da inovação: conhecimento, persuasão, decisão, implementação e confirmação. Na fase de conhecimento, o agricultor adquire consciência dos benefícios de uma tecnologia específica, reconhecendo sua existência e, eventualmente, despertando interesse por ela. O conhecimento em relação a uma nova tecnologia, é adquirido por meio de "interações", que incluem a aprendizagem com outros agentes e a obtenção de informações de várias fontes, como ambientes sociais, trocas com outros produtores e conteúdo na internet (KUEHNE et al., 2017; PIVOTO et al., 2019).

Nesse contexto, quando questionados sobre sua percepção dos principais benefícios da VP, os viticultores destacaram que a redução de custos e a melhoria da qualidade da uva e do vinho são os mais importantes (57% das respostas). A melhoria da gestão da propriedade (55% das respostas) como os benefícios mais relevantes (Figura 12). Atualmente a viticultura sofre uma forte competição do mercado nacional e internacional de vinhos, e em função da elevação dos custos de produção, a VP é uma oportunidade de mitigar essas dificuldades e aumentar a competitividade. Além disso, a VP também é percebida como uma ferramenta para alcançar outros objetivos, como o aumento da produção (47%), o aumento da rentabilidade (43%), a melhoria das condições de trabalho (41%), a preservação do meio ambiente (33%) e o gerenciamento da frota (8%).

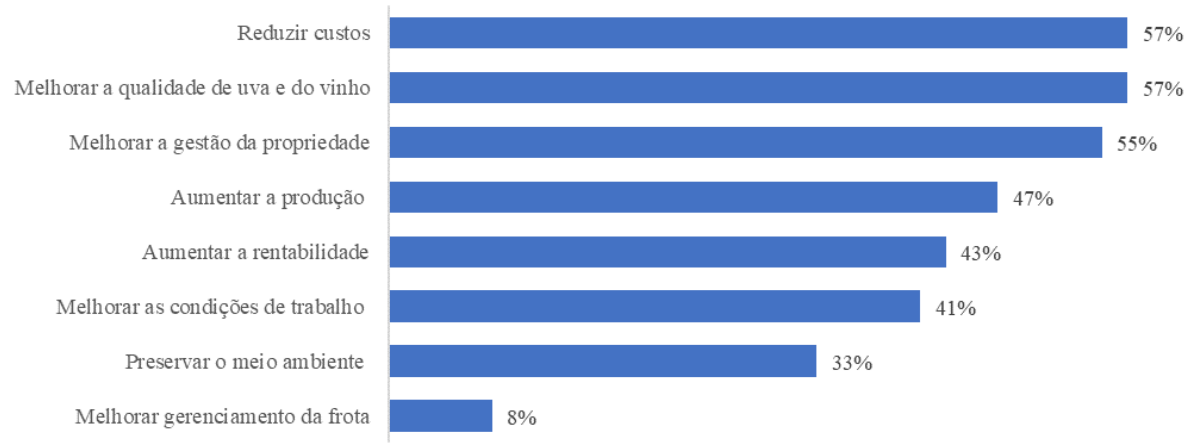


Figura 12 - Principais benefícios da VP na percepção dos respondentes.

A fase de persuasão no processo de difusão de tecnologias corresponde à visão do potencial uso das ferramentas tecnológicas pelo produtor, na qual a intenção de adotá-las é formada (SHANG et al., 2021). Os agricultores têm a capacidade de adquirir conhecimento sobre novas tecnologias por meio da interação com vizinhos que já as adotaram ferramentas tecnológicas. Isso implica que a consciência, o conhecimento e na atitude que os agricultores podem continuar evoluindo durante o processo de disseminação de uma nova tecnologia agrícola (PEDERSEN et al., 2020).

De acordo com os respondentes, 63% possuem interesse em adotar algum tipo de ferramenta e tecnológica nos próximos anos e 38% ainda não tem certeza se a adoção de novas tecnologias seria a solução (Figura 13).

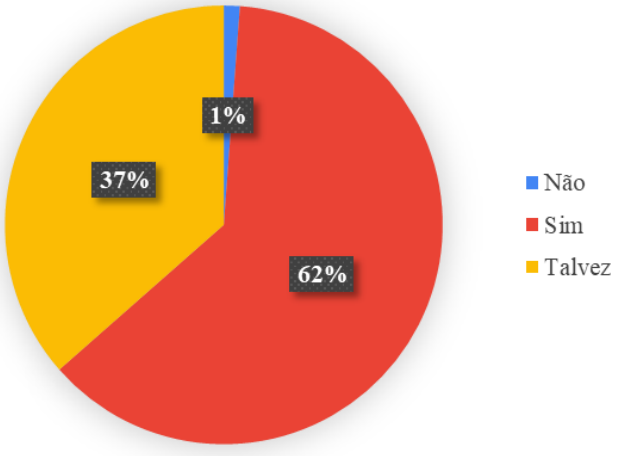


Figura 13 - Percentual de interesse dos respondentes em adotar a VP.

A partir desse cenário, nota-se que o processo de difusão das tecnologias encontra-se já estabelecido entre os viticultores gaúchos, de maneira que mais da metade pretende em algum momento iniciar o uso, e mesmo os 37% dos produtores que ainda não possuem

certeza, a VP já faz parte do pensamento deles para o manejo dos vinhedos. No entanto, apesar dos esforços de instituições de pesquisa e extensão, consultores e incentivos públicos para promover a adoção de tais tecnologias, a subestimação de seu potencial e a falta de conhecimento técnico demonstrada principalmente pelos produtores de vinho suprimem o crescimento do mercado neste momento, mostrando que ainda existe um grande gargalo quanto o entendimento da adaptabilidade e vantagens que as novas tecnologias podem trazem aos seus adotantes (LELECHENKO, 2023).

Seguindo o modelo de difusão, após a fase de persuasão, onde a intenção é formada, o fruticultor avança para a fase de decisão, na qual ele define se irá adotar ou rejeitar essa tecnologia. O comportamento de adoção da VP pode ser determinado pelas características da cultura em que o produtor está inserido e da sua própria personalidade, mas também é influenciado pelas condições estruturais, políticas e econômicas do sistema agrícola. Entretando, o sistema agrícola evolui ao longo do tempo, em resposta ao comportamento dos agricultores e às suas interações com o ambiente e entre eles, ou seja, em conjunto o sistema agrícola e as interações sociais entre os próprios viticultores, pode impulsionar a adoção dessas ferramentas (PIERPAOLI et al., 2013).

Nesse âmbito, segundo estimativas, o mercado global da VP irá crescer 9,2% até pelo menos 2027, principalmente impulsionado pelas mudanças climáticas e suas consequências negativas na produção e qualidade da uva, demandando que os produtores e a indústria se adaptem, não somente para melhorar a qualidade dos vinhos, mas também para atingir a sustentabilidade da produção através do avanço tecnológico (IMARC, 2023).

Observou-se que 56% dos entrevistados expressaram a intenção de iniciar o uso de tecnologias nas próximas duas safras, sinalizando o interesse e a importância na adoção de ferramentas da VP. Além disso, 22% planejam aumentar o uso dessas tecnologias, demonstrando uma tendência positiva em relação à sua expansão. Outros 19% pretendem manter o uso, indicando uma estabilidade na utilização dessas ferramentas. Apenas 2% têm a intenção de diminuir o uso, o que sugere uma minoria que está considerando não utilizar mais essas tecnologias em suas propriedades (Figura 14), talvez por falta de orientação técnica

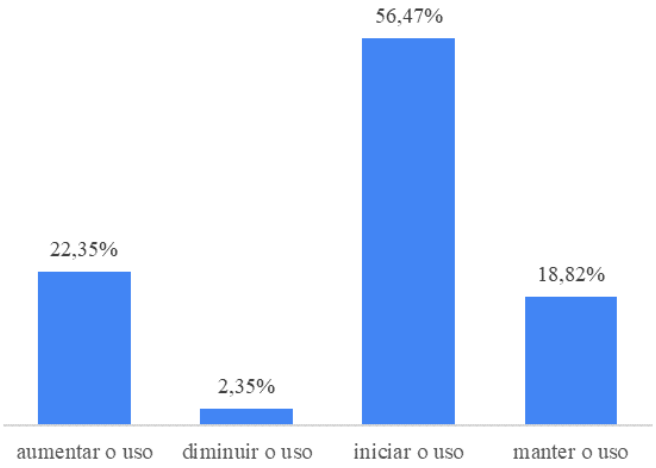


Figura 14 - Percentual de intenção sobre a área cultivada com VP dos respondentes.

Esses resultados indicam que a cadeia de produção de viticultura está demonstrando um interesse crescente em se adaptar às novas tecnologias, seja aumentando sua utilização ou iniciando a implementação dessas ferramentas nos vinhedos, mostrando uma mudança no estado de difusão e adoção dessas tecnologias, uma vez que, segundo Erthal et al. (2018), a taxa de adoção de ferramentas de VP encontrada entre vinícolas da região de D.O. do Vale dos Vinhedos, era de apenas 23,81% entre os entrevistados.

Isso aponta para um cenário promissor para a VP no RS, uma vez que, pode acarretar em mudanças significativas no setor vitivinícola, impulsionadas por incentivos financeiros e técnicos, tanto do setor público quanto do privado, por meio de instituições e serviços de extensão rural. Além disso, o fato de tecnologias de satélite, como o sensoriamento remoto, estarem se tornando cada vez mais acessíveis e também aos esforços da pesquisa científica, o assunto vem ganhando popularidade entre os viticultores, aguçando a curiosidade e consequentemente, abrindo portas para a entrada das tecnologias modernas no manejo das vinhas.

Após a fase de decisão, inicia-se a fase de implementação, que corresponde ao período em que as novas tecnologias são incorporadas às práticas de gestão da propriedade. Durante essa fase, vários fatores podem influenciar a decisão definitiva de adoção após o período de teste, tais como a capacidade financeira, a complexidade e a aplicabilidade das tecnologias. A complexidade e a aplicabilidade dependem das características do operador, sobretudo de seu conhecimento e habilidades, as quais podem ser aprimoradas por meio de interações com outros usuários, treinamentos ou assistência técnica (SHANG et al., 2021).

No mesmo contexto, os viticultores identificaram os principais fatores/dificuldades existentes que impedem a adoção da VP. O fator limitante relatado na pesquisa que mais impede a adoção da VP foi o custo inicial para a implementação das ferramentas tecnológicas

(68%). O segundo fator limitante foi a interpretação e aplicação dos resultados encontrados, apontado por 28% dos viticultores. O terceiro fator limitante mencionado foi a falta de informações como uma dificuldade na implementação (24%). Em ordem subsequente, outros fatores apontados pelos viticultores como obstáculos para o acesso e adoção das ferramentas tecnológicas incluem a qualificação da mão de obra (15%), a topografia desafiadora (13%), a assistência técnica (12%) e resultados insatisfatórios (3%) (Figura 15).

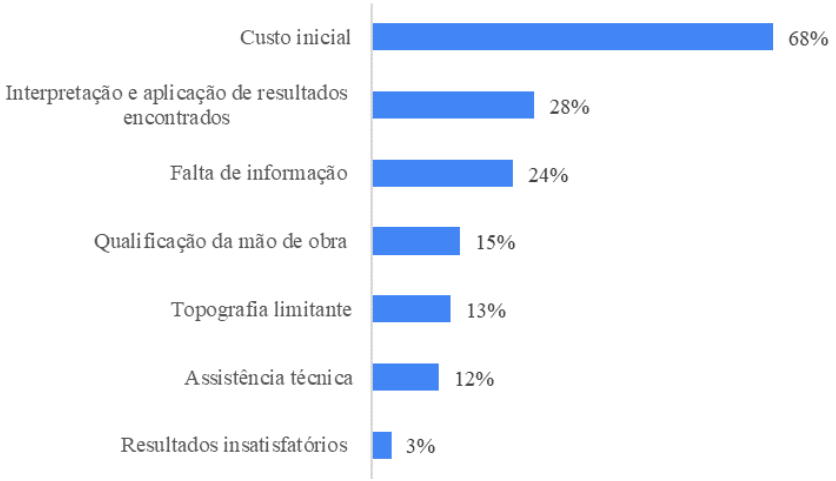


Figura 15 - Principais dificuldades na adoção de VP pelos viticultores respondentes.

Em recente estudo sobre a adoção e percepção da AP por agricultores brasileiros, Bolfe et al. (2020) encontraram resultados similares quanto às principais dificuldades para pequenos produtores (>20 ha), onde 68,5% dos entrevistados indicaram o custo de aquisição de maquinaria, equipamentos ou formas como um desafio primordial, enquanto 45,3% apontaram o custo de contratar prestadores de serviços especializados. Portanto, os custos de aquisição são considerados uma dificuldade significativa, além do valor e acesso a serviços especializados.

Por fim, a fase de confirmação envolve uma avaliação, verificando-se os critérios estabelecidos inicialmente para a adoção ou rejeição foram satisfeitos. Nessa etapa, o agricultor confirma se a tecnologia será mantida, com base no seu desempenho e no custo do investimento (SHANG et al., 2021).

O grau de satisfação dos produtores que adotam ferramentas da VP demonstram que 41% e 24% monstraran-se satisfeitos e muito satisfeitos, respectivamente. Muito insatisfeitos ou insatisfeitos, somaram 19% e apenas 7% responderam “regular” quanto à satisfação (Figura 16).

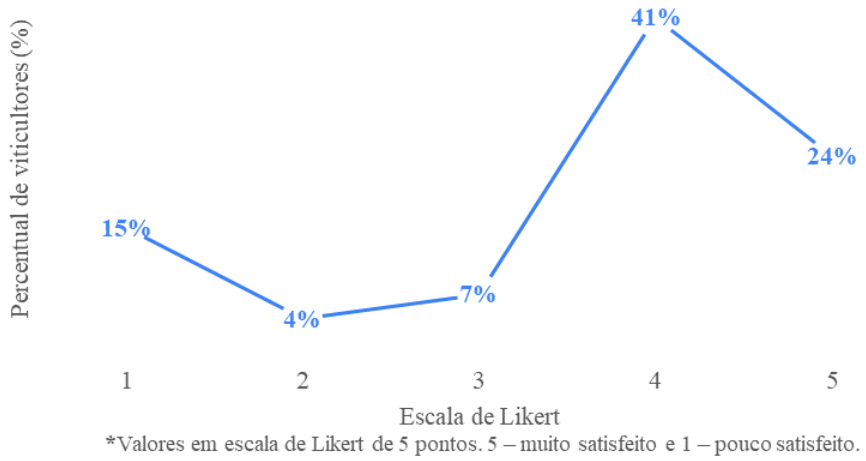


Figura 16 - Percentual de satisfação dos respondentes quanto ao uso de VP.

As fontes de informação desempenham um papel crucial no processo de difusão e adoção da VP. Conforme Shang et al. (2021), a interação entre o produtor e a assistência técnica é identificada como o fator mais significativo nos estudos de adoção de novas tecnologias. A falta de assessoria e as opiniões negativas sobre a VP por parte de consultores técnicos podem exercer influência nas decisões de adoção dos agricultores (PIVOTO et al., 2019).

É relevante destacar que 64% dos entrevistados indicaram que não recebem qualquer tipo de assistência técnica. Aqueles que recebem assistência técnica representam 36% dos entrevistados. Isso pode sugerir a existência de um problema a ser abordado, tanto para promover uma maior difusão e adoção da VP, quanto para aprimorar o manejo técnico dos vinhedos e aumentar a satisfação em caso de adoção das ferramentas tecnológicas.

A falta de acesso à assistência técnica pode ser um obstáculo significativo para a implementação bem-sucedida da tecnologia na viticultura. Entretando, a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), é atuante em todos municípios que foram citados nessa pesquisa, de forma que poderia atuar juntamente com instituições públicas ou privadas no auxilio da difusão da VP, através de palestras, cursos e dias de campo para os produtores assistidos, apontando assim uma lacuna que pode ser preenchida futuramente.

Anselmi (2012) relata que a Internet foi a fonte de informação mais acessada sobre AP entre os adotantes dessa tecnologia no RS. Por outro lado, Bernardi e Inamasu (2014) observaram que consultores e cursos/treinamentos foram as principais fontes de informação para os produtores que adotam a AP no Brasil em geral.

No contexto do estudo em questão, os produtores do RS elencaram as principais fontes de informação sobre a VP, como redes sociais (31%), palestras técnicas (26%), televisão (14%), empresas de assistência técnica (14%), universidades (13%) e rádio (3%) (Figura

17). Esses dados sugerem que as fontes de informações sobre a VP refletem o estágio de difusão da tecnologia, estando em um estágio inicial de adoção no RS, ainda em fase de estudo por instituições de pesquisa e ensino, com poucos adotantes. Notavelmente, as redes sociais e as palestras técnicas surgem como as principais fontes de informação.

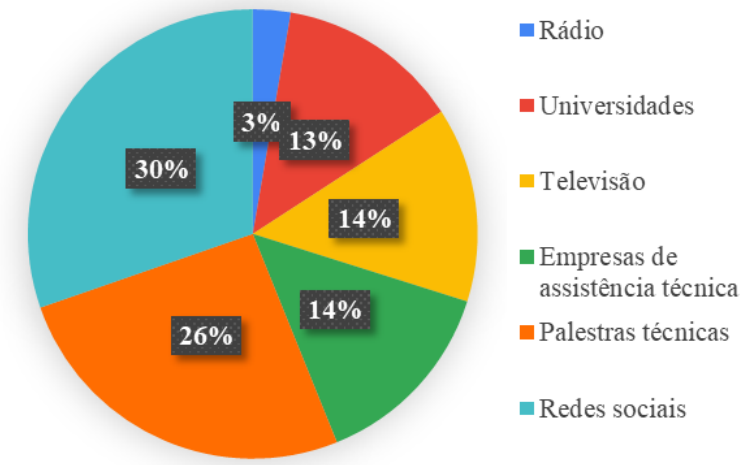


Figura 17 – Principais meios de informação de VP para os respondentes.

3.4 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, torna-se evidente que a VP aparece como um tema de considerável relevância. A significativa familiaridade demonstrada pelos vitivinicultores, com 81% dos participantes indicando conhecimento sobre a VP, destaca a crescente importância

A constatação de que a maioria dos produtores, ou seja, 64% dos entrevistados, ainda não adota ferramentas de AP em seus cultivos, enquanto apenas 36% fazem uso dessas tecnologias, sinaliza que a adoção da VP ainda se encontra em estágio inicial. É importante destacar que entre os vitivinicultores que adotam algum tipo de ferramenta, o software de gestão da propriedade se destaca como a ferramenta mais adotada, evidenciando a busca por uma gestão mais eficaz dos vinhedos.

Sugere-se, que para promover a adoção mais ampla das ferramentas de VP, torna-se primordial que as empresas de tecnologia estejam atentas às dificuldades e às características do público-alvo. Isso permitirá o desenvolvimento de tecnologias mais maduras e acessíveis em termos de custo ao longo do tempo. Além disso, o treinamento de profissionais de extensão rural e o incentivo à adoção por meio de empresas e instituições do setor vitícola podem exercer um impacto positivo na disseminação da tecnologia.

3.5 REFERÊNCIAS

ANSELMI, A.A. Adoção da agricultura de precisão no Rio Grande do Sul (Dissertação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2012.

AUBERT, B.A., SCHROEDER, A., GRIMAUDO, J. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. **Decision Support Systems,** v. 54, p. 510–520, 2012. https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.07.002

BARNES, A.P., SOTO, I., EORY, V., BECK, B., BALAFOUTIS, A., SÁNCHEZ, B., VANGEYTE, J., FOUNTAS, S., VAN DER WAL, T., GÓMEZ-BARBERO, M. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. **Land Use Policy**, v. 80, p. 163–174, 2019. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.004

BERNARDI, A.C. DE C., INAMASU, R.Y., 2014. Adoção da agricultura de precisão no Brasil., in: **Agricultura de Precisão: Resultados de Um Novo Olhar**. Embrapa, Brasília, DF, pp. 559–577.

BOLFE, É.L., JORGE, L.A. DE C., SANCHES, I.D., LUCHIARI JÚNIOR, A., DA COSTA, C.C., VICTORIA, D. DE C., INAMASU, R.Y., GREGO, C.R., FERREIRA, V.R., RAMIREZ, A.R. Precision and Digital Agriculture: Adoption of Technologies and Perception of Brazilian Farmers. **Agriculture**, v. 10, 653, 2020. https://doi.org/10.3390/agriculure10120653

ERTHAL, G., RUSSINI, A., SEBEM, E., ERTHAL, E., GALAFASSI, C. Diagnóstico da adoção da viticultura de precisão no vale dos vinhedos - Rio Grande do Sul. **Tecno-Lógica**, v. 22, p. 174-186, 2018. https://doi.org/10.17058/tecnolog.v22i2.12059

FERRO, M.V., CATANIA, P. Technologies and Innovative Methods for Precision Viticulture: A Comprehensive Review. **Horticulturae**, v. 9, 399, 2023. https://doi.org/10.3390/horticulturae9030399

IMARC - INTERNATIONAL MARKET ANALYSIS RESEARCH AND CONSULTING. Precision Viticulture Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component, By Application (YieldMonitoring, Field Mapping, Crop Scouting, Weather Tracking & Forecasting), By Region, And SegmentForecasts, 2020 - 2027. **Market Research Report,** 2023.

Avaliable on: <https://www.imarcgroup.com/precision-viticulture-market>. Access in: Nov. 2023.

KUEHNE, G., LLEWELLYN, R., PANNELL, D.J., WILKINSON, R., DOLLING, P., OUZMAN, J., EWING, M. Predicting farmer uptake of new agricultural practices: A tool for research, extension and policy. **Agricultural System**, v. 156, p. 115–125., 2017 https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.06.007

LARA, L.M., GEBLER, L., LEITE JÚNIOR, M.J., SOARES, A.L., 2021. Precision agriculture trends in fruit growing from 2016 to 2020. **Revista. Brasileira de Fruticultura**, v. 43, e-096, 2021. https://doi.org/10.1590/0100-29452021096

LELECHENKO, L. Como O Sensoriamento Remoto Ajuda Na Viticultura. **Eos Data Analytics**, 2023. Avaliable on: <https://eos.com/pt/blog/como-o-sensoriamento-remoto-ajuda-na-viticultura/>. Access in: Nov. 2023.

MATESE, A., DI GENNARO, S.F. Technology in precision viticulture: a state of the art review. **International Journal of Wine Research**, v. 7, p. 69-81, 2015. https://doi.org/10.2147/IJWR.S69405

MELLO, L.M.R. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2018**. Comunicado Técnico 210. Bento Gonçalves, RS: EMBRAPA, 2019, 12 p.

MELLO, L.M.R., MACHADO, C.A.E. **Cadastro vitícola do Rio Grande do Sul: 2013 a 2015.** Brasília, DF: Embrapa, 2017, p. 85.

MIELE, A., FLORES, C.A., FILIPPINI ALBA, J.M. Status atual da pesquisa de viticultura de precisão no Rio Grande do Sul: primeiros resultados da UP Uva para Vinho., in: **Agricultura de precisão: um novo olhar.** Embrapa Instrumentação, São Carlos, pp. 267–272, 2011.

MONTEIRO, R., MUJICA, F.P. A identidade sociocultural do jovem agricultor na vitivinicultura familiar e sua relação com a sucessão rural. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, e235637, 2022. https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.235637

PEDERSEN, S.M., PEDERSEN, M.F., ORUM, J.E., FOUNTAS, S., BALAFOUTIS, A.T., VAN EVERT, F.K., VAN EGMOND, F., KNIERIM, A., KERNECKER, M., MOUAZEN, A.M. Economic, environmental and social impacts, IN: CASTRIGNANO, A., BUTTAFUOCO, G., KHOSLA, R., MOUAZEN, A., MOSHOU, D., NAUD, O. (Eds.). **Agricultural**

Internet of Things and Decision Support for Precision Smart Farming. Elsevier, 2020, p. 279–330. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818373-1.00006-8

PEREIRA, G.E., ZANUS, M.C., MELLO, L.M.R., LIMA, M.S., PEREGRINO, I. Panorama da produção e mercado nacional de vinhos espumantes. **Informe Agropecuário**: Produção de Vinhos Espumantes na Serra da Mantiqueira, Belo Horizonte, v. 41, n. 310, p.7-18, 2020.

PIERPAOLI, E., CARLI, G., PIGNATTI, E., CANAVARI, M., 2013. Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review. **Procedia Technology**, v. 8, p. 61–69, 2013. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.11.010

PIVOTO, D., BARHAM, B., WAQUIL, P.D., FOGUESATTO, C.R., CORTE, V.F.D., ZHANG, D., TALAMINI, E. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 22, p. 571–588, 2010. https://doi.org/10.22434/IFAMR2018.0086

SARRI, D., LOMBARDO, S., PAGLIAI, A., PERNA, C., LISCI, R., DE PASCALE, V., RIMEDIOTTI, M., CENCINI, G., VIERI, M. Smart Farming Introduction in Wine Farms: A Systematic Review and a New Proposal. **Sustainability**, v. 12, 7191, 2020. https://doi.org/10.3390/su12177191

SHANG, L., HECKELEI, T., GERULLIS, M.K., BÖRNER, J., RASCH, S. Adoption and diffusion of digital farming technologies - integrating farm-level evidence and system interaction. **Agricultural Systems**, v. 190, 103074, 2021. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103074

TARDAGUILA, J., STOLL, M., GUTIÉRREZ, S., PROFFITT, T., DIAGO, M.P. Smart applications and digital technologies in viticulture: A review. **Smart Agricultural Technology**, v. 1, 100005, 2021. https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100005

VECCHIO, Y., AGNUSDEI, G.P., MIGLIETTA, P.P., CAPITANIO, F. Adoption of Precision Farming Tools: The Case of Italian Farmers. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 17, 869, 2020. https://doi.org/10.3390/ijerph17030869

4 ARTIGO 2

Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para definição de unidades de gestão diferenciada para a vitivinicultura*

*Artigo formatado conforme as normas da Revista Brasileira de Fruticultura.

Normalized difference vegetation index (NDVI) to define differentiated management units for wine growing

Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para definição de unidades de gestão diferenciada para a vitivinicultura

Júlia Faccin Faé[1*]; André Luis Vian[1]; Antônio Luis Santi[2]; Gilmar Arduino Bettio Marodin[3,] Alexandre Cassineli[1,] Gabriel Marson[1]

[1] Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Department of Crop Plants, Porto Alegre-RS, Brazil

[2] Federal University of Santa Maria, Department of Agricultural and Environmental Sciences, Santa Maria-RS, Brazil.

[3] Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Department of Horticulture, Porto Alegre-RS, Brazil

*Corresponding author: juliaffae@gmail.com

HIGHLIGHTS

1. Mapas de NDVI podem ser utilizados como uma ferramenta de auxílio para compreensão da variabilidade do vinhedo.
2. A variabilidade intraespecífica do vinhedo está relacionada diretamente com as características químicas do solo.
3. Unidades de Gestão Diferenciadas podem auxiliar no manejo agrícola, contribuindo com a produtividade e qualidade da uva.

ABSTRACT

Precision Agriculture (AP) use in Brazilian winemaking is recent, and knowledge and adaptability of AP tools are essential for its greater adoption in the culture. This work uses the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to define differentiated management units (DMUs) to understand the vineyard's spatial variability management. To carry out the study, two plots were used in a commercial vineyard of Merlot and Chardonnay varieties, where three DMUs (high, medium, and low vigor) were determined based on the average of seven NDVI maps over two years, at different times and during the vine cycle, obtained through satellite images with nine m² pixels. Data from two harvests were analyzed, referring to grape productivity and quality in 15 sampling points distributed across threeDMU. The results indicate that the NDVI can be used to delimit DMUs, as it was possible to verify variations in vigor within

the vineyard and that soil parameters are those that most influence variability and can be used for field validation and adaptation of management for better intraspecific vineyard management.

Index termns: *Vitis vinífera*. Precision Viticulture. Satellite Images.

RESUMO

A utilização da agricultura de precisão (AP) na vitivinicultura brasileira é recente, e o conhecimento e a adaptabilidade das ferramentas de AP é indispensável para a sua maior adoção na cultura. O objetivo desde trabalho é utilizar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para definição de unidades de gestão diferenciadas (UGDs) como uma forma de entendimento da gestão da variabilidade espacial do vinhedo. Para realização do estudo foram utilizadas duas quadras em um vinhedo comercial, das variedades de Merlot e Chardonnay, onde foi determinado três UGDs (alto, médio e baixo vigor) baseadas na média de sete mapas de NDVI ao longo de dois anos, em diferentes momentos durante o ciclo da videira, obtidos através de imagens de satélite com pixels de nove m². Foram analisados dados de duas safras, referentes a produtividade e qualidade da uva em 15 pontos amostrais distribuídos por três UGDs. Os resultados indicam que o NDVI pode ser usado para delimitar UGDs, pois foi possível verificar variações de vigor dentro do vinhedo e que parâmetros de solo são os que mais influenciam na variabilidade, podendo ser utilizados para a validação á campo e adequação de manejos para a melhor gestão intraespecífica do vinhedo.

Palavras-chave: *Vitis vinífera*. Vitivinicultura de Precisão. Imagens de Satélites.

4. 1 INTRODUÇÃO

A vitivinicultura de precisão (VP) vem sendo recentemente estudada e implementada em diversos lugares do mundo, uma vez que a compreensão da variabilidade espacial dos vinhedos a partir das ferramentas tecnológicas podendo auxiliar na tomada de decisão em relação as práticas de manejo e do mapeamento da qualidade e da produtividade (TARDAGUILA et al., 2021). Umas das principais práticas é a utilização de Unidades de Gestão Diferenciada (UGD), que permitem identificar regiões homogêneas, ou seja, áreas com mínima variabilidade espacial e com consistência ao longo do tempo, para uma melhor gestão do vinhedo visando maximizar a eficiência e reduzir impactos ambientais, o que se traduz no aumento da economia para o vitivinicultor (GIOVOS et al., 2021).

A variabilidade espacial dos vinhedos é recorrente e manifesta-se em regiões distintas dentro do vinhedo. Essas regiões se caracterizam por diferentes fatores como topografia, exposição solar, tipo e textura do solo, perfil do solo, inclinação, altitude, entre outros, que, por sua vez, conferem potenciais produtivos diversos dentro do mesmo vinhedo (GATTI et al., 2022; PEREYRA et al., 2023).

Existem diversas formas para determinar e avaliar a variabilidade espacial na VP, através de uma gama de resoluções espectrais, espaciais e temporais proporcionadas atualmente pela combinação diversos tipos de sensores, aliados à flexibilidade das principais plataformas de aquisição, como satélites (FERRO et al., 2023; FERRO; CATANIA, 2023; SOZZI et al., 2020; SQUERI et al., 2021). Nesse contexto, imagens de satélite vêm sendo muito empregadas, como o objetivo de avaliar o status da vegetação em tempo real dos vinhedos, viabilizando a correlação entre parâmetros de estado nutricional das plantas, de desenvolvimento das plantas, estresses bióticos e abióticos e qualidade da uva (BRAMLEY et al., 2019; DI GENNARO et al., 2019; GATTI et al., 2017; KASIMATI et al., 2023).

O desenvolvimento ao longo do ciclo da planta é avaliado por meio de índices de vegetação, por se relacionar diretamente com o teor e concentração de clorofila nas folhas e com a biomassa do dossel vegetativo da planta. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é calculado a partir da diferença entre bandas espectrais do espectro eletromagnético, que são capturadas por sensores em satélites, aeronaves ou drones. Dessa forma, é uma ferramenta importante para avaliar o desenvolvimento vegetativo, além de estimar o rendimento, stress hídrico e qualidade de uva (FERRER et al., 2020; MATESE; DI GENNARO, 2021; OLDONI et al., 2020; SILVA COSTA et al., 2023).

Assim, os objetivos deste estudo foram definir o delineamento de UGDs através do NDVI obtido por imagens de satélite, buscando compreender como variabilidade espacial do vinhedo se comporta e quais parâmetros de solo e de planta que mais impactam na produtividade e na qualidade da uva nas UGDs para indicar melhor manejo do vinhedo.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em duas safras (2021/22 e 2022/23) *on farm* nos vinhedos da vinícola Casa Ângelo Fantin, localizado no município de Monte Belo do Sul (RS), em dois vinhedos

(Merlot e Chardonnay). O município situa-se na região fisiográfica da Encosta Superior do Planalto (Serra Gaúcha), região reconhecida pela produção de vinhos do Brasil. A caracterização climática é classificada como Cfb, que corresponde a um clima temperado úmido com verões amenos. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.770 mm com distribuição mensal ??? média superior a 100 mm (Tonietto et al., 2008).

Os vinhedos utilizados (Merlot e Chardonnay) são cultivadas no sistema de condução espaldeira com 14 e 10 anos, respectivamente (Figura 1). As videiras foram manejadas com poda manual de cordão esporonado (Merlot) e poda Guyot duplo (Chardonnay). O vinhedo Merlot possui uma área total de 0,44 ha, com orientação NE – SW e 450 m de altitude, com espaçamento entre linhas e plantas é de 2,50 x 1,20, totalizando 1.466 plantas. O vinhedo Chardonnay possui uma área de 0,40 ha, com espaçamento de 2,0 x 1,20 entre linhas e plantas, totalizando 1.665 videiras. O vinhedo Chardonnay está localizado a 490 m de altitude e possui orientação NE – SW. Ambos vinhedos foram enxertadas sobre o porta-enxerto Paulsen 1103. As práticas culturais foram conduzidas na totalidade pelo produtor, seguindo o manejo recomendado para a cultura, sendo as podas realizadas em agosto em ambas as safras 2021/2022 e 2022/2023. Não foi realizada nenhuma adubação durante o período do experimento nos vinhedos.



Figura 1 - Localização dos vinhedos de Merlot e Chardonnay utilizados no experimento.

4.2.2 Delineamento das UGDs por sensoriamento remoto

As UGDs foram delimitadas baseadas no NDVI de cada vinhedo, onde utilizou-se sete (7) mapas de NDVI entre os anos de 2020 e 2021. Os valores de NDVI foram obtidos de diferentes

períodos do ciclo do vinhedo, ou seja, distintos estádios de desenvolvimento da videira. Para isso, selecionou-se as seguintes datas: 20/06/2020 e 31/08/2021 (Dormência da videira), 21/09/2020 (Brotação da videira), 22/11/2020; 25/10/2021 e 01/11/2021 (Floração da videira), 15/12/2020 (Maturação da videira). Destaca-se que não foram excluídos os valores de NDVI das entrelinhas dos vinhedos. Essa decisão foi tomada por entender que a cobertura vegetal do solo (*Avena sativa L., Lolium multiflorum, Vicia craca, Trifolium repense* e vegetação espontânea), também expressa e contribui com a variabilidade do vinhedo. Por conta disso, foram selecionados dois mapas no período de dormência, a fim de contrapor os períodos vegetativos do vinhedo.

Os valores de NDVI foram obtidos com o auxí lio da plataforma Auravant®, que utiliza imagens de satélites com resolução espacial de 3 m x 3 m, totalizando 9m², sendo as imagens obtidas pelos satélites da Constelação Planet®. Considerando a variabilidade espacial existente, definiram-se diferentes UGDs para cada vinhedo, sendo classificadas em baixo, médio e alto vigor, de acordo com o valor médio de NDVI (Tabela 1), como proposto por trabalhos desenvolvidos por Molin (2002) e Santi et al. (2012).

Tabela 1 - Valores médios de NDVI utilizados para definir as unidades de gestão diferenciadas (UGDs) nos vinhedos estudados.

UGDs	Merlot	Chardonnay
Alto Vigor (AV)	0,73 a 0,81	0,70 a 0,79
Médio Vigor (MV)	0,65 a 0,72	0,61 a 0,69
Baixo Vigor (BV)	0,55 a 0,64	0,51 a 0,60

Verifica-se que a variabilidade de NDVI existente nos vinhedos ao longo dos períodos avaliados realizou-se a construção de UGDs por meio da médias dos valores de NDVI de cada píxel dos mapas através da plataforma Auravant®. Nas Figuras 2A e 2B, são apresentados os sete mapas de NDVI utilizados para a criação das UGDs e o último mapa são apresentadas as três UGDs nas quais os cinco pontos amostrais foram distribuídos em cada UGD para a coleta das análises de planta, solo e mosto da uva (Figuras 2 A e B).

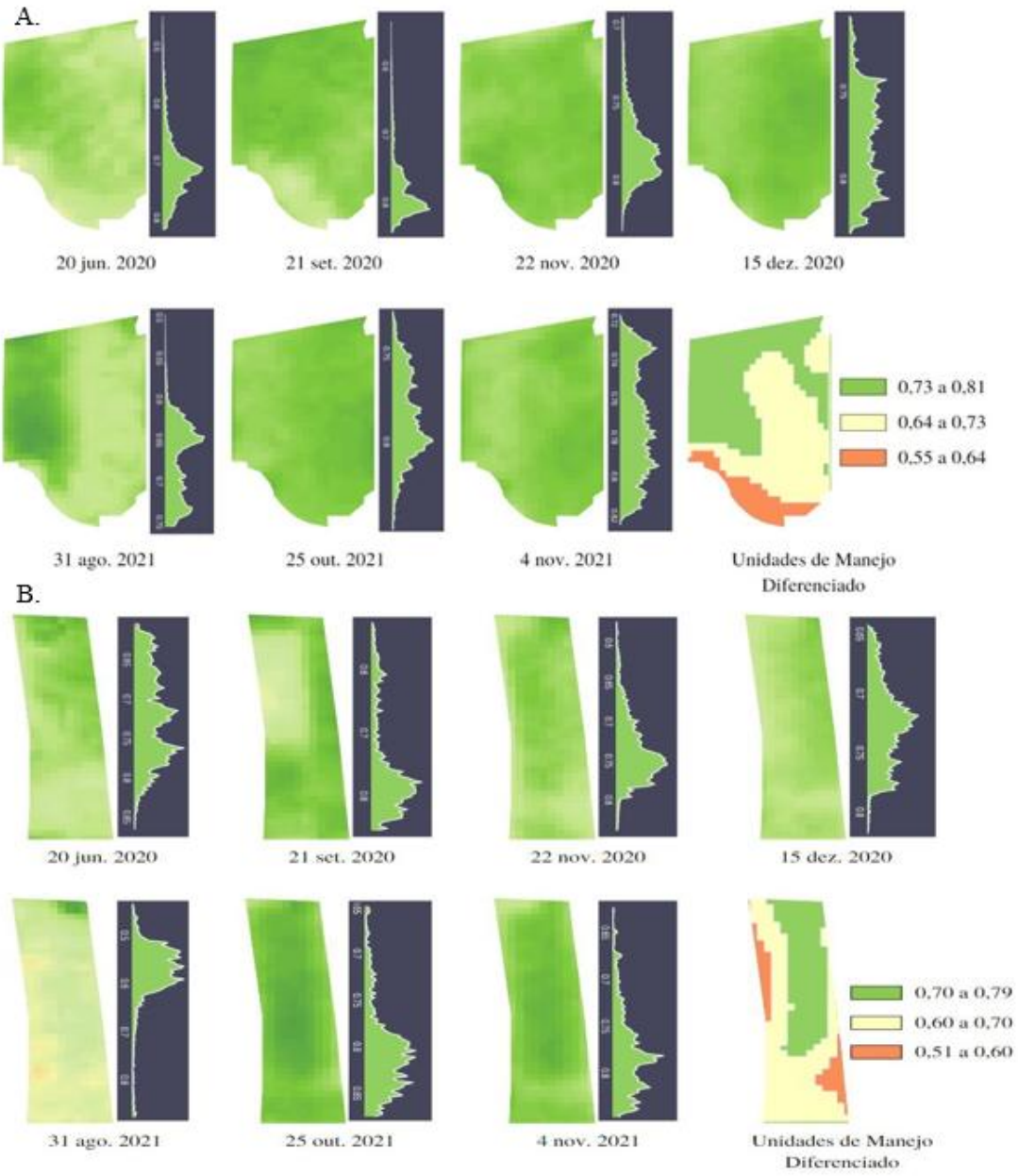


Figura 2 - Sete mapas de NDVI e seus respectivos histogramas ao longo do ciclo da videira e o mapa das UGDs segundo a classificação dos valores médios de NDVI da quadra Merlot (A) e Chardonnay (B).

4.2.3 Parâmetros dos atributos físico-químicos do solo, planta e mosto

Os parâmetros analisados foram: química do solo, produção da uva (kg ha^{-1}), número de cachos por planta, número de ramos por planta e qualidade do mosto da uva. Para a coleta das variáveis analisadas a campo, dentro dos limites georreferenciados de cada UGD foram marcados cinco pontos amostrais, totalizando 15 pontos por vinhedo e 30 pontos no total do estudo.

Cada ponto amostral foi composto por uma planta principal e mais cinco plantas que foram selecionadas ao seu redor. A partir da planta principal, duas outras eram marcadas na mesma linha, intercalando uma planta a partir da central, e nas linhas laterais eram marcadas mais duas plantas paralelas a videira principal. Assim, cada vinhedo possuía um total de 75 plantas amostradas.

4.2.3.1 Análises de produtividade

A colheita foi definida pela vinícola, sendo o vinhedo Chardonnay colhido no dia 18/01/2022 na safra 2021/22 e 16/01/2023 na safra 2022/23. Para o vinhedo Merlot a colheita foi realizada em 14/02/2022 na safra 2021/22 e 13/02/2023 na safra 2022/23. Primeiramente, era realizada a contagem de cachos e ramos das 5 videiras que compunham o ponto amostral, e em seguida os cachos eram coletados e armazenados em caixas identificadas. Após essa etapa, realizou-se a pesagem das caixas identificadas, obtendo o rendimento por ponto amostral (kg ponto). Posteriormente, foi coletada uma amostra combinada de 200 bagas selecionando cachos aleatoriamente e removendo bagas da parte superior, média e inferior de cada cacho e pesada para obter o peso médio da baga, com base na relação entre a massa total de cada amostra e o seu número de bagos.como foi feita a extrapolação para produção por hectare?

4.2.3.2 Análise de qualidade do mosto da uva

Após o peso médio da baga a amostra com as 200 bagas de cada ponto amostral foram levadas ao laboratório, e todos os bagos escolhidos aleatoriamente eram homogeneizados e filtrados, para obtenção do mosto da uva. A partir do mosto da uva, seguindo a metodologia descrita em Rizzon (2010), foi avaliado os parâmetros de grau Brix°, Acidez Total e pH do mosto.

4.2.3.3 Análise química do solo

Para a caracterização química dos solos das UGDs, realizou-se a coleta de amostras de solo na camada 0 – 0,20 m em ambos os vinhedos. Foram coletadas uma amostra por UGD, composta por 10 subamostras, coletadas na linha e na entrelinha com um trato tipo rosca, dentro dos limites de cada UGD, as quais foram analisadas pelo Agrolab Ltda. Os valores para atributos químicos do solo avaliados foram a média, amplitude (A), variância (S^2), o desvio padrão (DP) e coeficiente de variância (CV%) entre as UGDs.

4.2.4 Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos durante as duas safras foram obtidos por meio de uma estação meteorológica da Embrapa Uva e Vinho, instalada no Vale dos Vinhedos, à 15 km da área do estudo. Na Figura 3 são apresentados os dados de temperatura (mínima, média e máxima) e de precipitação, acumulado durante as safras avaliadas.

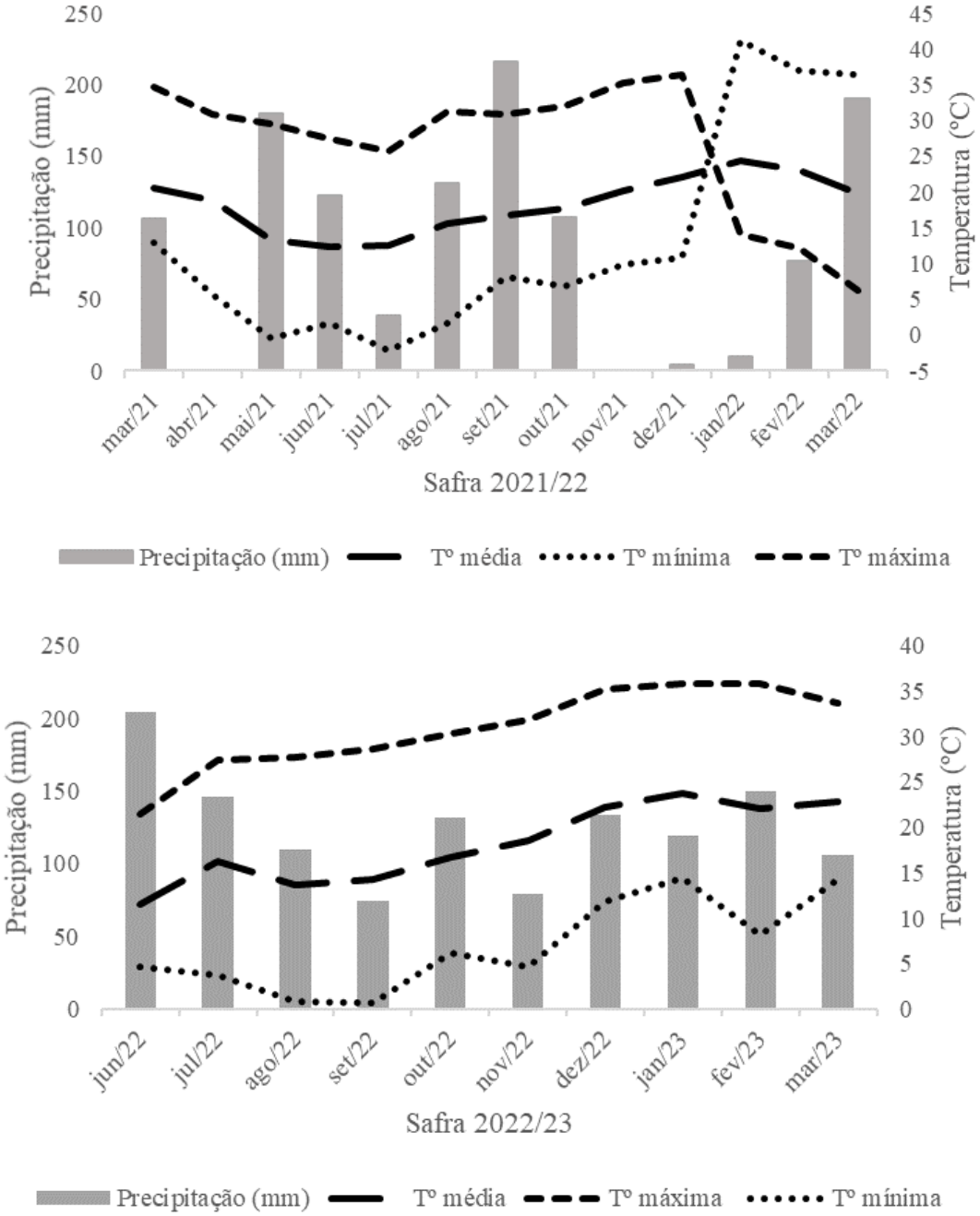


Figura 3 - Temperatura do ar (°C) e precipitação pluviométrica (mm) durante o ciclo da cultura no município de Bento Gonçalves – RS.

Segundo Mandelli (2003) a cultivar Chardonnay é considerada uma variedade de brotação precoce, iniciando a brotação até o dia 10 de setembro na Serra Gaúcha. Por outro lado, a variedade Merlot é classificada como uma variedade de brotação média, iniciando a brotação entre 11 e 20 de setembro. Ambas as cultivares apresentaram um ciclo com média de 152 dias, desde o início da brotação até o final da maturação.

As duas safras analisadas foram impactadas pelos fenômenos La Niña e El Niño, resultando em déficit hídrico a partir do momento da brotação até o final da maturação na safra 2021/22 e excesso hídrico no mesmo período na safra 2022/22. Em meio a esses extremos climáticos, a produção e qualidade da uva foram afetadas, pois as condições edafoclimáticas exercem uma influência direta na taxa de brotação, pegamento de frutos, qualidade da uva e sanidade do vinhedo (VAN LEEUWEN; DARRIET, 2016).

4.2.5 Análise estatística

A normalidade dos dados foi testada através do teste de Shapiro Wilk. Posteriormente, realizou-se a comparação de médias através de teste de Tukey. Os dados que não apresentaram normalidade foram analisados através do Teste de Kruskal Wallis. Dados da análise química de solo foram submetidos a análise estatística descritiva, através do software Excel. A análise exploratória multivariada de Clustering, através da média padronizada da distância euclidiana. O corte para agrupamento dos dados foi determinado através do teste de Mojena (1997). Finalmente, a análise de componentes principais para reconhecimento das variâncias e correlações entre tratamentos e variáveis. As análises foram realizadas com o software R Studio® e com os pacotes Factoextra e Multivariete Analisys.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscou-se caracterizar os UGDs quanto aos seus atributos químicos de solo, visando compreender qual o estado da fertilidade dos solos e sua possível influência na expressão da biomassa vegetativa capturada pelo NDVI para a definição das UGDS, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de estatística descritiva para os atributos químicos de solo do vinhedo Merlot e Chardonnay por UGD.

	Merlot								Chardonnay							
Atributo	AV[1]	MV[2]	BV[3]	Média	A	S[2]	DP	CV	AV[1]	MV[2]	BV[3]	Média	A	S[2]	DP	CV
Argila (%)	31,00	31,00	26,00	29,33	5,00	8,33	2,89	0,10	35,00	34,00	32,00	33,67	3,00	2,33	1,53	0,05
M.O (%)	2,40	2,10	2,20	2,23	0,30	0,02	0,15	0,07	2,40	2,40	2,80	2,53	0,40	0,05	0,23	0,09
CTC pH 7,0 (cml/gm³)	19,30	17,00	17,70	18,00	2,30	1,39	1,18	0,07	18,60	17,20	19,40	18,40	2,20	1,24	1,11	0,06
pH (H20)	5,80	5,40	5,70	5,63	0,40	0,04	0,21	0,04	5,70	5,30	5,60	5,53	0,40	0,04	0,21	0,04
SMP	6,00	5,90	5,90	5,93	0,10	0,00	0,06	0,01	5,90	5,60	5,90	5,80	0,30	0,03	0,17	0,03
H + Al (cml/gm³)	4,40	4,90	4,90	4,73	0,50	0,08	0,29	0,06	4,90	6,90	4,90	5,57	2,00	1,33	1,15	0,21
% SAT Bases	77,40	71,20	72,30	73,63	6,20	10,94	3,31	0,04	73,70	59,80	74,80	69,43	15,00	69,90	8,36	0,12
% SAT Al	0,00	0,80	0,00	0,27	0,80	0,21	0,46	1,73	0,00	7,20	0,00	2,40	7,20	17,28	4,16	1,73
P (mg/dm³)	26,50	25,70	38,60	30,27	12,90	52,24	7,23	0,24	28,00	17,30	32,40	25,90	15,10	60,31	7,77	0,30
K (mg/dm³)	241,00	189,00	260,00	230,00	71,00	1351,00	36,76	0,16	194,00	184,00	245,00	207,67	61,00	1070,33	32,72	0,16
Al (cml/gm³)	0,00	0,10	0,00	0,03	0,10	0,00	0,06	1,73	0,00	0,80	0,00	0,27	0,80	0,21	0,46	1,73
Ca (cml/gm³)	11,30	9,20	10,10	10,20	2,10	1,11	1,05	0,10	10,20	7,40	10,80	9,47	3,40	3,29	1,81	0,19
Mg (cml/gm³)	3,00	2,40	2,00	2,47	1,00	0,25	0,50	0,20	3,00	2,40	3,10	2,83	0,70	0,14	0,38	0,13
S (mg/dm³)	8,30	9,80	5,80	7,97	4,00	4,08	2,02	0,25	3,90	6,50	8,20	6,20	4,30	4,69	2,17	0,35
Zn (mg/dm³)	39,60	26,50	48,60	38,23	22,10	123,50	11,11	0,29	23,60	14,40	26,80	21,60	12,40	41,44	6,44	0,30
Cu (mg/dm³)	104,70	195,60	343,20	214,50	238,50	14488,47	120,37	0,56	131,40	84,60	159,00	125,00	74,40	1414,56	37,61	0,30
B (mg/dm³)	0,33	0,28	0,23	0,28	0,10	0,00	0,05	0,18	0,40	0,27	0,37	0,35	0,13	0,00	0,07	0,20
Mn (mg/dm³)	5,00	11,00	8,00	8,00	6,00	9,00	3,00	0,38	6,00	7,00	7,00	6,67	1,00	0,33	0,58	0,09
Ca/Mg	3,80	3,80	5,10	4,23	1,30	0,56	0,75	0,18	3,40	3,10	3,50	3,33	0,40	0,04	0,21	0,06
Ca/K	18,30	19,00	15,20	17,50	3,80	4,09	2,02	0,12	20,60	15,70	17,20	17,83	4,90	6,30	2,51	0,14
Mg/K	4,90	5,00	3,00	4,30	2,00	1,27	1,13	0,26	6,00	5,10	4,90	5,33	1,10	0,34	0,59	0,11

[1] AV – ambiente de alto vigor; [2] MV – ambiente de médio vigor; [3] BV – ambiente de baixo vigor. A – amplitude; S² - variância; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação.

A partir dos resultados da análise de solo, em ambas UGDs de MV, o pH em água está abaixo de 5,5, valor em que a aplicação de calcário é indicada. A correção da acidez do solo, visa diminuir os teores de $Al^{+3,}$ para o aumento dos valores de saturação por base e diminuição dos teores de saturação por Al^{+3}, resultando na melhoria do ambiente do solo, que favorece a absorção dos nutrientes e crescimento do sistema radicular (STEFANELLO et al., 2020).

Nos vinhedos estudados, o teor de argila, matéria orgânica (M.O) e capacidade de troca de cátions (CTC) de cada UGD apresentaram baixo CV%. As UGDs foram classificadas como da classe 3 com base no teor de argila (40 a 21%), indicando um solo franco argiloso arenoso com base no triangulo de classificação textural de solos, corroborando a informação de Tonietto et al. (2008), que a maior parte dos solos localizados acima de 400m em Monte Belo do Sul, são classificados como Argissolos. A MO é caracterizada como média para UGD de BV no vinhedo Chardonnay e baixa para as demais UGDs do mesmo vinhedo. A CTC em todas as UGDs para ambos os vinhedos se encontra na faixa alta (CQFS-RS/SC, 2016).

Os valores para fósforo (P) encontram-se nas faixas de alto para todas as UGDs, exceto para a UGD de BV do vinhedo Merlot, que apresenta valores muito alto deste nutriente (CQFS-

RS/SC, 2016). Segundo Stefanello et al. (2020), os valores ideais para maiores produtividades, os valores na camada 0-20 cm devem atingir 37 mg P dm^{-3} no solo, dessa forma, somente as UGDs de BV em ambos vinhedos estariam de acordo com o teor crítico de P.

Os valores de potássio (K), para o vinhedo Merlot, possuem valores na faixa de disponibilidade muito alta para UGD de AV e BV, e alto para a MV. Já no vinhedo Chardonnay, as UGDs de AV e MV, possuem valores altos e a UGD de BV possui valores muito altos de K (CQFS-RS/SC, 2016). O K é um nutriente determinante da qualidade da uva, é acumulado nas bagas durante o processo de maturação, estando envolvido na formação de primórdios florais, maturação das bagas, concentração de açucares, além de influenciar na síntese de diversos polifenóis, que são responsáveis por constituintes de cor e aroma das bagas (CONDE et al., 2007).

Nas análises obtidas, todas UGDs apresentam valores altos para esse micronutriente, sendo os maiores valores encontrados no vinhedo Merlot, especialmente na UGD de BV, com teor de 343 mg/dm^{-3}. A aplicação média de Cu no Brasil é de 30 kg^{-1} ano^{-1}, devido ao seu uso contínuo para controle fitossanitário de uma das doenças que mais atacam a cultura da videira é o míldio, causado pelo fungo *Plasmopara vitícola*.

Melo e Zalamena (2016) em estudo sobre a fertilidade de solos cultivados com videiras no RS, observaram que 47% das amostras da Serra Gaúcha estão com teores de Cu acima de 100 mg dm-3, sendo que 1,3% das amostras estão com teor acima de 200 mg dm-3. Melo et al. (2013) demonstram que a fitotoxicidade de cobre em aveia preta e plantas jovens de videira crescidas em solos com teor de cobre (extraído com Mehlich $^{-1}$) acima de 50 mg kg^{-1}.

A toxicidade do cobre na videira é expressa por uma diminuição e modificação do sistema radicular, uma diminuição na produção de matéria seca, uma modificação na absorção de nutrientes pelas plantas (principalmente P e K), cloroses foliares, diminuição na clorofila e alteração da microbiota do solo (CESCO et al., 2021)

Segundo CQFS-RS/SC (2016), os teores de Zinco (Zn), Manganês (Mn), Cálcio (Ca), Magnésio (mg) e Enxofre (S), são classificados como muito alto em todas as UGDs. O micronutriente B, essencial para a videira, pois uma concentração adequada de B promove a mobilidade do Ca, regula a floração e a frutificação e contribui para uma produção estável de frutos (BRUNETTO et al., 2015). As análises apresentaram valores muito baixos para todas as UGDs, uma vez que a faixa ideal para esse nutriente é 6 a 1,0mg/dm^{-3}.

A análise química e física do solo pode delimitar ambientes dentro de um mesmo vinhedo, permitindo a obtenção de produtos finais com atributos enológicos diferentes em relação a co-

lheitas específicas por UGDs (GATTI et al., 2022; SAMS et al., 2022a). Os resultados encontrados nas UGDs, indicam a carência de manejo de adubação, entretanto pode-se analisar o estado nutricional do solo, estando dentro dos parâmetros necessários para uma boa produtividade das videiras.

Os parâmetros de produtividade, da qualidade da uva, número de bagas, teor de açúcar (Brix), e acidez total são apresentados na tabela 3. Observa-se que o parâmetro Brixº para o vinhedo Merlot apresentou diferença estatística entre a UGD de alto vigor, que diferiu da UGD de baixo vigor, resultados corroboram com os encontrados por (KASIMATI et al, 2023; BRAMLEY et al. 2011). No entanto, os demais parâmetros avaliados para as duas variedades não apresentaram diferença significativa.

O manejo empregado pelo produtor pode ter contribuído com os resultados encontrados, pois os manejos de poda, desfolha na fase final da safra e o controle fitossanitário realizados ao longo das safras foram aplicados de forma uniforme em todas as UGDs e em ambos os vinhedos. As práticas de manejo empregadas alteraram o potencial de produção de cada UGD, pois houve a redução do efeito da variabilidade e do potencial de cada UGD, pois a uniformização do número de ramos na poda, diminuindo a diferença de cachos por planta e, consequentemente, a produção e qualidade final, uma vez que a variabilidade da vinha pode ser facilmente influenciada por decisões agronômicas (PONI et al., 2018).

Além disso, o momento da colheita foi determinado conforme a demanda da vinícola, visando a produção de vinho no primeiro ano e de espumante no segundo ano, o que afetou o teor de açúcar e acidez buscados para as duas finalidades, impactando nas médias finais entre os anos.

Tabela 3 – Análise de variância para características de rendimento e composição vegetativa e de uva dentro das UGDS considerando a média das duas safras.

Chardonnay							
	Unidade de Gestão Diferenciada			**Parâmetros**			
	Alto	**Médio**	**Baixo**	**μ**	**AT**	**EMP**	**p-valor**
Produtividade (kg/ha)	9.734,9	9.568,3	10.784,9	10.029,3	1.216,6	424,1	$0,5^{ns}$
Cachos (nº)	25,8	25,1	25,8	25,5	0,6	1,8	$1,0^{ns}$
Ramos (nº)	19,5	20	18,6	19,4	1,4	0,6	$0,6^{ns}$
Cachos (g)	212,6	196,9	187	198,8	25,6	11,9	$0,5^{ns}$
Brix (º)	19,8	19,6	19,3	19,6	0,5	0,5	$0,8^{ns}$
AT (meq L^{-1})	8,5	8,2	8,8	8,5	0,6	0,3	$0,7^{ns}$
pH	3,4	3,4	3,4	3,4	0,0	0,0	$0,9^{ns}$

Merlot

	Unidade de Gestão Diferenciada			Parâmetros			
	Alto	**Médio**	**Baixo**	**μ**	**AT**	**EMP**	**p-valor**
Produtividade (kg/ha)	12.880,7	11.024,6	12.574,8	12.160,0	1.856,1	448,8	$0,2^{ns}$
Cachos (nº)	27,1	25,9	25,1	26,0	2,0	0,8	$0,6^{ns}$
Ramos (nº)	17,6	16,5	16,9	17,0	1,1	0,3	$0,2^{ns}$
Cachos (g)	250,8	263,1	248,8	254,2	14,4	17,1	$0,9^{ns}$
Brix (º)	22,5	22,1	21,3	21,9	1,2	0,2	0,03*
AT (meq L^{-1})	8,6	8,4	9,3	8,8	0,8	0,2	$0,2^{ns}$
pH	3,2	3,5	3,5	3,4	0,3	0,1	$0,3^{ns}$

*p-valor <0,05. μ – Média; AT – amplitude total; EMP – erro médio padrão.

Segundo Pereyra et al. (2022), a gestão intra-específica de vinhedos com base em zonas estabelecidas por NDVI mostrou-se capaz de potencializar áreas de alto vigor e melhorar áreas de baixo vigor, através de manejos como taxa de insumos variada, regulação da disponibilidade de água, desfolha e poda. No presente estudo, apesar da diferença de valores de NDVI encontrado nos vinhedos, não foam encontradas diferenças significativas entre as UGDs.,Uma explicação para isso, seria de que o manejo uniforme favoreceu as áreas de baixo vigor, maximizando a uma maior produção e diminuído o potencial das áreas de alto vigor, uma vez que as áreas de baixo vigor apresentaram um desempenho mais equiparado em relação às áreas de alto vigor, mostrando uma similaridade entre os dois extremos, já que as áreas de vigor moderado apresentaram valores sempre inferiores aos das outras duas UGDs.

Entretanto, resultados divergentes foram encontrados por Gatti et al. (2022), em um vinhedo com a cultivar Barbera, foi encontrada variabilidade espacial intra-vinhedo bastante constante, entre parâmetros de produtividade e qualidade durante duas safras, mesmo que insumos e práticas culturais foram aplicados de forma uniforme, assim como o mesmo material vegetal. Os valores de produção encontrados nas UGDs de alto e de moderado vigor serem menores do que a de baixo vigor pode ser atribuídos ao excesso de vigor nas plantas, uma vez que, nos ambientes de médio e alto vigor, os valores de NDVI são mais elevados, sugerindo que uma biomassa vegetal maior e teores de nitrogênio nas folhas mais elevados. Esses fatores, promovem um crescimento vegetativo exacerbado, o que pode resultar na redução da fecundação das flores, aumento do sombreamento, aumento da incidência de doenças fúngicas e na diminuição do peso e tamanho dos cachos. Consequentemente, esses efeitos culminam na diminuição da produção de uva (BRUNETTO et al., 2008; METAY et al., 2014).

A variabilidade meteorológica é um dos fatores de produção que mais influenciam na produtividade e da qualidade. Durante o desenvolvimento do estudo, a distribuição da precipitação

entre as safras impactou significativamente nas condições de crescimento das videiras e, consequentemente, na produção e qualidade das uvas. Na safra 2021/22, durante o período de maturação, a precipitação acumulada foi de apenas 91 mm, o que limitou o adequado suprimento de água disponível para as plantas, reduzindo o desenvolvimento dos frutos e a acumulação de açúcares. Em contrapartida, na safra seguinte, o excesso hídrico durante o período de maturação, com 403 mm de precipitação, reduziu a concentração de açúcares (Brixº) e outros compostos (fenólicos e aromáticos) de interesse para a qualidade do vinho (PONI et al 2018).

Essas variações na disponibilidade de água ao longo do ciclo vegetativo podem ter nivelado as diferenças entre os vinhedos de diferentes vigores e, portanto, contribuído para a falta de diferenças nas médias entre os anos e ambientes, como observado por Ferrer et al. (2020) e Payera et al. (2023), onde as condições ambientais impactaram no desempenho das plantas com diferentes vigores, impactando na produtividade e parâmetros de qualidade da uva.

Esses extremos climáticos observados nas duas safras destacam a importância da distribuição adequada da precipitação ao longo do ciclo de crescimento da videira. Durante o período de floração, o excesso de chuvas afeta negativamente a taxa de pegamento dos frutos e aumenta a incidência de doenças, prejudicando o desenvolvimento inicial das uvas. Por outro lado, durante o período de maturação, a precipitação excessiva pode dificultar a síntese de açúcares, resultando em uma redução na quantidade de brix° e afetando diretamente a qualidade final das uvas (PONI et al., 2018). No entanto, é importante notar que um certo grau de déficit hídrico durante a maturação pode ser benéfico para a síntese de compostos fenólicos e assimilados, embora um déficit excessivo possa levar a uma diminuição da produção e estresse nas plantas (CHAVES et al., 2007).

Na safra 2022/23, além dos desafios relacionados à precipitação, as temperaturas mínimas mais altas durante o período de dormência também tiveram um impacto significativo. Essas temperaturas mais altas podem ter causado brotações irregulares e precipitadas, aumentando a exposição das videiras a doenças e eventos climáticos adversos, como geadas e granizos. Isso sugere que além da quantidade de chuvas, as variações na temperatura também desempenham um papel crucial no ciclo de crescimento da videira e na determinação da qualidade final da uva (OLDONI et al., 2020; PEREYRA et al., 2023;).

Com base nos dados apresentados anteriormente, buscou-se realizar uma análise de agrupamento para ambas as safras para entender a relação entre os parâmetros de solo, planta e de qualidade do mosto. Com base no ponto de corte para agrupamento dos dados definido, foi possível encontrar três grupos distintos nos dendrogramas vinhedos Merlot e Chardonnay. A

análise de agrupamento das variáveis coletadas nas UGD, durante as safras, revelou a existência de três grupos distintos nos dendrogramas para os vinhedos Merlot e Chardonnay (Figura 4 A e B).

Os pontos coletados agruparam-se de maneira consistente com a distribuição dos pontos à campo dentro das UGDs (representados pelos números de 1 a 24), indicando que os agrupamentos com base nos valores médios de NDVI refletem as semelhanças e diferenças encontradas nas análises de parâmetros de solo, produtividade e qualidade do vinhedo realizadas no campo e que apesar das médias não apresentarem diferença significativa, os mapas de NDVI conseguiram definir a variabilidade espacial do vinhedo.

Para o vinhedo Merlot (Figura 4 A), a UGD de alto vigor, independente das safras, agruparam-se no mesmo ambiente delimitado pelo NDVI. Da mesma forma, os demais agrupamentos seguiram o mesmo padrão, sendo as UGDs de baixo e de médio vigor. O mesmo repetiu-se para o vinhedo Chardonnay, agrupando-se dentro da UGD correspondente a delimitada pelo NDVI (Figura 4 B).

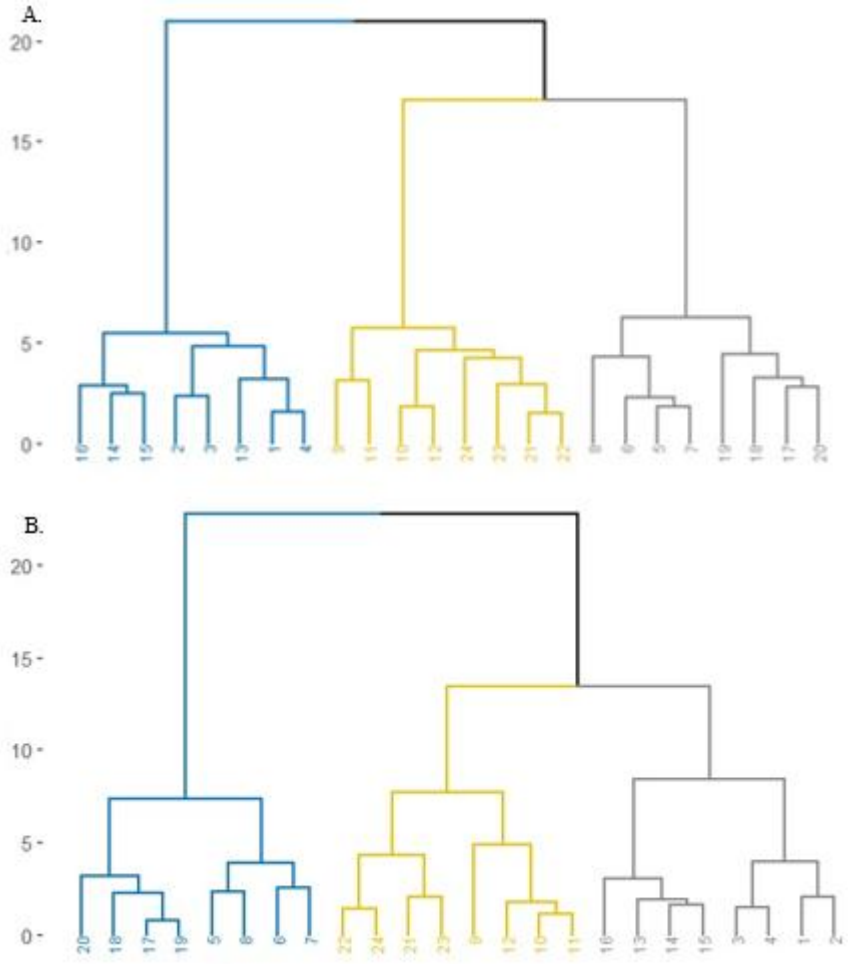


Figura 4 - Análise de agrupamentos da produtividade, qualidade e química do solo da videira nas unidades de gestão diferenciada (UGD), para as safras estudadas para a cultivar Merlot (A)

e Chardonnay (B), cultivada em Monte Belo do Sul – RS. Agrupamento azul (UGD de médio vigor); Amarelo (baixo vigor) e Cinza (alto vigor).

De acordo com a análise de agrupamento, houve a formação de apenas dois grupos, ou seja, duas UGD de acordo com a variabilidade encontrada para ambos vinhedos estudados e em ambas as safras. Nos vinhedos Merlot e Chardonnay, as UGDs de baixo e alto vigor são mais relacionadas entre si, do que com a UGD de médio vigor, corroborando os dados obtidos tanto nas análises de solo quanto de parâmetros de produtividade e qualidade da uva.

Essa consistência e semelhança entre as UGDs sugerem que o uso de duas UGDs pode ser mais eficaz do que a divisão em três UGDs, como apresentado por Martinez-Cazanova et al. (2012).

Muitos estudos adotam a diferenciação em três zonas, especialmente em vinhedos de maior extensão, para áreas menores e dependendo dos objetivos do produtor, a divisão em duas UGDs pode simplificar o gerenciamento do vinhedo e a aplicação de práticas de manejo diferenciadas. Este conceito é corroborado por Kasimati et al. (2023), que observaram uma alta consistência e similaridade entre as UGDs criadas para classes de NDVI baixo e alto ao longo de dois anos, tanto com sensores remotos quanto com sensores proximais, indicando padrões de variação muito semelhantes. Portanto, independentemente da plataforma de detecção utilizada, a identificação de áreas de alto e baixo vigor pode ser realizada com sucesso para fins de manejo. Essa abordagem simplificada pode ser especialmente valiosa para produtores que buscam otimizar os recursos e maximizar a eficiência na gestão de seus vinhedos.

A análise de componentes principais (PCA) possibilitou relacionar as UGDs com os principais fatores de variação. Esta análise destacou a relação entre os diferentes valores de NDVI e as variações no desempenho da videira, sugerindo que mesmo pequenas diferenças nos valores de NDVI podem ter um impacto significativo no desenvolvimento das plantas. Nas figuras 5A e 5B, onde as UGDs são claramente agrupadas de acordo com padrões específicos de NDVI, indicando a consistência das diferenças de vigor ao longo do vinhedo.

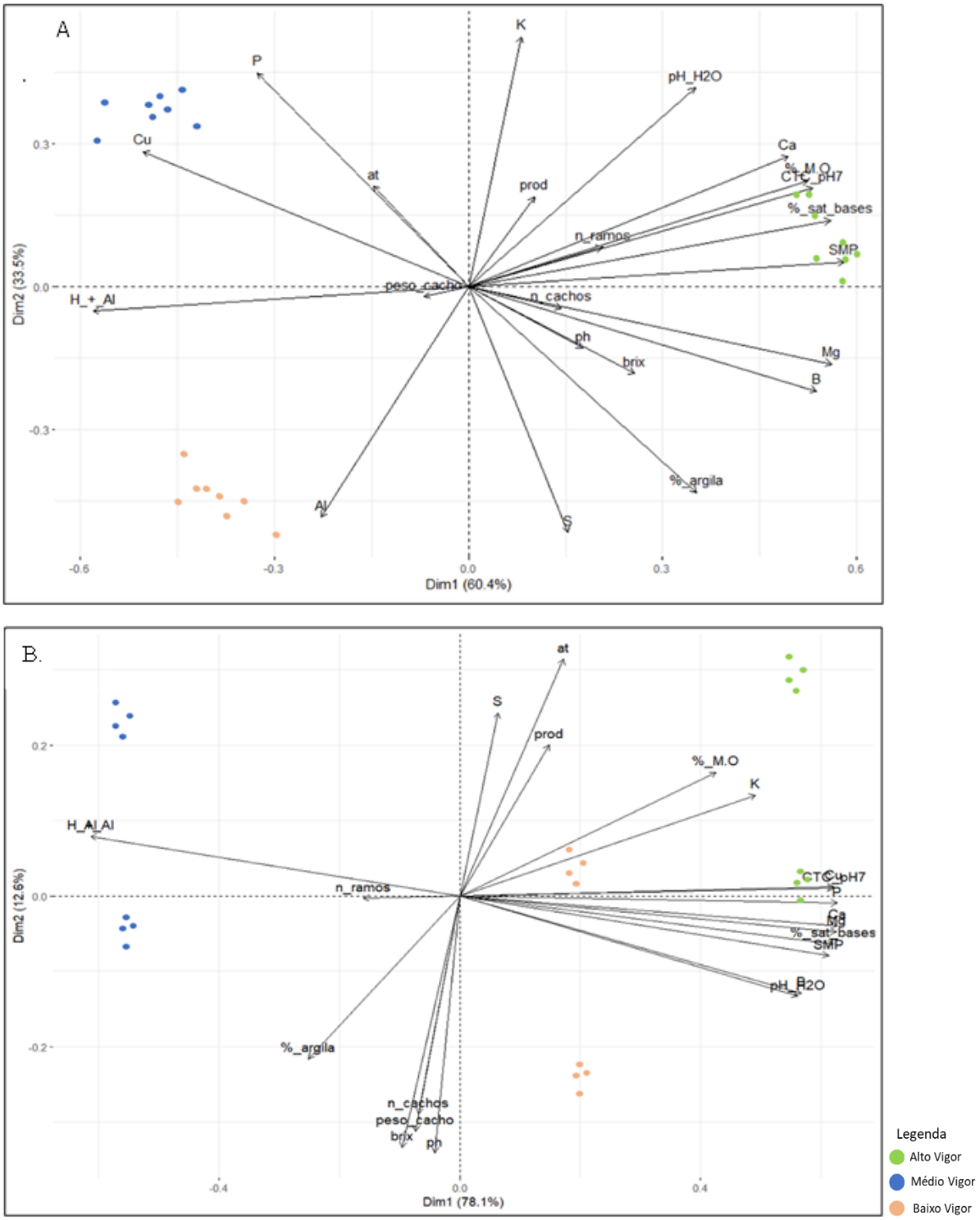


Figura 5 – Biplot de correlação de análise de componentes principais de observações ao longo de 2 anos. A. Merlot; B. Chardonnay. As observações plotadas foram previamente agrupadas pelos valores do NDVI. Abreviações: número de cachos (n_cachos), peso do cacho (peso_cacho), Grau Brixº (brix), pH do moso (ph), teor de argila do solo (%_argila), número de ramos (n_ramos), enxofre (S), Acidez Total do mosto da uva (at), produção (prod), matéria orgânica do solo (%_M.O), potássio (K), capacidade de troca de cátions (CTC_pH7), Cobre

(Cu), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Boro (B), pH em água (p_H20), saturação por bases (%_sat_bases), Acidez Potencial (H_Al), Alumínio (Al).

A PCA revelou que para o vinhedo Merlot, as variáveis de solo possuem influência na variância dos dados, representando a maior parte dessa variância em relação às variáveis de produção e qualidade. Especificamente, as dimensões 1 e 2 do PCA, juntas, representam 93,9% da variância do conjunto de dados, com as variáveis de solo contribuindo com 60,39% e 33,53%, respectivamente (Figura 5a). No vinhedo Chardonnay, a tendência similar com o vinhedo Merlot, com as variáveis químicas do solo sendo as mais influentes para o agrupamento dos dados. As dimensões 1 e 2 do PCA representam 90,7% da variância total, com as variáveis de solo contribuindo com 78% e 12,64%, respectivamente (Figura 5b). Esses resultados destacam a importância do solo na determinação da variabilidade dos vinhedos estudados.

As UGDs de alto e baixo vigor estão correlacionadas com parâmetros semelhantes de solo, como Ca, Mg, MO, K, P, Cu e CTC, enquanto a UGD de médio vigor apresenta correlação inversa com esses parâmetros. Gatti et al. (2022), relacionam os principais fatores que contribuem para o alto vigor das videiras incluem a profundidade do solo, a concentração de P e K, a disponibilidade total de água, a fração argila e a concentração de N nas folhas. Os parâmetros de qualidade da uva, como brix° e pH, apresentam uma relação inversa com os de produção, mas não influenciam diretamente as zonas definidas, como demonstrado por Gatti et al. (2017). Além disso, o teor de AT apresenta uma relação inversa com o brix°, conforme esperado, e está relacionado às UGDs de maior NDVI (Sams et al. 2022b). No entanto, ao contrário do que foi observado em estudos semelhantes, o aumento no rendimento não foi atribuído ao maior peso individual dos frutos, mas sim a maiores concentrações de K, P e matéria orgânica no solo (GATTI et al., 2022). Esses resultados destacam a complexidade das interações entre as variáveis do solo, produção e qualidade da uva, e fornecem insights importantes para o manejo e a tomada de decisões no vinhedo (Bonilla; Toda; Martínez-Casasnovas, 2015; Pereyra *et al.*, 2022).

Ao trabalhar em uma área menor que um hectare, assume-se que a variabilidade observada pode ser atribuída principalmente à variação na fertilidade do solo, que depende de diversos fatores como disponibilidade de água, minerais, profundidade do solo, textura e teor de matéria orgânica (GATTI et al., 2017; PAYERA et al., 2022). Embora a baixa resolução da imagem de detecção remota utilizada no estudo contenha outras informações além da copa das videiras, como o solo entre fileiras e as sombras projetadas pelas copas no solo, os dados mostram que

os pixels mistos podem ser uma resolução adequada para descrever a variabilidade do vinhedo (Sams *et al.*, 2022; Sozzi *et al.*, 2020; Squeri *et al.*, 2021).

Por fim, estudo fortalece a relação entre as propriedades do solo e a variabilidade espacial intra-vinhedo com base nos resultados obtidos que vão ao encontro dos apresentados por Gatti et al. (2022) e Pereyra et. al (2023). Entretanto, apesar de não encontradas diferenças significativas para produtividade e parâmetros de qualidade, os dados encontrados podem ser empregados para adequação de manejos, como adubação, poda, desfolha para manejar a variabilidade do vinhedo, pois as UGDs mostraram-se estáveis ao longo do tempo.

4.4 CONCLUSÃO

Apesar do NDVI ter delimitado áreas distintas dentro do mesmo vinhedo, não foram encontradas diferenças significativas entres as UGDs, para parâmetros de produtividade e qualidade da uva.

As práticas de manejo do produtor provocaram a uniformização entre as UGDs impactando diretamente na produtividade e de qualidade dos vinhedos.

As análises de agrupamento e de PCA gera indicativos de que as UGDs podem ser agrupadas em duas UGDs para um manejo adequado, pode potencializar a diferença da produção e qualidade dos vinhedos.

Mais estudos devem ser feitos para investigar a influência que cada elemento exerce no delineamento das UGDs.

4.5 REFERÊNCIAS

BONILLA, I., TODA, F.M. DE, MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A. Vine vigor, yield and grape quality assessment by airborne remote sensing over three years: Analysis of unexpected relationships in cv. Tempranillo. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 13, e0903–e0903, 2015. https://doi.org/10.5424/sjar/2015132-7809

BRAMLEY, R. G. V., OUZMAN, J., TROUGHT, M. C. T., NEAL, S. M., BENNETT, J. S. Spatio-temporal variability in vine vigour and yield in a Marlborough Sauvignon Blanc vineyard. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 25, 430–438, 2019. https://doi.org/10.1111/ajgw.12408

BRAMLEY, R.G.V., OUZMAN, J., BOSS, P.K. Variation in vine vigour, grape yield and vineyard soils and topography as indicators of variation in the chemical composition of grapes,

wine and wine sensory attributes: Vineyard variation in wines, grapes and soils. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 17, p. 217–229, 2011. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00136.x

BRAMLEY, R.G.V., OUZMAN, J., STURMAN, A.P., GREALISH, G.J., RATCLIFF, C.E.M., TROUGHT, M.C.T. Underpinning Terroir with Data: Integrating Vineyard Performance Metrics with Soil and Climate Data to Better Understand Within-Region Variation in Marlborough, New Zealand. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 8811402, 2023. https://doi.org/10.1155/2023/8811402

BRUNETTO, G., BONGIORNO, C.L., MATTIAS, J.L., DEON, M., MELO, G.W. DE, KAMINSKI, J., CERETTA, C.A., Produção, composição da uva e teores de nitrogênio na folha e no pecíolo em videiras submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2622–2625, 2023. https://doi.org/10.1590/S0103-84782008005000026

BRUNETTO, G., MELO, G.W.B.D., TOSELLI, M., QUARTIERI, M., TAGLIAVINI, M. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, 1089–1104, 2015. https://doi.org/10.1590/0100-2945-103/15

CESCO, S., PII, Y., BORRUSO, L., ORZES, G., LUGLI, P., MAZZETTO, F., GENOVA, G., SIGNORINI, M., BRUNETTO, G., TERZANO, R., VIGANI, G., MIMMO, T. A Smart and Sustainable Future for Viticulture Is Rooted in Soil: How to Face Cu Toxicity. **Applied Sciences**, v. 11, 907, 2021. https://doi.org/10.3390/app11030907

CHAVES, M. M., SANTOS, T. P., SOUZA, C. R., ORTUÑO, M. F., RODRIGUES, M. L., LOPES, C. M., MAROCO, J. P., PEREIRA, J. S. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. **Annals of Applied Biology**, v. 150, p. 237–252, 2007. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2006.00123.x

CHENG, G., HE, Y.-N., YUE, T.-X., WANG, J., ZHANG, Z.-W. Effects of Climatic Conditions and Soil Properties on Cabernet Sauvignon Berry Growth and Anthocyanin Profiles. **Molecules**, v. 19, p. 13683–13703, 2014. https://doi.org/10.3390/molecules190913683

CONDE, C., SILVA, P., FONTES, N., DIAS, A.C.P., TAVARES, R.M., SOUSA, M.J., AGASSE, A., DELROT, S., GERÓS, H. Biochemical Changes throughout Grape Berry Development and Fruit and Wine Quality, Food, v.1, p 1-22, 2007.

DEVAUX, N., CRESTEY, T., LEROUX, C., TISSEYRE, B. Potential of Sentinel-2 satellite images to monitor vine fields grown at a territorial scale. **OENO One,** v. 1 p. 53-58, 2019. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.1.2293

DI GENNARO, S.F., DAINELLI, R., PALLIOTTI, A., TOSCANO, P., MATESE, A. Sentinel-2 Validation for Spatial Variability Assessment in Overhead Trellis System Viticulture Versus UAV and Agronomic Data. **Remote Sensing**, v. 11, 2573, 2019. https://doi.org/10.3390/rs11212573

ECHEVERRÍA, G., FERRER, M., MIRÁS-AVALOS, J. Effects of soil type on vineyard performance and berry composition in the Río de la Plata Coast (Uruguay). **OENO One**, v. 51, p. 251-261, 2017. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1829

FERRER, M., ECHEVERRÍA, G., PEREYRA, G., GONZALEZ-NEVES, G., PAN, D., MIRÁS-AVALOS, J.M. Mapping vineyard vigor using airborne remote sensing: relations with yield, berry composition and sanitary status under humid climate conditions. **Precision Agriculture**, v.21, p. 178–197, 2020. https://doi.org/10.1007/s11119-019-09663-9

FERRO, M.V., CATANIA, P. Technologies and Innovative Methods for Precision Viticulture: A Comprehensive Review. **Horticulturae**, v. 9, 399, 2023. https://doi.org/10.3390/horticulturae9030399

FERRO, M.V., CATANIA, P., MICCICHÈ, D., PISCIOTTA, A., VALLONE, M., ORLANDO, S. Assessment of vineyard vigour and yield spatio-temporal variability based on UAV high resolution multispectral images. **Biosystems Engineering**, v. 231, p. 36–56, 2023. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.06.001

GATTI, M., GARAVANI, A., SQUERI, C., DITI, I., DE MONTE, A., SCOTTI, C., PONI, S. Effects of intra-vineyard variability and soil heterogeneity on vine performance, dry matter and nutrient partitioning. **Precision Agriculture**, v.23, p. 150–177, 2022. https://doi.org/10.1007/s11119-021-09831-w

GATTI, M., GARAVANI, A., VERCESI, A., PONI, S. Ground-truthing of remotely sensed within-field variability in a cv. Barbera plot for improving vineyard management. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 23, p. 399–408, 2017. https://doi.org/10.1111/ajgw.12286

GIOVOS, R., TASSOPOULOS, D., KALIVAS, D., LOUGKOS, N., PRIOVOLOU, A. Remote Sensing Vegetation Indices in Viticulture: A Critical Review. **Agriculture**, v. 11, 457, 2021. https://doi.org/10.3390/agriculture11050457

JASSE, A., BERRY, A., ALEIXANDRE-TUDO, J.L., POBLETE-ECHEVERRÍA, C. Intra-block spatial and temporal variability of plant water status and its effect on grape and wine parameters. **Agricultural Water Management**, v. 246, 106696, 2021. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106696

KASIMATI, A., PSIROUKIS, V., DARRA, N., KALOGRIAS, A., KALIVAS, D., TAYLOR, J.A., FOUNTAS, S. Investigation of the similarities between NDVI maps from different proximal and remote sensing platforms in explaining vineyard variability. **Precision Agriculture**, v. 24, p. 1220–1240, 2023. https://doi.org/10.1007/s11119-022-09984-2

MANDELLI, F., BERLATO, M.A., TONIETTO, J., BERGAMASCHI, H. Fenologia da videira na Serra Gaúcha. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, p. 129–144, 2003.

MARTINEZ-CASASNOVAS, J.A., AGELET-FERNANDEZ, J., ARNO, J., RAMOS, M.C. Analysis of vineyard differential management zones and relation to vine development, grape maturity and quality. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 326-337, 2012. https://doi.org/10.5424/sjar/2012102-370-11

MATESE, A., DI GENNARO, S.F., Beyond the traditional NDVI index as a key factor to mainstream the use of UAV in precision viticulture. **Nature**, v. 11, 2721, 2021. https://doi.org/10.1038/s41598-021-81652-

MELO, G. W.; MEZACASA, J.; RODIGHERO, K.; OLIVEIRA, P. D. de; ALBARELLO, J. B.; DAL MAGRO, R. A calagem pode mitigar os efeitos da fitotoxicidade do cobre em aveia branca (*Avena sativa* L.)? In: **Congresso Brasileiro de Ciência do solo**, Santa Catrarina: 2013.

MELO, G.W., ZALAMENA, J. Retrato da Fertilidade de Solos Cultivados com Videira nas Regiões da Serra e Campanha Gaúcha. Bento Gonçalves-RS: Embrapa, Comunicado técnico 181, 2016.

METAY, A., MAGNIER, J., GUILPART, N., CHRISTOPHE, A. Nitrogen supply controls vegetative growth, biomass and nitrogen allocation for grapevine (cv. Shiraz) grown in pots. **Functional Plant Biology**, v. 42, p. 105–114, 2014. https://doi.org/10.1071/FP14062

MOJENA, R. Hierárquical grouping method and stopping rules: na evalution. **Computer Journal**, v. 20, p. 359-363, 1997.

MOLIN, J.P. Definição de Unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. Engenharia Agricola, Jaboticabal, v. 22 n. 1, p.83-92, 2002.

OLDONI, H., COSTA, B.R.S., BOGNOLA, I.A., SOUZA, C.R. DE, BASSOI, L.H., 2020. Homogeneous zones of vegetation index for characterizing variability and site-specific management in vineyards. **Scientia agricola**, v. 78, e20190243, 2020. https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0243

PALLIOTTI, A., TOMBESI, S., SILVESTRONI, O., LANARI, V., GATTI, M., PONI, S. Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 178, p. 43–54, 2014. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.039

PEREYRA, G., PELLEGRINO, A., FERRER, M., GAUDIN, R. How soil and climate variability within a vineyard can affect the heterogeneity of grapevine vigour and production. **OENO One**, v. 57, p. 297–313, 2023. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.3.7498

PEREYRA, G., PELLEGRINO, A., GAUDIN, R., FERRER, M. Evaluation of site-specific management to optimise *Vitis vinifera* L. (cv. Tannat) production in a vineyard with high heterogeneity. **OENO One**, v. 56, p. 397–412, 2022. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.3.5485

PONI, S., GATTI, M., PALLIOTTI, A., DAI, Z., DUCHÊNE, E., TRUONG, T.-T., FERRARA, G., MATARRESE, A.M.S., GALLOTTA, A., BELLINCONTRO, A., MENCARELLI, F., TOMBESI, S. Grapevine quality: A multiple choice issue. **Scientia Horticulturae,** v. 234, p. 445–462, 2018. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.035

RIZZON, L. A. Metodologia para análise de mosto e suco de uva. Brasília, DF. Embrapa **Informação Tecnológica**, p. 78. 2010. Avaliable on: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198428/1/Metodologia-Analise-Mosto- Suco-Uva-ed01-2010.pdf. Access in: 01 ago. 2023.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Available on: <https://www.r-project.org/>. Access in: April 2023.

SAMS, B., BRAMLEY, R. G. V., SANCHEZ, L., DOKOOZLIAN, N. K., FORD, C. M., PAGAY, V. Characterising spatio-temporal variation in fruit composition for improved winegrowing management in California Cabernet Sauvignon. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 28, p. 407–423, 2022a. https://doi.org/10.1111/ajgw.12542

SAMS, B., BRAMLEY, R.G.V., SANCHEZ, L., DOKOOZLIAN, N., FORD, C., PAGAY, V. Remote Sensing, Yield, Physical Characteristics, and Fruit Composition Variability in Cabernet Sauvignon Vineyards. **American Journal of Enolgy and Viticulture**, v. 73, p. 93–105, 2022b, https://doi.org/10.5344/ajev.2021.21038

SANTI, A.L., AMADO, T.J.C., CHERUBIN, M.R., MARTIN, T.N., PIRES, J.L., FLORA, L.P.D., BASSO, C.J. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa agropecuária. brasiselira**, v. 47, p. 1346–1357, 2012. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900020

SILVA COSTA, B.R., OLDONI, H., DA SILVA, T.M.M., FARINASSI, L.G., BOGNOLA, I.A., BASSOI, L.H. How similar is the zoning of different vegetation indices: Defining the optimal framework for monitoring grapevines' growth within vigorous vineyards. **Scientia Horticulturae, v.** 322, 112404, 2023. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112404

SOZZI, M., KAYAD, A., MARINELLO, F., TAYLOR, J., TISSEYRE, B. Comparing vineyard imagery acquired from Sentinel-2 and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) platform. OENO One, v. 54, p. 189–197, 2020. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.1.2557

SQUERI, C., PONI, S., DI GENNARO, S.F., MATESE, A., GATTI, M., 2021. Comparison and Ground Truthing of Different Remote and Proximal Sensing Platforms to Characterize Variability in a Hedgerow-Trained Vineyard. **Remote Sensing**, v. 13, 2056, 2021. https://doi.org/10.3390/rs13112056

TARDAGUILA, J., STOLL, M., GUTIÉRREZ, S., PROFFITT, T., DIAGO, M.P. Smart applications and digital technologies in viticulture: A review. **Smart Agricultural Technology**, v. 1, 100005, 2021. https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100005

TONIETTO J., GUERRA C. C., MANDELLI F., SILVA G., MELLO L. M. R., ZANUS M. C., HOFF R. Monte Belo: Características da Identidade Regional para uma Indicação Geográfica de Vinhos. Bento Gonçalves-RS: Embrapa, Comunicado técnico 86, 2008.

VAN LEEUWEN, C., DARRIET, P. The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality. **Journal of Wine Economics**, v. 11, p. 150–167, 2016. https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados desta investigação acerca da adoção da Viticultura de Precisão (VP) no contexto do setor vitivinícola do Rio Grande do Sul, emerge a clara evidência de que a VP se destaca como um tema de considerável relevância. A expressiva familiaridade demonstrada pelos vitivinicultores, com 81% dos participantes revelando conhecimento sobre a VP, ressalta a crescente importância que essa abordagem tem adquirido no manejo dos vinhedos. Os achados deste estudo sugerem a necessidade de promover e implementar práticas de VP na indústria vinícola. Tal abordagem não apenas representa uma resposta aos desafios contemporâneos, mas também se apresenta como uma via promissora para otimização de recursos, aprimoramento da qualidade e asseguramento da sustentabilidade a longo prazo. A VP não só se configura como uma ferramenta eficaz, mas também como uma estratégia essencial para fazer frente aos desafios presentes e futuros da viticultura.

Adicionalmente, o estudo propôs uma metodologia para a delimitação de Unidades de Gestão de Diferenças (UGDs), utilizando imagens de satélite para capturar a variabilidade espacial por meio de mapas de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Os resultados obtidos foram suficientes para considerar o NDVI como um parâmetro promissor para definir o potencial produtivo na viticultura, embora possa sofrer influências do solo, de práticas de manejo e mudanças climáticas, as quais podem alterar o potencial produtivo do vinhedo. Além disso, informações geradas a partir de análises de agrupamento e de Análise de Componentes Principais (PCA) fornecem indicativos de que as UGDs podem ser agrupadas em duas categorias distintas, e um manejo adequado pode potencializar as diferenças de produção e qualidade entre elas.

6 APÊNCIDES

APÊNDICE 1. Questionário sobre adoção da Vitivinicultura de Precisão no RS.

Adoção da Vitivinicultura de Precisão no RS

Senhor(a) produtor rural,

Meu nome é Júlia Faccin Faé e sou estudante do curso de mestrado em Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

Suas respostas serão utilizadas para compreender melhor os fatores que levam à adoção da viticultura de precisão no estado do Rio Grande do Sul. Peço sua gentileza para responder esse questionário, o que levará aproximadamente 10 minutos. Assim, você estará contribuindo para melhorar o acesso às tecnologias na agricultura. Se o senhor(a) conhece alguém que usa agricultura de precisão, por favor, encaminhe esse e-mail ou link para que eles também respondam o questionário.

Se o senhor(a) tiver alguma dúvida ou desejar entrar em contato eu estou à disposição nos telefones: 054 999019915 ou por e-mail: juliaffae@gmail.com

Ao terminar de responder as questões clique em ENVIAR. Muito obrigada!

*Obrigatório

1. E-mail *

2. Qual sua cidade? *

3. Qual seu gênero? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Masculino
- ◯ Feminino
- ◯ Outros

4. Qual sua faixa etária? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ menor que 20 anos
- ◯ 20 - 30 anos
- ◯ 30 - 40 anos
- ◯ 40 - 50 anos
- ◯ maior que 60 anos

5. Qual sua formação? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Ensino fundamental completo
- ◯ Ensino fundamental incompleto
- ◯ Ensino médio completo
- ◯ Ensino médio incompleto
- ◯ Ensino técnico
- ◯ Superior completo
- ◯ Superior incompleto
- ◯ Pós-graduação
- ◯ MBA de especialização

6. Qual sua profissão? *

_____

7. Você se considera vitivinicultor? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não

8. Trabalha com outra atividade além da vitivinicultura? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não

9. Se sim, qual?

_____

Seção sem título

10. Qual sistema de condução da videira possui? (mais de uma escolha) *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Latada
- ☐ Espaldeira
- ☐ Opção 3
- Outro: ☐ _____

11. Qual a finalidade de sua produção? (mais de uma escolha) *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Uvas viníferas
- ☐ Uvas americanas
- ☐ Consumo "in natura"

12. Quantos hectares (ha) possui? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ menos que 2,5 ha
- ◯ 2,5 - 5 ha
- ◯ 5 - 10 ha
- ◯ 10 - 25 ha
- ◯ mais que 25 ha

13. Quantos desses hectares são manejados com ferramentas tecnológicas? *

_____

14. Utiliza algum tipo de ferramenta tecnológica ou de fruticultura de precisão em sua propriedade (exemplos: GPS, Drones, softwares, sensores de solo, planta e máquinas, entre outros...)? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não

15. Se sim, qual tipo? (mais de uma opção)

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Amostragem de solo georreferênciada
- [ ] Mapeamento de colheita
- [ ] Índices de vegetação
- [ ] Sensores de monitoramento de solo
- [ ] Sensores de monitoramento de planta
- [ ] Sensores de monitoramento de máquinas (Telemetria)
- [ ] Sensores de monitoramento de pragas e doenças
- [ ] Irrigação automatizada
- [ ] Sensoriamento remoto por satélite
- [ ] Sensoriamento remoto por drones
- [ ] GPS
- [ ] Taxa variada de fertilizantes ou defensivos agrícolas
- [ ] Software de gestão da propriedade
- [ ] Aplicativos de monitoramento

Outro: ☐ _____

16. Recebe algum tipo de assistência técnica ou prestação de serviço com que ofereça serviços tecnológicos? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não

17. Se sim, pode indicar a empresa?

_____

Seção sem título

18. Qual foi o motivo para você adotar essas ferramentas de AP? (mais de uma opção)

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Aumentar a produção
- [ ] Melhorar a qualidade da uva e do vinho
- [ ] Reduzir custos
- [ ] Melhorar gerenciamento de frota
- [ ] Melhorar a gestão da propriedade
- [ ] Preservar o meio ambiente
- [ ] Aumentar a rentabilidade
- [ ] Melhorar as condições de trabalho

Outro: [ ] _____

19. Há quantos anos utiliza agricultura de precisão?

_____

20. Qual o grau de satisfação com os resultados alcançados até o momento?

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Pouco satisfeito	◯	◯	◯	◯	◯	Muito satisfeito

21. Quais são/foram as principais dificuldades encontradas no uso dessas ferramentas? *

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Custo inicial
- [ ] Topografia limitante
- [ ] Qualificação da mão-de-obra
- [ ] Falta de informação
- [ ] Assistência técnica
- [ ] Resultados insatisfatórios
- [ ] Interpretação e aplicação dos resultados encontrados
- [ ] Outro: _____

22. Tem interesse em utilizar ferramentas de AP? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não
- ◯ Talvez

23. Quais são suas intenções para os próximos 2 anos em relação à área cultivada com ferramentas de AP? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ iniciar o uso
- ◯ diminuir o uso
- ◯ aumentar o uso
- ◯ manter o uso

24. Você já ouviu sobre Agricultura de Precisão, Fruticultura de Precisão, Agricultura Digital, etc. *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Não
- ◯ Sim

25. Se sim, em qual meio de comunicação? (mais de uma opção)

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Redes sociais (Whatsapp, Facebook, Instagram, etc..)
- ☐ Televisão
- ☐ Rádio
- ☐ Palestras técnicas
- ☐ Universidades
- ☐ Empresas de assistência técnica

Outro: ☐ _____

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários