

Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Relações entre atributos de solos de basalto e videiras ‘Syrah’ em colheita de  
inverno no Estado de São Paulo

**Daniel Ernesto Trujillo Manriquez**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Área de concentração: Solos e  
Nutrição de Plantas

Piracicaba  
2024

Daniel Ernesto Trujillo Manriquez  
Bacharel em Enologia

**Relações entre atributos de solos de basalto e videiras 'Syrah' em colheita de inverno no  
Estado de São Paulo**

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Prof. Dr. **PABLO VIDAL TORRADO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Área de concentração: Solos e  
Nutrição de Plantas

Piracicaba  
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Trujillo Manriquez, Daniel Ernesto

Relações entre atributos de solos de basalto e videiras 'Syrah' em colheita de inverno no Estado de São Paulo / Daniel Ernesto Trujillo Manriquez. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - -Piracicaba, 2024.

69 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Solo 2. Terroir 3. Viticultura de inverno I. Título

## DEDICATÓRIA

A todos os imigrantes, que assim como minha família, saíram de seus lares para irem atrás de seus sonhos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por toda a coragem, resiliência e perseverança que me foram dadas e que me fizeram chegar até este momento. Agradeço à minha família, aos meus pais Sonia Monica e Ricardo Ernesto, e aos meus irmãos Ricardo Samuel e Marcelo Felipe, pelo amor, carinho e incentivo que me foram dados ao longo da minha vida. Aos professores do IFSP – São Roque, Fábio Patrick, Lilian Pino e Vânia Battestin Wiendl, por serem os responsáveis pelo meu início no ensino superior e em especial ao professor Fábio Laner Lenk, por me mostrar o quão fascinante é o mundo da Enologia. Aos professores da UNIPAMPA, e meus amigos Daniel Hanke e Shirley Nascimento por me apresentarem a Ciência do Solo e por sempre acreditarem no meu potencial. Ao meu orientador, Pablo Vidal-Torrado, a quem considero um pai em diversos aspectos: alguém que ajuda, cobra, é amigo, oferece ótimos conselhos, mas que também pode ser cabeça-dura e difícil de convencer — características próprias de um pai. Sou grato por ele me incentivar e me guiar pelos caminhos da pedologia, permitindo que eu obtivesse a melhor formação possível. Embora reconheça estar a anos-luz de ser um pedólogo de excelência, concluo esta etapa com a sensação de ter alcançado meu objetivo, tornar-me um enólogo com uma sólida formação em pedologia. Ao meu co-orientador Marcel Bellato Sposito por toda ajuda e suporte no decorrer do mestrado. Aos Professores Severino Matias de Alencar e Angelo Jacomino pela possibilidade de realização de análises em seus laboratórios. Aos técnicos do Departamento de Ciência do Solo, Reginaldo (Rossi), Dorival Grisotto e Nivanda Ruiz, pela ajuda em diversas etapas do meu projeto e pelas boas conversas ao longo do mestrado. Aos colegas da "Salinha", Thiago, Mariane Chiapini, Thairis Gomes, André Miranda e Raphael Brizzi, por toda a ajuda e pelos bons momentos compartilhados. Um agradecimento especial a Daniela Schievano e a Ana Paula Dechen, pessoas que admiro muito. Aos professores Elizeth Radmann, Hilton Thadeu (in memoriam) e José Lavres Júnior, bem como ao pósgraduando Antônio Florentino, pelo suporte na construção do delineamento experimental e nas análises estatísticas. Aos meus colegas de república Fábio Führ (Gauchin), Jorge Locatelli (Jorgin), Eduardo Perkovski (Russo), Lucas Greschuk (Greschuk), Henrique Gioia, Leonardo Thiesen e Alasse Oliveira, por todas as conversas e memoráveis momentos que compartilhamos. Aos amigos de pós-graduação e vida Aline Vitti, Luiz Vieira, Yuri Parra, Martha Lustosa, Mariah Castro, Lucas Nascimento (Spock), Antônio Elves, Felipe Hipólito, Rayssa Razera, Carlos Diego, Monalisa Selinger, Lucas Almeida e Dyessica Santos por todas as conversas inteligentes, risadas e momentos compartilhados dos quais jamais me esquecerei. Aos amigos de longa data Miguel Farias, João Oliveira, Gabriela Beber, Francieli Sganzerla, Sávio Duarte, Monica Giponi, Reinaldo Rangel por todo o incentivo, e em especial a Fabiane Correia de Almeida e sua família por todo acolhimento que sempre tiveram comigo e por todo apoio no processamento das amostras no estabelecimento de vocês. A vinícola Refúgio por todo suporte na realização do experimento e por fim, agradeço a Capes (88887.637690/2021-00) e ao CNPq (130196/2022-3) pelas concessões de bolsa.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Hipótese .....	14
1.2. Objetivo geral .....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. Viticultura paulista .....	15
2.1.1. Colheita de inverno.....	16
2.2. Terroir.....	17
2.2.1. Expressão do solo no terroir .....	18
3. Material e métodos .....	21
3.1. Descrição do meio físico da área .....	21
3.2. Características físico-hídricas dos perfis .....	24
3.3. Delineamento experimental das áreas .....	25
3.4. Análises realizados para os blocos .....	25
3.4.1. Análises de solo .....	25
3.4.1.1. Análise granulométrica.....	26
3.4.1.2. Análises químicas .....	26
3.4.1.3. Monitoramento da umidade do solo ao longo do tempo .....	27
3.4.2. Avaliações agronômicas .....	27
3.4.2.1. Análises nutricionais do tecido vegetal .....	27
3.4.2.2. Área de superfície foliar (ASF) .....	28
3.4.2.3. Potencial hídrico da videira .....	30
3.4.3. Acompanhamento da maturação .....	31
3.4.4. Composição bioativa da uva Syrah .....	31
3.4.4.1. Fenólicos totais .....	32
3.4.4.2. Atividade antioxidante pelo método ABTS.....	33
3.4.4.3. Atividade antioxidante pelo método DPPH.....	33
3.4.4.4. Obtenção dos teores resveratrol e polidatina.....	33
3.5. Análises estatísticas .....	34

4. Resultados .....	35
4.1. Descrição, classificação e características gerais dos perfis da área de estudo.....	35
4.1.1. Características físico-hídricas dos perfis .....	36
4.2. Análises de solo dos blocos .....	38
4.2.1. Granulometria e química do solo .....	38
4.2.2. Monitoramento da umidade do solo ao longo do tempo.....	39
4.3. Avaliações agronômicas dos blocos .....	40
4.3.1. Análises nutricionais do tecido vegetal.....	40
4.3.2. Área de superfície foliar (ASF) e peso da colheita .....	41
4.3.3. Potencial hídrico da videira .....	41
4.4. Maturação da uva .....	41
4.5. Composição bioativa do extrato.....	42
4.6. Análise de componentes principais (ACP) para atributos de solo.....	42
4.7. Correlação de Pearson para atributos de solo, planta e composição bioativa.....	45
4.8. Análises de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento hierárquico aglomerativo para atributos de solo, planta, mosto e composição bioativa.....	46
5. DISCUSSÃO .....	49
5.1. Água no solo .....	49
5.2. Relações solo-planta .....	50
5.3. Relações entre solo, planta e qualidade da uva.....	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICES.....	66

## RESUMO

### **Relações entre atributos de solos de basalto e videiras ‘Syrah’ em colheita de inverno no Estado de São Paulo**

Na produção de uvas de qualidade para vinificação, existe um termo francês chamado *terroir*, que engloba fatores como clima, cultivar, solo e ação humana. Entre esses fatores, o solo é o elemento menos suscetível a mudanças de curto prazo, caracterizando-se como um componente relativamente estável no ambiente. No entanto, mesmo sendo considerado estável, o solo apresenta grande heterogeneidade, até mesmo dentro de uma pequena área de cultivo. Isso torna sua compreensão um desafio dentro do contexto de *terroir* de vinhos. Para avaliar adequadamente o impacto do solo na produção, é essencial investigar tanto a planta quanto a uva de maneira quase que simultânea. Dessa forma investigou-se a influência de atributos químicos, físicos e biológicos de solo no desenvolvimento vegetativo e na qualidade da uva ‘Syrah’ (*Vitis vinifera L.*), cultivada durante o ciclo de inverno no estado de São Paulo. O estudo foi conduzido em diferentes posições de um talhão (P1, P2 e P3) pertencente a uma topossequência, com variação máxima de 23m, de solos originários de basalto. Os principais resultados encontrados no estudo demonstram diferenças no armazenamento e disponibilidade de água entre as diferentes posições avaliadas do talhão. A posição 1 destacou-se, por apresentar os maiores valores, embora a relação de causa e efeito para esse aspecto específico não seja clara. Quanto à fertilidade do solo, houve variabilidade, com a posição 3, com valores maiores em relação às posições 1 e 2 que foram similares entre si. Essas variações, tanto em relação à água quanto em relação à fertilidade do solo, exerceram grande influência direta nas avaliações agronômicas e de qualidade da uva. Embora não tenha sido possível estabelecer uma relação e específica direta entre atributos de solo e qualidade da uva, os resultados apontam para impactos indiretos relevantes que podem auxiliar no manejo e na compreensão do efeito do solo no *terroir*.

Palavras-chave: Solo, Terroir, Viticultura de inverno



## ABSTRACT

**Relationships between attributes of basalt soils and Syrah vines in winter harvest in the State of São Paulo**

In the production of quality grapes for winemaking, there is a French term called terroir, which encompasses factors such as climate, cultivar, soil and human action. Among these factors, soil is the element least susceptible to short-term changes and is characterized as a relatively stable component of the environment. However, even though it is considered stable, soil shows great heterogeneity, even within a small area of cultivation. This makes understanding it a challenge within the context of wine terroir. In order to properly assess the impact of soil on production, it is essential to investigate both the plant and the grape almost simultaneously. This study investigated the influence of chemical, physical and biological soil attributes on the vegetative development and quality of 'Syrah' grapes (*Vitis vinifera* L.) grown during the winter cycle in the state of São Paulo. The study was conducted in different positions of a block (P1, P2 and P3) belonging to a toposequence, with a maximum variation of 23m, of soils originating from basalt. The main results found in the study show differences in water storage and availability between the different positions evaluated in the block. Position 1 stood out as having the highest values, although the cause-and-effect relationship for this specific aspect is unclear. As for soil fertility, there was variability, with position 3 having higher values than positions 1 and 2, which were similar to each other. These variations, both in terms of water and soil fertility, had a major direct influence on agronomic and grape quality evaluations. Although it was not possible to establish a direct and specific relationship between soil attributes and grape quality, the results point to relevant indirect impacts that can help in the management and understanding of the effect of soil on terroir

Keywords: Soil, Terroir, Winter viticulture

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica nacional (a), estadual (b) e municipal da área de estudo 1 (c). Fonte: Ibge, 2023. ....	21
Figura 2. Situação geral da fazenda refugio. Vinhedos localizados a uma elevação de 920m em um remanescente do planalto arenítico-basáltico na borda da depressão periférica Paulista, na bacia do paraná, no município de bofete (sp). As áreas mais baixas são dominadas pelos arenitos da formação pirambóia, enquanto o topo do morro é composto por basaltos da formação serra geral. Fonte: (google earth, maio, 2023).....	22
Figura 3. A - basalto da formação serra geral; b – arenito da formação piramboia. Fonte: rochas - materiais didáticos, (igc, usp). ....	22
Figura 4. Área experimental localizado em vinhedo de ‘syrah’, em bofete, sp. Foram realizadas as análises em três ruas de plantio (p1, p2 e p3). Fonte: google earth®(software) e qgis®(software). ....	23
Figura 5. Dados climáticos da área experimental de vinhedo ‘syrah’, entre o período da poda (p) das videiras e a colheita (c), no município de bofete, sp. ....	24
Figura 6. Diagrama esquemático da copa da videira. A copa absorve a radiação nas paredes (abcd, bcef e efgh), a soma das áreas destes planos é denominada área de superfície foliar (asf). A radiação refletida do solo também pode ser absorvida pela parede inferior (adhg), mas esta contribuição é tão pequena que pode ser negligenciada (smart, 1985). Fonte adaptado de (smart, 1985).....	29
Figura 7. Captura de imagem de uma videira ‘syrah’ para mensuração da área de dossel fotossinteticamente ativa. ....	30
Figura 8. Figura adaptada de rizzon; manfroi; meneguzzo. (1998). Extrator de extrato. A) recipiente com tampa para inserção da uva; b) recipiente de extrato; c) depósito de água. ....	32
Figura 9. Perfis de solo da área de estudo. A) lvdf -latossolo vermelho distroférico típico. B) nvdf - nitossolo vermelho distroférico latossólico .....	35
Figura 10. Curva de retenção de água no solo dos horizontes ap, bw e bt dos perfis lvdf e nvdf .....	37
Figura 11. Valores médios de macroporos (> 40 µm), mesoporos (15 - 40 µm), microporos (2.5 - 15 µm) e ultramicroporos (0.05 - 2.5 µm), dos horizontes ap, bw e bt dos perfis lvdf e nvdf.....	37
Figura 12. Conteúdo volumétrico na capacidade de campo (cc), ponto de muita permanente (pmp) e água disponível (ad) dos perfis lvdf e nvdf.....	38
Figura 13. Valores médios registrados de brix e acidez total ao longo de diferentes dias após a poda (dap) .....	42

- Figura 14. Análise de componentes principais (acp) normalizados de atributos de solo. A – atributos de solo e sua relação com cada posição das áreas. B – atributos de solo e suas relações comparando diferentes profundidades. .... 44
- Figura 15. Coeficiente da correlação de pearson para as variáveis dependentes de interesse resveratrol – resv, polidatina – pol, fenólicos totais – fen, abts, dpph, sólidos solúveis – brix com nível de significância de ( $<0.10$ )..... 45
- Figura 16. Análise de componentes principais (acp) normalizados para atributos de solo, planta, mosto e composição bioativa relacionadas para cada posição da área. .... 47
- Figura 17. Análise de agrupamentos para atributos de solo, planta, mosto e composição bioativa a partir do método da distância média euclidiana ..... 48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Perfis e profundidades amostradas de cada área para determinação da cra. ....	24
Tabela 2. Principais atributos de solo para o perfil lvdf .....	36
Tabela 3. Principais atributos de solo para o perfil nvdf .....	36
Tabela 4. Valores médios de granulometria e atributos químicos de solo para cada posição, considerando a profundidade de 0 – 20cm	38
Tabela 5. Valores médios de umidade em diferentes profundidades e posições.....	39
Tabela 6. Valores médios dos teores nutricionais para macro e micronutrientes.....	40
Tabela 7. Valores médios da área de superfície foliar (asf) e peso da colheita (colheita) para cada posição.....	41
Tabela 8. Valores médios do potencial hídrico do caule para as diferentes posições em diferentes datas .....	41
Tabela 9. Valores médios da composição bioativa do extrato para as diferentes posições.....	42
Tabela 10. Loadings das variáveis de solo em relação aos dois primeiros componentes principais .....	45
Tabela 11. Relações das variáveis dependentes de interesse e suas correlações com atributos de solo e planta .....	46
Tabela 12. Loadings das variáveis de solo, planta, mosto e extrato em relação aos dois primeiros componentes principais. ....	48
Tabela 13. Análises físicas do perfil lvdf .....	67
Tabela 14. Análises químicas do perfil nvdf .....	67
Tabela 15. Análises físicas perfil nvdf .....	69
Tabela 16. Análises químicas perfil nvdf .....	69



## 1. INTRODUÇÃO

*Terroir* é um termo de origem francesa que se refere a fatores ambientais que influenciam a qualidade do vinho produzido. Para entender como o *terroir* funciona, é essencial levar em consideração não só os fatores ambientais isoladamente, mas também suas interações (Van Leeuwen; Seguin, 2006).

Fazem parte do conceito de *terroir* diversos fatores, que incluem o solo (material de origem, tipo de solo, profundidade, topografia), o clima (macro, meso e microclima), a planta (clone, porta enxerto, manejo), além do fator humano, que influencia tanto nas decisões de campo quanto na produção de vinho (OIV, 2010; Van Leeuwen; Seguin, 2006; Van Leeuwen; Roby; Ressayguier, 2017).

Todos esses fatores atuam de forma simultânea e interagem entre si. Por isso, estudos que abordam cada fator isoladamente não permitem explicar completamente diferenças sensoriais que o vinho pode apresentar, resultando em estudos altamente descritivos (Van Leeuwen et al., 2004; Van Leeuwen; Roby; Ressayguier, 2017). Portanto, é necessária uma abordagem global que considere o ambiente (clima e solo), atributos de planta (manejo), e do fruto (qualidade) para a compreensão qualitativa da colheita e dos vinhos produzidos (Deloire et al., 2005).

Dentro do conceito de *terroir*, o fator solo tem recebido contribuições de cientistas de diversas áreas como microbiologistas, pedólogos, geólogos e geomorfólogos. E embora essas contribuições tenham fornecido muitas informações relevantes para compreensão do efeito do solo, elas são altamente descritivas (Van Leeuwen; Roby; Ressayguier, 2018; Van Leeuwen; Seguin, 2006).

A dificuldade em realizar abordagens globais deve-se à natureza multidisciplinar desses estudos, que muitas vezes são limitados por recursos técnicos e financeiros. O primeiro trabalho a adotar uma abordagem global investigou o efeito do clima e do solo sobre 37 variáveis relacionadas a aspectos agrônômicos e qualitativos da videira, ao longo de safras consecutivas (Van Leeuwen et al., 2004). Os autores desse estudo reconheceram a complexidade de isolar fatores individuais em experimentos conduzidos sob diferentes condições de clima e solo.

O estado de São Paulo detém grande relevância no cenário socioeconômico nacional, sendo não apenas o estado mais populoso, mas também o detentor de economia mais forte do Brasil. Esses fatores contribuem para que o estado tenha uma participação significativa no consumo de vinhos, correspondendo a 32,1% do total consumido (Burgos; Galtaroça, 2019). Além disso, São Paulo é o berço da vitivinicultura nacional, com os primeiros esforços para a implementação da cultura da uva e do vinho tendo sido realizados no início da colonização portuguesa (Inglez de Sousa, 1959, 2010). Sendo assim, São Paulo possui pilares históricos, sociais e econômicos muito fortes relacionados à indústria do vinho.

Devido a fatores históricos, agrônômicos e climáticos, entre outros, a vitivinicultura praticada em São Paulo sempre esteve mais fortemente ligada à produção de uvas americanas (*Vitis labrusca* L.) do que às uvas europeias (*Vitis vinifera* L.). Dessa forma, a produção local sempre se concentrou mais para o consumo *in natura* e produção de vinho de mesa, que geralmente apresenta qualidade inferior quando comparado aos vinhos feitos de uvas europeias.

Esse panorama modificou-se com os testes de inversão de ciclo produtivo da uva, conhecido como dupla poda ou poda invertida (Amorim; Favero; Regina, 2005; Favero et al., 2008; Regina et al., 2011b). Tradicionalmente, as uvas amadurecem no verão, período que coincide com altas temperaturas, elevada precipitação e, conseqüentemente, maior incidência de doenças fúngicas. No entanto, a partir de experimentos do início do século XXI em Minas Gerais, tornou-se possível alterar o ciclo de produção da uva para que a maturação ocorra no inverno, um período caracterizado pela baixa precipitação pluvial e grande amplitude térmica, o que permite que a

uva alcance melhor maturação e, conseqüentemente, melhor qualidade (Amorim; Favero; Regina, 2005; Favero et al., 2008; Regina et al., 2011a).

O uso dessa técnica tem possibilitado um incremento notável de qualidade nos vinhos (Carbonneau, 2010). À medida que avançam as técnicas de produção, como a inversão de ciclo, torna-se cada vez mais importante a realização de estudos para caracterização do ambiente. No que diz respeito ao solo, podem ocorrer variações de um local para outro (Van leeuwen; Roby; Rességuier, 2018). Essas diferenças podem ter importância crucial para obtenção de vinhos com distintas tipicidades dentro de um mesmo local ou região. Entender essas características e suas influências, torna-se importante para construção do *terroir* dos vinhos de inverno Paulista.

### **1.1. Hipótese**

Isolados os tratamentos culturais (manejo da videira), os fatores climáticos (macro e mesoclima) e o genótipo (clone e porta-enxerto), determinados atributos, relacionados com a qualidade da uva, apresentam certa dependência com atributos de solo.

### **1.2. Objetivo geral**

Determinar as principais relações do solo (químicas, físicas e físico-químicas) em um vinhedo da cultivar Syrah que se correlacionam com a videira de forma qualitativa com vista a obtenção de vinhos finos de qualidade.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Viticultura paulista

A história da viticultura paulista está intimamente ligada a fatos históricos, como a primeira tentativa de introdução do cultivo de videira em solo nacional (Inglez de Sousa, 1959, 2010). Essa introdução fez parte de umas das primeiras ações dos colonizadores portugueses ao tentarem estabelecer suas colônias no Brasil (Inglez de Sousa, 1959, 2010).

Por meio da chegada da primeira esquadra de colonizadores ao litoral da Capitania de São Vicente em 22 de janeiro de 1532, Martim Afonso de Souza, administrador da colônia, designou o fidalgo Braz Cubas para coordenar os esforços iniciais de implantação da viticultura. Entretanto, devido às condições climáticas adversas, principalmente a umidade excessiva, a região litorânea paulista demonstrou ser imprópria para o cultivo. Com isso, os esforços de foram posteriormente realizados em direção ao oeste, escalando as escarpas da Serra do Mar, onde encontra-se o Planalto de Piratininga (atual cidade de São Paulo), onde encontraram condições climáticas mais propícias a essa atividade (Inglez de Sousa, 1959, 2010).

Em 1540, foram plantados os primeiros vinhedos comerciais no local que hoje corresponde ao bairro paulistano do Tatuapé (Inglez de Sousa, 1959, 2010). Esses vinhedos tiveram como foco principal a produção de uvas para produção de vinho, sempre a partir de variedades portuguesas (*Vitis vinifera* L.). Por volta do ano de 1551 foi produzido o primeiro vinho nacional, devido a essas realizações, Braz Cubas é reconhecido como o primeiro vitivinicultor do Brasil (Inglez de Sousa, 1959, 2010).

A partir da segunda metade do século XVI, os esforços de implantação da vitivinicultura no litoral foram abandonados e os novos esforços de implantação foram transportados para o planalto Paulista, exibindo grande crescimento no final do século XVI e início do século XVII (Inglez de Sousa, 1959, 2010). Entretanto, uma vez que os vinhos produzidos em território Paulista concorriam com os vinhos de Portugal, os governantes portugueses não demonstravam entusiasmo com o desenvolvimento dessa atividade na região, com isso seu crescimento ocorreu discretamente até a metade do século XVII (Inglez de Sousa, 1959, 2010).

Com a descoberta de ouro no interior da colônia, houve um intenso êxodo em direção ao interior. Como resultado, a viticultura Paulista entrou em um período de hibernação que se estendeu da segunda metade do século XVII até quase o final do século XVIII (Inglez de Sousa, 1959, 2010). Esse período foi caracterizado pela resistência de alguns parreirais até o final do século XVII (Inglez de Sousa, 1959, 2010).

Outro golpe sofrido pela incipiente viticultura Paulista foi o alvará de 5 de janeiro de 1785, através do qual a rainha de Portugal D. Maria I, proibiu na colônia, todas as manufaturas, incluindo o setor vitivinícola (Inglez de Sousa, 1959, 2010). Essa proibição sufocou qualquer iniciativa da atividade que, na prática, mal havia começado. Essa proibição foi revogada em 1º de abril de 1808 (Inglez de Sousa, 1959, 2010). É importante destacar, no entanto, que o período de proibição não teve um impacto significativo no cenário de falência que já existia antes dessa proibição (Inglez de Sousa, 1959, 2010).

O primeiro fator para o ressurgimento da viticultura Paulista ocorreu entre 1830-1840 com a introdução de variedades americanas (*Vitis labrusca* L.). A variedade Isabel trazida pelo inglês John Rudge, é a precursora desse movimento renovador da viticultura Paulista, que se intensificou fortemente até o final do século XIX (Inglez de Sousa, 1959, 2010).



A partir do início do século XX a vitivinicultura inicia um movimento de migração da capital em direção ao interior do estado, com as cidades de Jundiá e São Roque concentrando 60% e 30% respectivamente da atividade, enquanto os 10 % restantes estavam concentradas em outras cidades do estado (Inglez de Sousa, 1959, 2010). Até meados de 1920, a vitivinicultura dessas duas regiões era dominada pela variedade Isabel, após esse período destaca-se a ascensão de outras variedades como a Seibel 2 (*Vitis. Vinifera* L. x (*Vitis rupestris* L. x *Vitis linocumii* L.), para a vinificação e a Niagara branca (*Vitis labrusca* L.), para o mercado de fruta fresca que contribuíram para melhoria da vitivinicultura nessas cidades (Inglez de Sousa, 1959, 2010).

Em 1935, ocorreu um marco da viticultura Paulista na cidade de Jundiá, que foi a mutação somática da cv. Niagara branca, para cv. Niagara rosada, essa nova variedade obteve grande sucesso entre os consumidores do país e contribuiu para expansão dessa atividade (Inglez de Sousa, 1959, 2010). No ano de 1958, o plantio de “Niagara rosada” constituía 60% dos vinhedos plantados no Estado de São Paulo (Inglez de Sousa, 1959).

Outro fator de destaque na vitivinicultura Paulista é o apoio maior do estado com essa atividade econômica, por meio do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Em 1898, o IAC publicou os primeiros ensaios de combate contra doenças da videira como antracnose, míldio, oídio, podridão, além dos primeiros experimentos de adubação baseados na videira (Inglez de Sousa, 1959).

De 1935 a 1940, o IAC promoveu a introdução de coleções de variedades de viveiristas europeus e americanos. A partir dessas novas coleções e das necessidades dos produtores em obter mudas resistentes contra doenças, iniciou-se um intenso programa de melhoramento genético em 1943 (Inglez de Sousa, 1959,2010). Esse programa resultou na criação de porta enxertos resistentes e variedades mais adaptadas as condições climáticas tropicais (Inglez de Sousa, 1959, 2010).

Da década de 1960 em diante, as informações sobre o panorama da vitivinicultura Paulista década a década tornam-se escassas. No entanto, é possível observar que até o final do século XX e início do século XXI, a vitivinicultura Paulista passa por momentos de oscilações em sua produção (Verdi, 2010). Sua produção fica voltada principalmente para produção de uvas americanas para consumo *in natura* e produção de vinho de mesa, com poucas exceções de produtores cultivando uvas de origem europeia (Verdi, 2010).

### **2.1.1. Colheita de inverno**

Com exceção da região nordeste do Brasil, onde a produção de uva pode ocorrer em diferentes épocas devido ao clima, as principais regiões produtoras de uvas do país, em geral possuem apenas um ciclo produtivo, onde na grande maioria dos casos o momento de maturação coincide com os meses de alta precipitação pluviométrica (Favero et al., 2008).

Devido a essa característica, há uma grande incidência de doenças fúngicas, que aliadas à baixa radiação solar e excesso de água no solo, dificultam a completa maturação da uva, comprometendo também a qualidade dos vinhos produzidos (Regina et al., 2006, 2011). Essas condições afetam principalmente a produção de vinhos finos, uma vez que as videiras europeias são altamente suscetíveis a doenças como o míldio, o que levou a tradicionais polos vitivinícolas de São Paulo e Minas Gerais a se especializarem na produção de uvas americanas, mais resistentes a doenças e conseqüentemente, a produção de vinhos de mesa (Silva, 1998; Souza et al., 2002).

Entretanto, a partir de estudos desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) no município de Três Corações, demonstraram que nos primeiros estudos a cultivar Syrah apresentou boa adaptação, quando o ciclo de produção foi transferido para os meses de janeiro a julho, permitindo a colheita no

período mais seco do ano (Amorim; Favero; Regina, 2005). Também foram avaliadas outras variedades como Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Pinot Noir, Chardonnay e Sauvignon Blanc que apresentaram excelente maturação tecnológica, entretanto no que diz respeito a maturação fenólica e rendimento a cultivar Syrah apresenta os melhores resultados (Regina et al., 2011).

Com a inversão do ciclo, devido a poda de produção ocorrer em fevereiro, o período de colheita geralmente ocorre entre os meses de julho e agosto. Esse período é caracterizado na região Sudeste como um período de baixa precipitação e alta amplitude térmica, o que contribui para qualidade da uva e, conseqüentemente, dos vinhos a serem produzidos (Favero et al., 2008; Regina et al., 2006).

A inversão de ciclo produtivo tem permitido a revitalização e o estabelecimento de novos polos vitícolas no Brasil, com os vinhos produzidos impressionando por sua qualidade (Carbonneau, 2010). Atualmente o estado de São Paulo possui cerca de 70 ha de vinhedos implantados que utilizam a técnica da dupla poda (Brant; Figueiredo; Mota, 2018). No Brasil a área total de vinhedos implantados que utilizam a técnica de dupla poda são de 318 ha (ANPROVIN, 2024).

## **2.2. Terroir**

Historicamente, na vitivinicultura, a qualidade da uva tem sido definida pela interação entre diferentes fatores, tais como o clima, solo, cultivar, e práticas culturais no campo e na vinícola. Esses fatores associados definem a expressão popular francesa *terroir* (do francês, que significa “terra”).

De acordo com a definição oficial da Organização Internacional da Uva e do Vinho (OIV), *terroir* é um conceito que se refere a um espaço sobre o qual se desenvolve um saber coletivo das interações entre o meio físico e biológico, juntamente com as práticas vitícolas. Essas interações conferem características distintas aos produtos originários de um determinado local, incluindo características específicas do solo, topografia, clima, paisagem e biodiversidade (OIV, 2010).

Para Seguin (1986), uma definição mais condensada e apropriada para esse termo considera agro ecossistema vitícola como um sistema complexo, que é definido pela natureza da interação dos componentes solo – planta – água – atmosfera. O fator humano também deve ser considerado no *terroir*, uma vez que aspectos históricos e culturais são determinantes na atividade vitícola, e definem a intervenção social para otimizar o uso dessa expressão (Van Leeuwen; Seguin, 2006).

Diversos fatores estão envolvidos na expressão do *terroir*, o que implica que os estudos devem ser multidisciplinares. Se o ambiente tem impacto na composição da uva e na qualidade do vinho, isso é mediado unicamente pela videira (Van Leeuwen; Roby; Rességuier, 2018).

Dados obtidos da videira e dos compostos da uva, que integram o contexto ambiental, têm relação direta com a qualidade da colheita e com a qualidade dos vinhos (Deloire et al., 2005). Ou seja, a cultivar escolhida, seu clone e porta enxerto são os mediadores da influência ambiental na síntese de características de interesse enológico, como pH, acidez, açúcares, compostos fenólicos e aromáticos.

O clima exerce grande influência no desenvolvimento vegetativo da videira e conseqüentemente nos compostos da uva e sua ação é subdividido em escala macro, meso e microclimática.

O macroclima descreve o clima de uma ampla área ou região, que se estende por centenas de quilômetros e é estudado por um longo período de tempo (geralmente 30 anos ou mais) usando dados anuais, sazonais e / ou mensais (Deloire et al., 2005).

O mesoclima se refere ao clima em áreas menores, que se estendem por áreas, de menos de cem metros a vários quilômetros (por exemplo, vinhedos) e é medido em períodos mais curtos de tempo usando dados de hora em hora ou diários (Deloire et al., 2005). É influenciado por fatores topográficos de elevação ou altitude, inclinação e aspecto da topossequência e proximidade a corpos d'água (Vaudour, 2003).

O microclima é o clima dentro ou ao redor do dossel vegetativo da planta, as diferenças ocorrem dentro de alguns metros. E é influenciado pelo vigor da videira e pelas práticas culturais (manejo do dossel, orientação e espaçamento entre linhas), mas também pelas características da superfície do solo (Deloire et al., 2005).

As condições climáticas durante a safra influenciam a qualidade da uva por meio da radiação solar, temperatura e balanço hídrico (precipitação – evapotranspiração) (Van Leeuwen et al., 2004). A maturação da uva também está relacionada principalmente às condições climáticas e à precocidade fenológica da cultivar (característica genética e variável de uma cultivar a outra) (Van Leeuwen, 2010).

O solo fornece sustentação à videira, nutrientes, água e um regime de temperatura específico na zona radicular (Van Leeuwen; Roby; Rességuier, 2018). A compreensão do solo no *terroir* precisa ser focada no efeito da temperatura do solo, suprimento de água e suprimento de minerais no desenvolvimento da videira, na fenologia e na dinâmica do amadurecimento da uva, pois diferente de aspectos geológicos ou classes de solo essas variáveis são possíveis de serem quantificadas (Van Leeuwen; Seguin, 2006).

Há muita dificuldade em se estudar o efeito de todos os parâmetros do *terroir* em um único experimento. Muitos autores avaliaram o impacto de um único parâmetro do *terroir* na qualidade da uva (Van Leeuwen et al., 2004). O primeiro estudo em que clima, solo e cultivar, os três principais parâmetros do *terroir*, foram estudados simultaneamente, foi realizado por Van Leeuwen et al., (2004). Todos esses fatores interagem, o que torna impossível considerar o ótimo para cada fator quando considerado separadamente (Van Leeuwen, 2010).

### **2.2.1. Expressão do solo no *terroir***

No entendimento das interrelações do solo-videira, cientistas de diferentes áreas realizaram estudos que resultaram em distintas abordagens (Van Leeuwen et al., 2018). Microbiologistas do solo, pedólogos, engenheiros agrônomos, geólogos, geomorfologistas, cada um colaborou com o conhecimento de sua respectiva área na compreensão dessa relação, essas abordagens trazem informações úteis, mas geralmente acabam por permanecer altamente descritivas (Van Leeuwen; Seguin, 2006).

O efeito do solo na fisiologia da videira e na composição da uva é complexo, porque o solo influencia na nutrição mineral da videira, nas condições para absorção de água, na profundidade de enraizamento e na temperatura na zona radicular (Van Leeuwen; Seguin, 2006).

O estado da água na videira depende dos parâmetros climáticos (precipitação e evapotranspiração), da capacidade do solo em armazenar água, da taxa de transpiração das videiras, da profundidade de enraizamento e quando utilizado, das práticas de irrigação (Van Leeuwen; Roby; Rességuier, 2018). O impacto do solo e do clima no *status* da água na videira é semelhante em magnitude (Van Leeuwen et al., 2004).

A água do solo é armazenada em seus poros. A água localizada em poros extremamente pequenos (< 0,2 µm de diâmetro) não pode ser extraída pelas raízes da videira. Poros dentro da faixa de 0,2 µm a 10 µm podem armazenar água e liberá-la progressivamente para as videiras (Van Leeuwen; Roby; Rességuier, 2018).

A textura do solo tem uma grande influência na capacidade do solo reter água. Essa capacidade também é extremamente dependente da profundidade e da porcentagem de fração grossa (Van Leeuwen; Roby; Rességuier, 2018).

A temperatura do solo na zona da raiz afeta a fenologia, mas o faz de forma menos decisiva em comparação com a temperatura do ar. A temperatura do solo depende do balanço de energia, que está relacionado à cor do solo e ao albedo (proporção da luz solar refletida no solo), declive e direção (Van Leeuwen; Roby; Rességuier, 2018). Também é altamente impactado pelo conteúdo de água, porque a água tem uma alta capacidade calorífica específica. Solos úmidos aquecem mais lentamente em comparação com solos secos (Tescic et al., 2002).

O solo fornece para a videira macronutrientes como N, P, K, Mg, S, Ca e micronutrientes como Fe, B, Mn, Zn, Cu, entre outros. Existem poucas evidências que os nutrientes do solo sejam essenciais para expressão do *terroir*, ou seja não há ainda uma comprovação de que a captação de nutrientes pela videira se transforma ou influencia a síntese de compostos aromáticos ou outros atributos de interesse (Van Leeuwen; Roby; Rességuier, 2018).

Em um estudo publicado por Van Leeuwen et al., (2004) que avaliou a influência de componentes de solo, climáticos e de cultivar constatou-se que a absorção de nutrientes pela videira não teve um impacto significativo na qualidade da uva.

Entretanto isso não significa que os nutrientes não tenham nenhuma influência no vinho. O potássio influencia predominantemente o pH e a acidez do mosto e do vinho, o aumento de pH pode facilitar o ataque de microrganismos contaminantes e a presença do potássio no solo está intimamente ligado ao material de origem ou a fertilização excessiva (Ribéreau-Gayon, 2006).

O nitrogênio é abordado de maneira distinta, trata-se de um nutriente crucial para diversas culturas agrícolas, incluindo a videira. Ao contrário dos demais macronutrientes e micronutrientes, o nitrogênio exerce uma influência direta e significativa sobre o desenvolvimento da videira. O nível de fornecimento de nitrogênio influencia o vigor, o momento da colheita, o tamanho da baga e impacta tanto os metabólitos principais da uva (açúcar, ácidos orgânicos) quanto os metabólitos secundários (compostos fenólicos, aromas e precursores do aroma) (Keller, 2015). A concentração de nitrogênio da uva depende da variedade, do porta-enxerto, do ambiente e das condições de cultivo - especialmente da fertilização com nitrogênio (Ribéreau-Gayon, 2006).

Muitos viticultores possuem um conhecimento empírico, das relações entre as propriedades do solo em um local e a composição das uvas e dos vinhos produzidos: o que falta na maioria dos casos é uma compreensão quantitativa dessas relações (White, 2020).

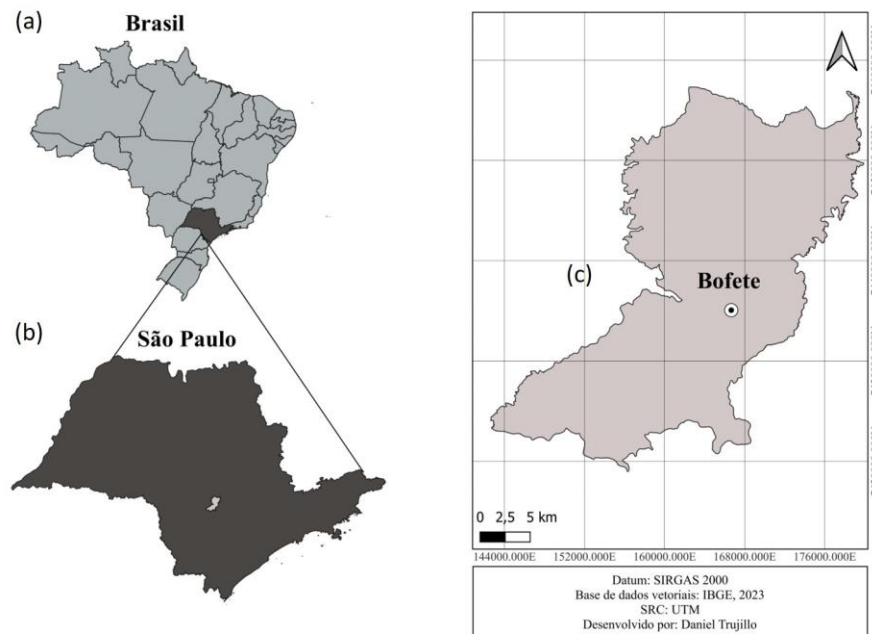
Estudos relacionados à Ciência do Solo, embora necessários, não podem, por si só, permitir descrever e compreender o funcionamento da planta e a evolução bioquímica do fruto (Deloire et al., 2005). É necessária uma abordagem global que leve em consideração todos os atributos da planta e dos frutos em relação ao contexto ambiental para compreensão qualitativa da colheita e dos vinhos (Deloire et al., 2005).



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Descrição do meio físico da área

O presente estudo foi desenvolvido em um vinhedo comercial localizado no município de Bofete, SP, Brasil (Zona 22 K longitude UTM 780851.12 m E, latitude 7442500.89 m S e 525 m de altitude) (Figura 1). O clima predominante no município é do tipo Cfa, subtropical úmido com verão quente caracterizado por uma distribuição uniforme de chuvas ao longo do ano e invernos amenos (Köppen; Geiger, 1936; Alvares et al. 2013).



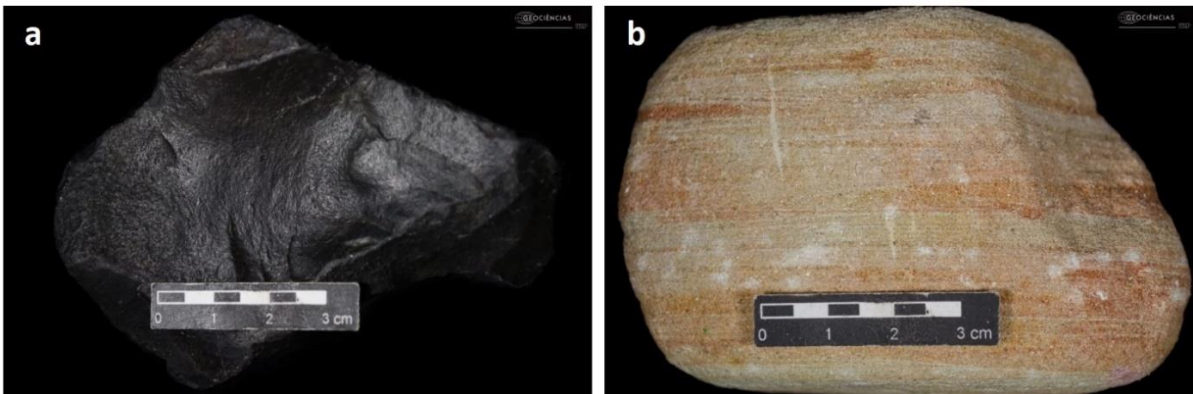
**Figura 1.** Localização geográfica nacional (a), estadual (b) e municipal da área de estudo 1 (c). Fonte: IBGE, 2023.

A área de estudo está localizada na borda da Depressão Periférica Paulista, na Bacia do Paraná, já no contato com as escarpas das Cuestas arenito-basálticas. O vinhedo se situa no topo de um morro amplo, com um relevo suave ondulado, remanescente do planalto ocidental e isolado deste por processos erosivos (Figura 2). O entorno é dominado por arenitos triássicos da Formação Piramboia, com sobreposição dos arenitos eólicos e basaltos do Jurássico-Cretáceo da Formação Serra Geral (Figura 3) (CPRM, 2023).

A área experimental do vinhedo está localizada em um polígono cujas coordenadas UTM estão dentro da Zona 22 K e são: Ponto 1 780970.85 m E, 7436251.28 m S; Ponto 2 781137.31 m E, 7436276.86 m S; Ponto 3 781161.83 m E, 7436153.74 m S; Ponto 4 780990.58 m E, 7436126.87 m S. A altitude da área de estudo varia de 921 m a 900 m, acima do nível do mar.



**Figura 2.** Visão geral da Fazenda Refugio. Vinhedos localizados a uma elevação de 920m em um remanescente do planalto arenítico-basáltico na borda da Depressão Periférica Paulista, na Bacia do Paraná, no município de Bofete (SP). As áreas mais baixas são dominadas pelos arenitos da Formação Pirambóia, enquanto o topo do morro é composto por basaltos da Formação Serra geral. Fonte: (Google Earth, maio, 2023).



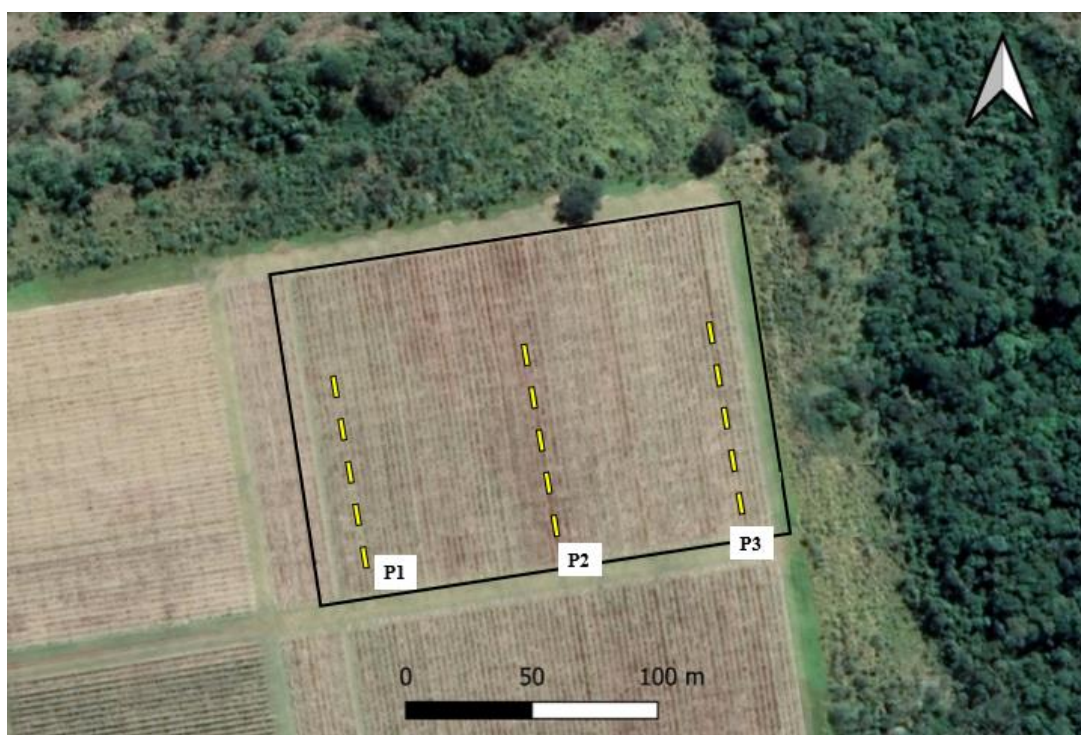
**Figura 3.** a - Basalto da Formação Serra Geral; b – Arenito da Formação Pirambóia. Fonte: Rochas - Materiais Didáticos, (IGC, USP).

Para caracterização dos solos da área foram abertas duas trincheiras, de 2m de profundidade, contemplando a posição superior e inferior da topossequência. Os perfis de solo foram descritos morfologicamente seguindo o Manual de coleta e descrição de solo no campo (Santos et al., 2015). Também, foram coletadas amostras deformadas para análises químicas e físicas, com o intuito de classificar os perfis até o 4º nível categórico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS) (Santos et al., 2018) e de acordo com o World Reference Base – WRB (IUSS Working Group 2015).

A implantação do vinhedo ocorreu no ano de 2019, com orientação geográfica das linhas de plantio em norte-sul. A variedade de uva implantada foi a Syrah, enxertada sobre porta-enxerto Paulsen 1103. O sistema de

condução utilizado foi o de espaldeira com espaçamento entre linhas de 2,5 m e entre plantas de 1 m. Antes da implantação do vinhedo, a área era utilizada como pastagem para bovinocultura.

A área experimental consiste em uma toposequência com declive variando de 8 à 13%, de oeste para leste, com comprimento de 180 m. Foram selecionadas três posições de linhas de plantio distantes entre si aproximadamente 90 m. As posições foram divididas em: posição (P1) correspondendo à parte superior da área, posição 2 (P2) correspondendo à parte intermediária e posição 3 (P3) correspondendo à parte inferior (Figura 4). Para cada posição foram selecionados cinco blocos, com cada bloco contendo 6 plantas, as quais foram realizadas as amostragens de solo e avaliações nas videiras e nas uvas colhidas.



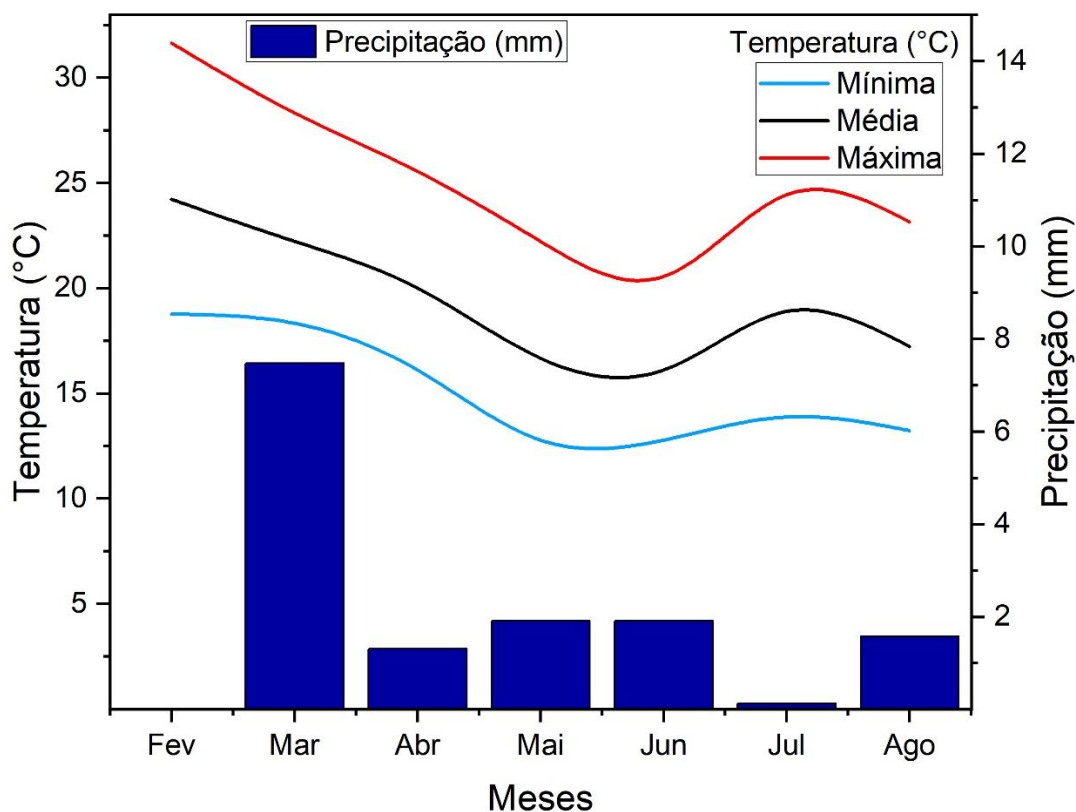
**Figura 4.** Área experimental localizado em vinhedo de ‘Syrah’, em Bofete, SP. Foram realizadas as análises em três ruas de plantio (P1, P2 e P3). Fonte: Google earth® (software) e QGIS® (software).

O experimento foi realizado no período de fevereiro a agosto de 2022, abrangendo as principais fases fenológicas da videira, como desenvolvimento, *veraison* e maturação das uvas.

Para algumas análises foram consideradas os dias após a poda (DAP) como medidas de tempo, sendo o dia 24 de fevereiro o dia em que foi realizada a poda do ciclo produtivo de inverno e o dia 18 de agosto a data de colheita (175 DAP).

As condições agroclimáticas, incluindo as temperaturas mínima, média e máxima mensais (°C) e a precipitação (mm), foram coletadas durante o período entre a poda e a colheita (Figura 5).





**Figura 5.** Dados climáticos da área experimental de vinhedo ‘Syrah’, entre o período da poda (P) das videiras e a colheita (C), no município de Bofete, SP.

### 3.2. Características físico-hídricas dos perfis

Para compreender as características físico-hídricas da área experimental, foram coletadas amostras indeformadas dos perfis, para determinação da curva de retenção de água no solo (CRA) conforme metodologia de (Júnior et al., 2007 e Teixeira et al., 2017).

Amostras de solo foram coletadas em triplicata para cada profundidade dos perfis listados a seguir (Tabela 1).

**Tabela 1.** Perfis e profundidades amostradas de cada área para determinação da CRA.

Perfil	Profundidade (cm)
1	0 - 5, 30 - 40, 70 - 80, 130 - 140cm
2	0 - 5, 60 - 70, 110 - 120, 150 - 160cm

A coleta foi realizada utilizando cilindros de aço inox de 100 cm<sup>3</sup>, auxiliados por trado tipo castelinho e martelo. As amostras foram levadas ao Laboratório de Física do Solo da ESALQ, onde foram limpas com auxílio de espátula e envoltos por membrana porosa, presa por uma liga de borracha, a partir de sua base (Júnior et al., 2007; Teixeira et al., 2017). Posteriormente as amostras foram saturadas em água deionizada por 48 horas.

A determinação da CRA foi realizada utilizando câmaras de Richards, onde as amostras indeformadas foram submetidas as tensões de -0,1, -3, -6, -10, -33, -100, -500 e -1500 kPa. Após a estabilização em cada tensão aplicada, a amostra era saturada novamente e então submetida ao novo valor de tensão.

Para a construção da CRA, os dados obtidos foram ajustados de acordo com o modelo de Van Genuchten (1980) (Equação 1) com a restrição de Mualem ( $m=1-(1/n)$ ), utilizando o software RETC®.

Além da CRA, as amostras indeformadas foram utilizadas para determinação da distribuição das classes de poros, densidade do solo ( $D_s$ ) e densidade de partículas ( $D_p$ ).

A distribuição das classes de poros pode ser obtida pela teoria de capilaridade (equação de capilaridade). As classes de poros foram adaptadas de (Brewer, 1964), sendo consideradas as classes de Macroporos ( $> 40 \mu\text{m}$ ), Mesoporos (15 - 40  $\mu\text{m}$ ), Microporos (2,5 - 15  $\mu\text{m}$ ) e Ultramicroporos (0,05 - 2,5  $\mu\text{m}$ )

Com o método do anel volumétrico (Teixeira et al., 2017), obteve-se a  $D_s$  ( $\text{g cm}^3$ ) por meio da relação entre a massa do solo seco a 105° C e o volume ocupado pelo cilindro.

A  $D_p$  ( $\text{g cm}^3$ ) foi obtida com o uso do picnômetro de gás hélio da Micromeritics Instrument Corporation®, modelo AccuPyc 1330 (Flint; Flint, 2018).

(1)

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha |\Psi_m|)^n]^m}$$

Em que:  $\theta$  representa o conteúdo de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $\theta_r$  representa o conteúdo de água residual ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $\theta_s$  representa o conteúdo de água no solo saturado ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $\Psi_m$  representa o potencial matricial de água no solo;  $\alpha$ ,  $m$  e  $n$  são parâmetros empíricos do modelo, que dependem das propriedades físicas do solo e são determinados a partir de dados experimentais, sendo que  $m$  foi obtido considerando a restrição de Mualem ( $m=1-(1/n)$ ) (Mualem, 1976).

### 3.3. Delineamento experimental das áreas

O delineamento experimental aplicado foi em blocos casualizados (DBC), contemplando diferentes posições da área de estudo. As posições foram divididas em superior (P1), intermediária (P2) e inferior (P3), com cinco repetições (R1, R2, R3, R4 e R5), com seis plantas em cada repetição.

### 3.4. Análises realizados no vinhedo

#### 3.4.1. Análises de solo

A coleta de amostras de solo deformadas para fins de análises físicas e químicas, foi realizada durante a fase do *veraison* (mudança de cor das bagas).

Foram coletadas amostras estratificadas dos blocos nas camadas de 0 – 10, 10 – 20, 20 – 40, 40 – 60 e 60 – 100cm, utilizando trado helicoidal do tipo holandês. Para representação real de todo o bloco, foram coletadas 5

subamostras de cada bloco, sendo cada coleta realizada entre plantas na linha de plantio, no qual compuseram uma amostra composta de cada profundidade.

Antes da realização das análises, as amostras deformadas foram preparadas, através da secagem ao ar, seguidas de moagem e passagem por peneira de malha de 2,0 mm, obtendo-se a fração terra fina seca ao ar (TFSA) conforme metodologia de (Teixeira et al., 2017).

#### **3.4.1.1. Análise granulométrica**

A análise granulométrica das amostras de solo (areia, silte e argila) foi realizada pelo método do densímetro (Bouyoucus) (Gee; Or, 2002; Teixeira et al., 2017).

O procedimento consistiu na dispersão de 50 g de amostra de solo em solução de 250 ml de água deionizada e 10 mL de solução de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ ), onde as amostras foram agitadas por 16 horas. Em seguida, a amostra foi passada em peneira de malha de 0,053 mm para separação da fração areia. A solução restante foi transferida para uma proveta graduada de 1000 mL, onde ela foi agitada por 1 minuto, permanecendo em repouso por 6 horas. Após esse período, foi feita a leitura com o densímetro para determinação da fração argila, e a fração silte calculada por diferença entre frações areia e argila.

#### **3.4.1.2. Análises químicas**

A análise química das amostras, foi realizada conforme métodos descritos em Raij et al., (2001). O pH foi determinado pela leitura em potenciômetro em solução de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$  0,01 mol  $\text{L}^{-1}$ ) (Quaggio; Raij, 2001). A acidez potencial (H + Al), foi determinado pela leitura do pH, após extração em solução tampão SMP (Quaggio; Raij, 2001).

O teor de matéria orgânica foi determinado por espectrofotômetro (colorimetria), após oxidação do carbono orgânico ( $\text{CO}_2$ ) em solução de dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,667 mol  $\text{L}^{-1}$ ) e ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 mol  $\text{L}^{-1}$ ), os valores de matéria orgânica foram obtidos multiplicando os teores de C orgânico assim determinados pelo fator 1,724 (Cantarella; Quaggio; Raij, 2001). As formas trocáveis dos íons potássio ( $\text{K}^+$ ) e fósforo (P), foram determinadas por fotômetro de chama e espectrofotômetro, respectivamente, após extração em solução de resina trocadora de íons (catiônica e aniônica) (Raij; Quaggio, 2001).

Os teores de cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) e Alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ) trocáveis foram determinadas por espectrofotômetro de absorção atômica e titulação em solução de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$  0,025 mol  $\text{L}^{-1}$ ), respectivamente, após extração em solução de cloreto de potássio ( $\text{KCl}$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ ) (Cantarella et al., 2001).

Com base nos resultados obtidos, foi possível calcular a soma de bases ( $\text{SB} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$ ), capacidade de troca catiônica (CTC efetiva =  $\text{SB} - \text{Al}$  e (CTC potencial =  $\text{SB} + \text{Al} + \text{H}$ ), saturação dos sítios de troca pelo  $\text{Al}^{3+}$  trocável ( $\text{m}\% = (\text{Al} / \text{CTC}) \times 100$ ) e saturação dos sítios de troca pelas bases ( $\text{V}\% = \text{SB} / \text{CTC} \times 100$ ).

Também, foram determinados os teores de micronutrientes trocáveis como boro (B), cobre ( $\text{Cu}^{+2}$ ), ferro ( $\text{Fe}^{+3}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{+2}$ ) e zinco ( $\text{Zn}^{+2}$ ). O B determinado por espectrofotômetro, após extração em solução de cloreto de bário ( $\text{BaCl}_2$  1,25 g  $\text{L}^{-1}$ ) (Abreu; Abreu; Andrade, 2001b). O Cu, Fe, Mn e Zn determinados por espectrofotômetro de absorção atômica, após extração em solução de DTPA – ácido dietilenotriaminopentaacético

(DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup>) + trietanolamina (TEA 0,1 mol L<sup>-1</sup>) + cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,01 mol L<sup>-1</sup>), a pH 7,30 (Abreu; Abreu; Andrade, 2001a).

### 3.4.1.3. Monitoramento da umidade do solo ao longo do tempo

Durante o período de desenvolvimento da uva até a colheita, foi realizado o monitoramento de umidade volumétrica do solo a campo. O monitoramento ocorreu por meio da inserção da sonda Trime pico IPH® em tubos de TECANAT para acesso, previamente instalados a campo.

Devido às limitações técnicas para instalação dos tubos em todos os blocos, optou se pela instalação somente em dois blocos por posição, para maior representação da área foram escolhidos os blocos (R1 e R5). Em cada local as leituras foram realizadas nas camadas de 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60 e 60 - 80 cm, a 111, 138, 155 e 168 DAP.

A sonda utilizada no monitoramento se baseia na técnica da reflectometria sob o domínio do tempo (TDR). Essa técnica foi desenvolvida para medir a constante dielétrica de um determinado material, enviando um impulso elétrico e medindo o tempo que o sinal leva para retorno, permitindo determinar diferentes propriedades do solo (Topp; Davis; Annan, 1980). Para além da umidade a leitura fornecida pela sonda permitiu a obtenção de dados de temperatura e condutividade elétrica.

Para calibrar os dados de umidade obtidos pela sonda, em algumas medições também foram coletadas nas mesmas profundidades, amostras de solo para determinação da umidade gravimétrica (g kg<sup>-1</sup>) (Equação 2), conforme Manual de métodos de análise de solo da Embrapa (Teixeira et al., 2017). Para obtenção da umidade gravimétrica corrigida.

(2)

$$CGA = \left( \frac{a - b}{b} \right)$$

Em que: CGA é o conteúdo gravimétrico da água (g kg<sup>-1</sup>); a é a massa da amostra úmida (g) e b é a massa da amostra seca a 105°C até seu peso constante (g).

## 3.4.2. Avaliações agronômicas das videiras 'Syrah'

### 3.4.2.1. Análises nutricionais do tecido vegetal

Para complementar às análises químicas de solo, foram realizadas análises dos teores de macro e micronutrientes presentes no tecido vegetal. A coleta de tecido vegetal foi realizada simultaneamente à amostragem de solo para análises químicas e físicas. A análise química das amostras foi realizada conforme métodos descritos em (Santos et al., 2009).

A escolha do tecido vegetal amostrado é de grande importância na avaliação do estado nutricional da videira. Em alguns métodos, a lâmina foliar é utilizada para análises, enquanto em outros, o pecíolo é preferido. Para este estudo, somente a lâmina foliar foi escolhida para avaliar o estado nutricional, uma vez que tem demonstrado

menor variação na concentração de nutrientes do que o pecíolo (Benito et al., 2013; Schreiner; Scagel, 2017; Baby et al., 2021; Karl et al., 2023).

A coleta das folhas ocorreu no período do veraison, quando quase todos os cachos já estavam corados (90%). De acordo com o trabalho de Benito et al., (2013), o período para amostragem com confiança pode se estender por toda fase do veraison até o período de maturação avançada.

Para cada bloco do experimento, foi constituída uma amostra composta das seis plantas, sendo coletada uma folha por planta. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em embalagem de papel e levadas para secagem em uma temperatura de 65 °C até seu peso constante. Foram amostradas as folhas opostas ao primeiro cacho basal (OIV, 1996; Pereira et al., 2000; Romero; García-Escudero; Martín, 2010), já que elas representam melhor o estado nutricional da planta (OIV, 1996).

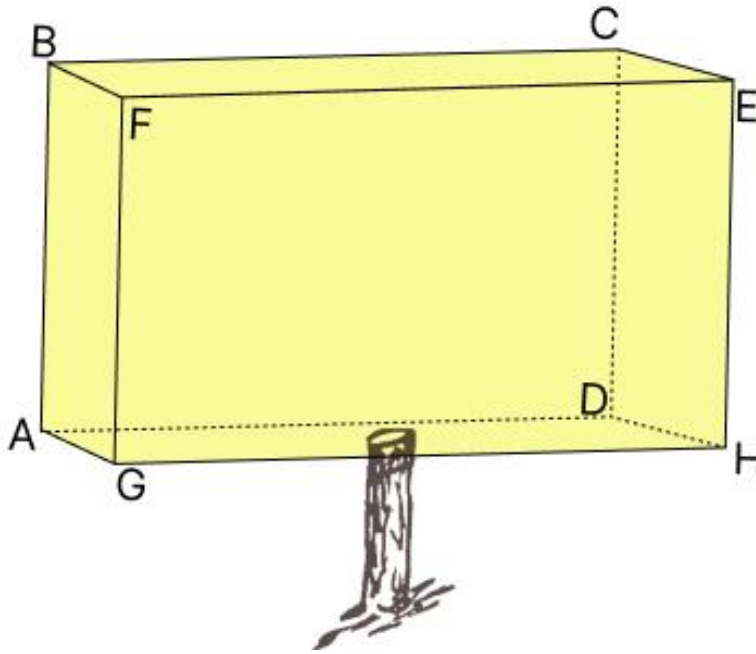
Em seguida as amostras foram moídas, peneirada através de malha de 1,0 mm, e acondicionadas para início dos procedimentos de quantificação das concentrações de macro e micronutrientes.

O nitrogênio ( $\text{NH}_4^+$ ) foi determinado por titulação Kjeldahl, após digestão em ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e destilação (Miyazawa et al., 2009). Para P ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ), K, Ca, Mg e S ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), após digestão úmida nitroperclórica (solução de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) + ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ )) (Miyazawa et al., 2009). A quantificação de P ocorreu por colorimetria (metavanadato de amônio), a de K por fotometria de chama, Ca e Mg foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica, enquanto S por espectrofotometro (turbidimetria do sulfato de bário) (Miyazawa et al., 2009).

Para os micronutrientes como Cu, Mn, Fe e Zn, após digestão nitroperclórica Santos et al., (2009). O Cu, Mn, Fe e Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Miyazawa et al., 2009). O B, foi determinado por espectrofotometro (azometina H), após incineração (Miyazawa et al., 2009).

#### **3.4.2.2. Área de superfície foliar (ASF)**

Como indicador indireto do vigor vegetativo, foi realizada a quantificação da área de superfície foliar externa do dossel (ASF) ( $\text{m}^2$ ) (Smart, 1973, 1985; Smart; Robinson, 1991). O método considera todas as faces do dossel expostas a luz solar, como seções transversais, assumidas como perpendiculares (modelo retangular) (Figura 6).



**Figura 6.** Diagrama esquemático da copa da videira. A copa absorve a radiação nas paredes (ABCD, BCEF e EFGH), a soma das áreas destes planos é denominada área de superfície foliar (ASF). A radiação refletida do solo também pode ser absorvida pela parede inferior (ADHG), mas esta contribuição é tão pequena que pode ser negligenciada (SMART, 1985). Fonte adaptado de (SMART, 1985).

Devido às heterogeneidades que podem ocorrer no desenvolvimento vegetativo de cada planta, considerou-se para padronização, as medidas de manejo utilizadas pela equipe técnica da vinícola. Assim, foi considerada a altura do ramo produtivo de: 1,2 m x 1 m de espaçamento entre plantas ( $1,2 \text{ m}^2$ ), para cada lateral do dossel. Somando-se os dois lados ( $2,4 \text{ m}^2$ ) e a área do topo 1 m de comprimento entre plantas x 0,5 m de largura do dossel ( $0,5 \text{ m}^2$ ), totalizando como área total de superfície foliar analisada  $2,9 \text{ m}^2$ .

O método consistiu em capturar fotografias individualizadas das plantas que compõem o experimento, as quais foram tiradas com uma lona plástica de fundo branco com medidas conhecidas (1,65 x 1,52 m) posicionada ao fundo (Figura 7), de modo a proporcionar contraste entre as folhas fotossinteticamente. Após a captura das imagens, elas foram processadas por meio do software ImageJ®, para obtenção dos valores referentes a área efetiva de dossel presente.

Para análise dos resultados, foram considerados os valores médios de cada bloco do experimento.



**Figura 7.** Captura de imagem de uma videira ‘Syrah’ para mensuração da área de dossel fotossinteticamente ativa.

### 3.4.2.3. Potencial hídrico da videira

Para acompanhamento do estado hídrico da videira, durante o desenvolvimento da uva, em complemento as análises físico-hídricas dos blocos e perfis, foi realizado o monitoramento do potencial hídrico da videira ( $\Psi$ ), no período que antecedeu o pintor até a colheita da uva, no período de 111, 138 e 168 DAP, com o uso da câmara de Scholander (Scholander et al., 1965), modelo PMS 1003, da Soilmoisture®. Com o uso da câmara de Scholander foi medido o potencial hídrico do caule ( $S\Psi$ ), que tem se mostrado uma sensível e confiável indicador do déficit hídrico da videira (Choné et al. 2001; Cole; Pagay, 2015; Myburgh; Howell, 2022).

A metodologia utilizada foi adaptada a partir de trabalhos anteriores (Choné et al., 2001; Deloire; Pellegrino; Rogiers, 2020; Myburgh, 2010) e consistiu na medição de folhas previamente ensacadas em embalagens de alumínio combinadas com polietileno, uma hora antes de cada medição. Esse procedimento é realizado para que a folha interrompesse sua transpiração e ocorresse o equilíbrio entre o potencial hídrico da folha ( $L\Psi$ ) e caule ( $S\Psi$ ) (Deloire; Pellegrino; Rogiers, 2020).

As medições ocorreram sempre no intervalo de 13 h e 15 h, considerando as limitações de tempo e logística ao realizar as medições em todos os blocos da área.

As medições foram realizadas para as posições P1, P2 e P3 nos blocos de repetição R1, R3, R5 de cada posição. Para cada bloco de repetição, as medições foram realizadas em triplicata, em folhas localizadas nas posições do limite superior do dossel vegetativo.

### 3.4.3. Acompanhamento da maturação das uvas

Para o monitoramento do processo de maturação das uvas, foram coletadas amostras compostas representativas das posições P1, P2 e P3, em quatro diferentes períodos (111, 138, 155 e 175 DAP), sendo o último período a data de colheita. Cada amostra incluiu as repetições R1, R2, R3, R4 e R5 de cada posição, contemplando 50 bagas representativas de diferentes posições do cacho, como posição superior, média e inferior. Após a coleta, cada amostra foi acondicionada em embalagem plástica e armazenada em congelador, até o início das análises laboratoriais.

Doze horas antes do início das análises, as amostras foram descongeladas. Em seguida esmagadas manualmente, e as partes sólidas separadas, resultando apenas no mosto homogeneizado.

O teor de sólidos solúveis foi realizado por leitura direta em refratômetro digital palette PR-101 $\alpha$ , Atago<sup>®</sup>, resultados expressos em °Brix (AOAC, (1995).

A acidez titulável das amostras foi determinada por volumetria potenciométrica (Zenebon; Pascuet; Tigne, 2008). 5 g da solução do mosto, pesadas, diluídas e homogeneizadas em 50 mL de água deionizada. O pH inicial de cada amostra foi medido com o pHmetro (Tecnal, tec 03 MP<sup>®</sup>), antes da titulação solução de hidróxido de sódio (NaOH 0,1N). Em seguida, a solução foi titulada, até o alcance do ponto de equivalência, que é representado pelo alcance de pH entre 8,2 - 8,4. A acidez total foi calculada usando a (Equação 3). Todos os resultados foram expressos em (g L<sup>-1</sup>) de ácido tartárico.

(3)

$$\text{Acidez total (g/L ácido tartárico)} = \frac{V \times N \times 0,075 \times 1000}{P}$$

Em que: V representa o volume em mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação; N representa a normalidade da solução de NaOH; 0,075 representa o fator de equivalência para ácido tartárico (AOAC, 1995) ; 1000 representa a multiplicação necessária para expressão em g L<sup>-1</sup> e P representa a massa da amostra em gramas (g).

### 3.4.4. Composição bioativa da uva 'Syrah'

Para as análises da composição bioativa das uvas da cultivar Syrah, as uvas foram colhidas e processadas individualmente para cada bloco. Cada amostra foi composta por cachos de todas as seis plantas que compõem o bloco. Antes do início do processamento foi registrado a massa total de cada amostra (kg).

Antes do processamento das amostras, foi realizada a padronização de peso para todas as amostras, sendo considerado para padronização o menor valor encontrado entre todos os blocos. O menor peso encontrado para área foi de, 1,300 g.

Em seguida foi realizada a separação manual das bagas dos engaços. As bagas individualizadas de cada amostra foram alocadas em equipamento artesanal para elaboração de extrato de uva (Rizzoni; Manfroi; Meneguzzo, 1998) (Figura 8), que possui como princípio a extração dos compostos da uva por arraste de vapor d'água. O tempo de processamento para cada amostra foi de 1 hora à temperatura de 75 °C  $\pm$  5 °C, a quantidade de água utilizada no



equipamento para cada amostra foi de 9 L. A metodologia utilizada para a extração de compostos bioativos da uva foi de acordo com o método proposto e validado por Natividade et al., (2013).

Em seguida, as amostras foram envasadas em garrafas de 1,5 L e, posteriormente, amostras de 300 mL foram separadas e armazenadas a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  em Ultra freezer Sanyo®. As amostras foram descongeladas 24 horas antes do início das análises.



**Figura 8.** Imagem adaptada de Rizzon; Manfroi; Meneguzzo. (1998). Extrator a) recipiente com tampa para inserção da uva; b) recipiente do extrato; c) depósito de água.

#### 3.4.4.1. Fenólicos totais

O teor de fenólicos totais das amostras, foi analisado por espectrofotometria utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu para oxidação de todos os compostos fenólicos no extrato, e ácido gálico como padrão de referência (Singleton; Rossi, 1965).

O reagente de Folin-Ciocalteu é formado por uma mistura de ácido fosfotúngstico ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ ) e ácido fosfomolibdico ( $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ ), que após a oxidação de todos os fenóis, é reduzida a uma mistura de óxidos azuis de tungstênio ( $\text{W}_8\text{O}_{23}$ ) e de molibdênio ( $\text{Mo}_8\text{O}_{23}$ ) (OIV, 2021). A coloração produzida tem um máximo de absorção na região de 750 nm e é proporcional à quantidade total de compostos fenólicos presentes (OIV, 2021).

O procedimento consistiu na separação de uma alíquota de 0,5 mL de cada amostra, que foi diluída em água deionizada na proporção de 1:20 (v/v) e transferida para tubos de ensaio. Adicionou-se 2,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu, que foi previamente diluído em água deionizada na proporção de 1:10 (v/v). Em seguida a solução foi homogeneizada por meio de agitação e deixada em repouso por 5 min. Posteriormente foram adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) a 4% (v/v), e os tubos foram deixados em repouso por 2 horas ao

abrigo da luz. Após esse período a absorbância das soluções foi medida em 740nm em espectrofotômetro (UV Mini 1240, Shimadzo®).

A curva de calibração foi feita utilizando ácido gálico nas concentrações de 20 a 120  $\mu\text{m}/\text{mL}$ . Os resultados obtidos para o teor de fenólicos totais foram expressos como equivalentes de microgramas ( $\mu\text{g}$ ) de ácido gálico por mililitros de extrato ( $\text{mL}$ ) ( $\mu\text{g AG mL}^{-1}$ ).

#### **3.4.4.2. Atividade antioxidante pelo método ABTS**

A atividade antioxidante das amostras foi analisada por espectrofotometria por meio do método ABTS (ácido 2,2-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-ácidosulfônico) (Al-Duais et al. 2009; Brand-Williams; Cuvelier; Berset, 1995).

Inicialmente, foi preparada uma solução de ABTS 7mM e persulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) 140mM, em ambiente com ausência de luz, durante período de 16 horas. Uma vez que o radical é formado, ele é diluído em etanol, em seguida a absorbância é ajustada para  $0,700 \pm 0,200$  a 734nm. Em seguida, uma alíquota de 20 $\mu\text{m}$  do extrato foi transferida para tubos de ensaio, contendo 220 $\mu\text{m}$  da solução do radical  $\text{ABTS}^{\cdot+}$ . A reação ocorreu em ambiente com ausência de luz e temperatura ambiente por 6 min. Após esse período, a absorbância foi medida em leitora de microplacas SpectraMax® a 730nm. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol Trolox mL}^{-1}$ . A curva de calibração foi construída utilizando trolox como padrão nas concentrações de 12,5 a 200  $\mu\text{M}$ . A concentração expressa em trolox é usualmente utilizada como curva padrão em testes de atividade antioxidante.

#### **3.4.4.3. Atividade antioxidante pelo método DPPH**

A atividade antioxidante das amostras foi analisada pelo método DPPH (1,1-difenil-2-2picril-hidrazil(Al-Duais et al., 2009); Brand-Williams; Cuvelier; Berset, 1995).

Para determinação da atividade antioxidante, alíquotas de 66  $\mu\text{L}$  da amostra, da curva padrão ou do branco foram pipetadas em uma microplaca. Em seguida, foram adicionados 134  $\mu\text{L}$  de solução do radical livre DPPH 150  $\mu\text{M}$  em etanol P.A. A solução foi agitada e após 45 min em ambiente com ausência de luz, a absorbância foi medida em leitora de microplacas SpectraMax® a 517 nm. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol Trolox mL}^{-1}$ . O etanol foi utilizado como branco e a curva de calibração foi construída utilizando Trolox como padrão, nas concentrações de 20 a 140  $\mu\text{M}$ .

#### **3.4.4.4. Obtenção dos teores Resveratrol e Polidatina**

Os teores de resveratrol e sua forma glicosilada, polidatina, foram determinados utilizando cromatografia líquida de alta eficiência de fase reversa (RP - HPLC). todas as amostras foram analisadas em triplicata (Callemien et al., 2005; Counet; Callemien; Collin, 2006) .

Antes da análise as amostras foram submetidas ao processo de extração, a partir de metodologia adaptada de (Ragab et al., 2006). Nesse processo alíquotas de 10 mL de acetato de etila foram adicionadas a 1 g de amostra, com extração realizada em banho-maria a 70°C por 30 min. Em seguida as amostras foram centrifugadas a 9500

RPM durante 6 min e o sobrenadante foi filtrado e evaporado ao fluxo de nitrogênio. Após a evaporação, as amostras foram filtradas novamente e, em seguida, foi adicionado 1 mL de metanol, resultando nos extratos prontos para determinação.

Cada extrato de amostra foi injetado em volume de 25  $\mu\text{L}$  no HPLC (Shimadzu<sup>®</sup>), acoplado a um detector de matriz de fotodiodos (SPD-M10AVp, Shimadzu<sup>®</sup>), em 300 nm a uma coluna de fase reversa (250 mm x 4,6mm, tamanho de partícula de 5 $\mu\text{m}$ ). Para a fase móvel foi utilizada uma solução de água, acetonitrilo e ácido fórmico (98,9: 1,0: 0,1 v/v/v) como solvente A e acetonitrilo como solvente B, a uma taxa de fluxo constante de 1 mL min<sup>-1</sup>. Os cromatogramas foram analisados utilizando o software Class-VP<sup>®</sup>. O resveratrol e a polidatina foram identificadas com base em seus espectros de absorção eletrônica localizados na faixa de (200 – 400 nm), tempo de retenção cromatográfica e sobreposição do padrão correspondente. O limite de detecção e o limite de quantificação foram 0,25  $\mu\text{g mL}^{-1}$  a 5  $\mu\text{g mL}^{-1}$  respectivamente.

### 3.5. Análises estatísticas

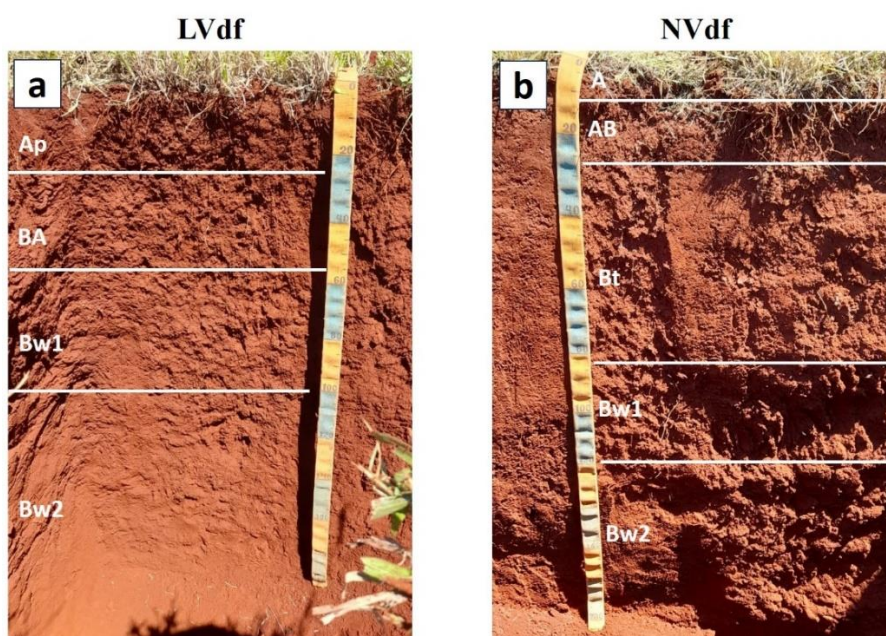
Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Logo após foi aplicado teste de normalidade Shapiro-Wilk e homogeneidade Bartlett, para verificar o cumprimento dos pressupostos da análise de variância. Em caso descumprimento das pressuposições da análise de variância foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis para verificar hipótese de igualdade dos tratamentos.

Devido ao grande número de variáveis envolvidas, no presente estudo, também foi aplicado a correlação de Pearson para identificações das correlações envolvidas entre as variáveis, considerando o nível de significância em  $< 0,10$ . Além disso, foram realizadas análises multivariadas, como análise de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento hierárquico (*Cluster*). Todas as análises e gráficos foram realizados no software R (R Core Team, 2016).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Descrição, classificação e características gerais dos perfis da área de estudo

Os solos da área em estudo são derivados do basalto da Formação Serra Geral e foram descritos em duas posições do relevo. A primeira posição está localizada na parte superior da área experimental, enquanto a segunda posição está na parte inferior da área experimental. Ambos os perfis apresentam conteúdos de argila similar, sendo profundos e distróficos, com pequenas diferenças morfológicas e analíticas entre si. Contudo, os solos não apresentaram a mesma classificação. O perfil da posição superior foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO distroférico típico - LVdf (SIBCS), Rodhic Ferritic Ferralsol (Clayic, Dystric) (WRB) (Apêndice A), já o perfil da posição inferior foi classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distroférico latossólico – NVdf (SIBCS), Dystric Rhodic Ferritic Sideralic Nitisol (Vetic) (WRB) (Apêndice B) (Figura 9).



**Figura 9.** Perfis de solo da área de estudo. a) LVdf -LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico. b) NVdf - NITOSSOLO VERMELHO Distroférico latossólico, localizados em Bofete, SP.

O perfil LVdf apresentou profundidade superior a 2 m, com sequência de horizontes Ap, BA, Bw1 e Bw2. A quantidade de argila apresentou variação de 68% no horizonte A para 76% no horizonte B, com ligeiro incremento em profundidade ( $RT=1,09$ ), todos os horizontes se enquadraram na classe textural muito argilosa. Foi observada pouca variação com relação a Ds do solo, com valores variando de 1,05 a 1,20 ( $g\ cm^{-3}$ ). Atribui-se o valor de 1,20 ( $g\ cm^{-3}$ ), a uma compactação no horizonte Ap. Os valores de pH em água ( $H_2O$ ) variaram de 4,72 – 4,9 e de pH em Cloreto de Potássio (KCl) variaram de 4,05 – 4,11. A saturação por bases (V%) variou de 33% no horizonte Ap a 12% no horizonte B, enquanto a saturação por alumínio variou de 21% no horizonte Ap a 71% no horizonte B (Tabela 2).

**Tabela 2.** Principais atributos de solo para o perfil LVdf, observado em vinhedo no município de Bofete, SP.

Hz.	Prof. (cm)	Argila (c/ disp) g kg <sup>-1</sup>	Ds	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	V%	m%
Ap	0 - 25	685	1,20	4,80	4,11	33	21
BA	25 - 55	757	1,05	4,81	4,02	24	50
Bw1	55 - 100	739	1,14	4,72	4,01	14	67
Bw2	100 - 200+	763	1,14	4,90	4,05	12	71
Relação textural			1,09				

Para o perfil NVdf, o mesmo apresentou profundidade superior a 2 m, e uma sequência de horizontes A, AB, Bt, Bw1 e Bw2. A quantidade de argila apresentou variação de 58% no horizonte A para 76% no horizonte B, com ligeiro incremento em profundidade (RT= 1,10), com uma variação na classe textural de argilosa a muito argilosa. A Ds do solo, também demonstrou pouca variação, com valores entre 1,11 – 1,25 (g cm<sup>3</sup>). Atribui – se os valores de 1,25 e 1,20 (g cm<sup>3</sup>), a compactação nos horizontes A e AB. Os valores de pH em água (H<sub>2</sub>O) variaram de 5,13 a 6,98, sendo que o valor máximo de 6,98 foi registrado para o horizonte A. Em relação ao pH em Cloreto de Potássio (KCl), os resultados variaram de 4,07 – 5,09. A saturação por bases (V%) variou de 88% no horizonte A a 20% no horizonte B, enquanto a saturação por alumínio (m%) variou de 0% no horizonte A a 44% para o horizonte B (Tabela 3).

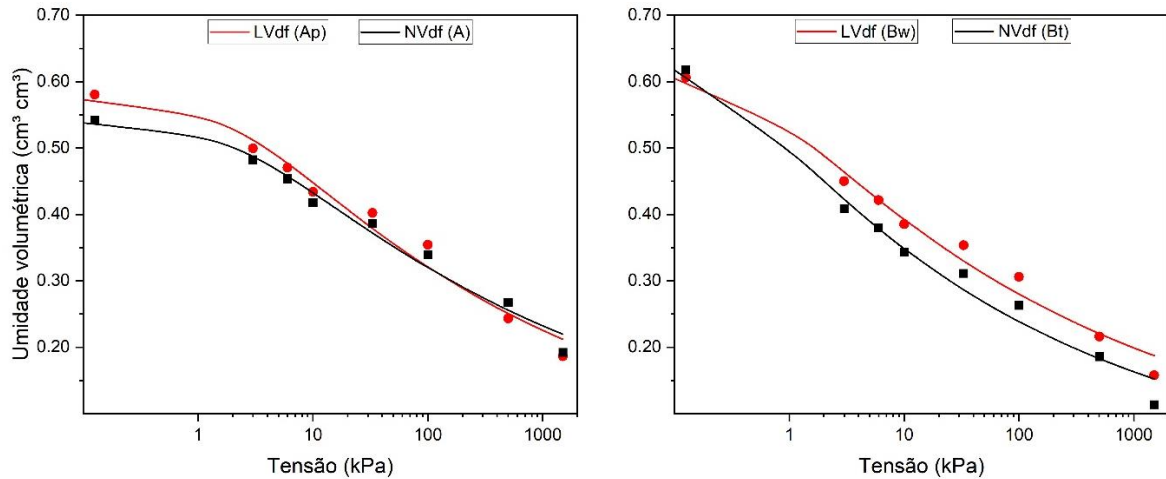
**Tabela 3.** Principais atributos de solo para o perfil NVdf, observados em vinhedo no município de Bofete, SP

Hz.	Prof. (cm)	Argila (c/ disp) (g kg <sup>-1</sup> )	Ds	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	V%	m%
A	0 - 10	586	1,25	6.98	5,90	88	0
AB	10 - 25	581	1,20	5.26	4,25	39	16
Bt	25 - 80	704	1,13	5.13	4,07	20	50
Bw1	80 - 120	704	1,11	5.34	4,09	22	54
Bw2	120 – 200+	761	1,12	5.32	4,16	24	44
Relação textural			1,10				

#### 4.1.1. Características físico-hídricas dos perfis

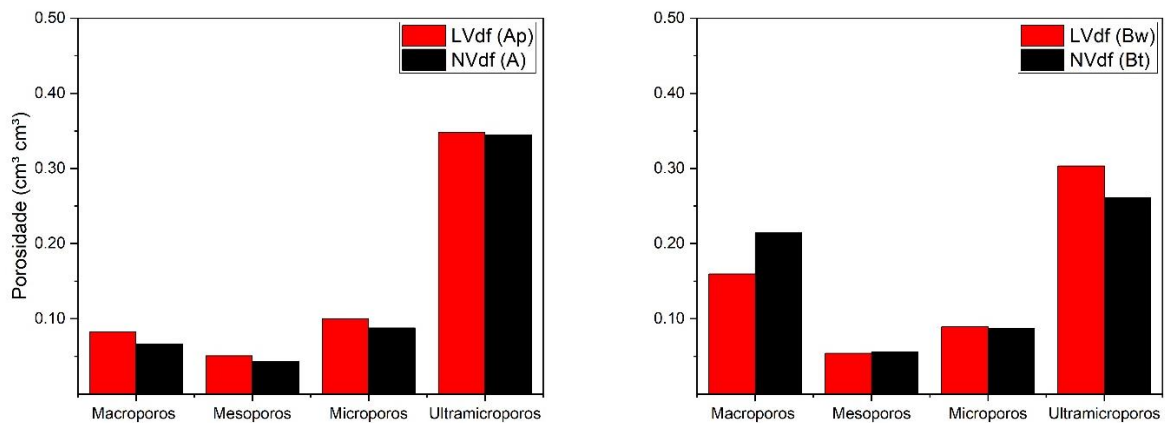
Embora a curva de retenção de água (CRA) tenha sido realizada para ambos os perfis, em todos os horizontes descritos, serão apresentados e comparados apenas os dados referentes aos horizontes Ap, A, Bw e Bt, uma vez que o monitoramento de umidade ao longo do tempo, que será apresentado posteriormente, realizado nas posições P1, P2 e P3, abrange somente esses horizontes. Para cálculo das classes de poros e do conteúdo de água disponível (AD) também foram considerados os mesmos horizontes.

Na comparação dos horizontes A foi possível observar que em altas tensões, o LVdf apresentou maior conteúdo de água, entretanto a partir da tensão de -10 kPa a retenção de água é muito similar, com as curvas se invertendo levemente em algumas tensões para NVdf (Figura 10). Na comparação dos horizontes Bw e Bt houve uma diferenciação contínua para a maioria das tensões para LVdf, indicando maior retenção de água.



**Figura 10.** Curva de retenção de água no solo dos horizontes Ap, A, Bw e Bt dos perfis LVdf e NVdf

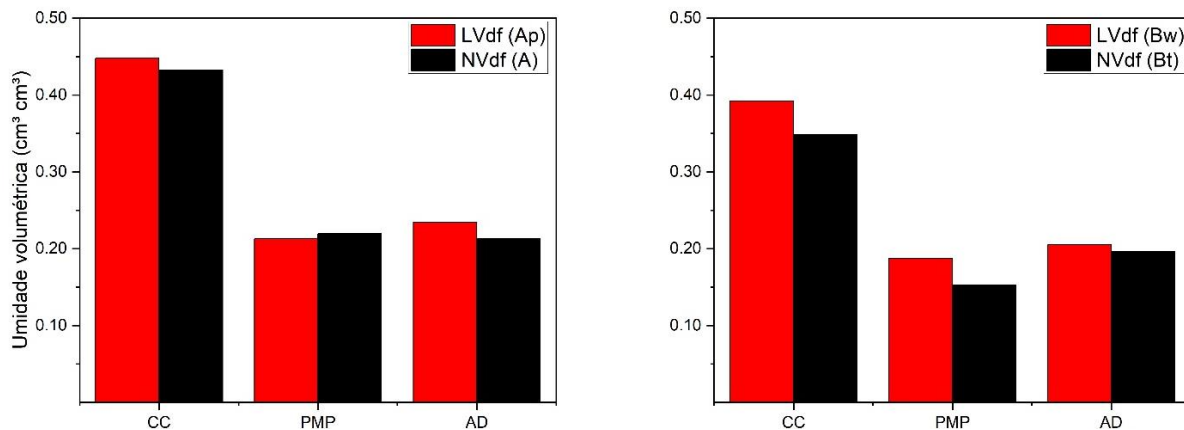
Quanto as classes de poros, foi possível observar que, para o horizonte Ap, o LVdf apresentou valores ligeiramente maiores em comparação com NVdf para todas as classes de poros. Ao analisar os horizontes Bw e Bt, os macroporos estavam em maior proporção em NVdf, com meso e microporos semelhantes para ambos perfis, e os ultramicroporos em maior proporção para LVdf (Figura 11).



**Figura 11.** Valores médios de Macroporos ( $> 40 \mu\text{m}$ ), Mesoporos ( $15 - 40 \mu\text{m}$ ), Microporos ( $2,5 - 15 \mu\text{m}$ ) e Ultramicroporos ( $0,05 - 2,5 \mu\text{m}$ ), dos horizontes Ap, Bw e Bt dos perfis LVdf e NVdf

Para a capacidade campo (CC), que é o conteúdo de água na tensão de  $-10 \text{ kPa}$ , e o ponto de murcha permanente (PMP), que é conteúdo de água na tensão de  $-1500 \text{ kPa}$ , foi possível observar que, ao comparar os horizontes Ap dos perfis, a CC foi maior para LVdf, enquanto que para o PMP ocorreu o comportamento inverso, sendo maior para NVdf. Ao comparar os horizontes Bw e Bt tanto a CC como o PMP, foram maiores para o LVdf (Figura 12)

Em ambos horizontes analisados, apesar de algumas diferenças o conteúdo de água disponível foi sempre maior para LVdf.



**Figura 12.** Conteúdo volumétrico na Capacidade de Campo (CC), Ponto de mucha permanente (PMP) e Água Disponível (AD) dos perfis LVdf e NVdf.

## 4.2. Análises de solo dos blocos

### 4.2.1. Granulometria e química do solo

Os resultados de granulometria (areia total - areia, silte e argila) e atributos químicos (pH, matéria orgânica - M.O, fósforo - P, cálcio - Ca, magnésio - Mg, potássio - K, alumínio - Al, acidez potencial - H + Al, soma de bases - SB, capacidade de troca catiônica - CTC, saturação dos sítios de troca pelas bases - V%, saturação dos sítios de troca pelo Al trocável m%, boro - B, cobre - Cu, ferro - Fe, manganês - Mn e zinco - Zn) para as posições P1, P2 e P3 em todos os blocos de repetição, foram analisados e comparados entre seus valores médios calculados para profundidade de 0 - 20 cm (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios de granulometria e atributos químicos de solo para cada posição, considerando a profundidade de 0 - 20cm

P	Variável										
	Areia	Silte	Argila	pH	M.O	P	Ca	Mg	K	Al	H+Al
	g kg <sup>-1</sup>			CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	Mg dm <sup>-3</sup>		mmolc dm <sup>-3</sup>			
	Média										
1	208,30a	78,40b	713,40a	5,35b	24,67b	51,14b	32,42c	26,59a	7,89b	0,10a	32,88a
2	193,40a	110,10ab	696,30a	6,01a	24,51b	266,96a	50,44b	29,72a	11,01a	0,10a	21,37b
3	217,70a	148,60a	633,60b	6,53a	27,20a	252,10a	104,56a	30,33a	8,02b	0,10a	14,79c
	Variável										
P	SB	CTC	V	M	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
	mmolc dm <sup>-3</sup>		-----%-----			mg dm <sup>-3</sup>					
	Média										
1	66,90c	99,77c	66,98c	0,14a	1,49a	7,29a	8,87a	33,87a	2,58b		
2	91,18b	112,55b	81,02b	0,11b	0,81b	7,48a	7,82b	18,53c	3,13b		
3	142,90a	157,69 <sup>a</sup>	90,59a	0,07c	0,55b	7,92a	6,56c	21,93b	5,28a		

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ )

Com relação a granulometria, a fração argila se destacou, sendo as posições 1 e 3 aquelas com maior diferença. Quanto aos atributos químicos, de pH, M.O, P, Ca, Mg, K, SB, CTC e V%, as maiores diferenças foram observadas também para a posição 3, que apresentou valores superiores em relação a posição 1. Para o m%, foram observadas diferenças entre todas as posições. A posição 3 apresentou os menores valores de saturação, enquanto as posições 2 e 1 mostraram valores crescentes.

Para os micronutrientes, os destaques foram para B, Mn e Zn, os mesmos apresentaram diferenças de destaque entre as posições 1 e 3. O B e o Mn apresentaram maiores valores na posição 1 em comparação com a posição 3, enquanto o Zn apresentou o padrão inverso, com maior valor na posição 3 em relação à posição 1.

A posição 2, embora tenha apresentado diferenças em alguns atributos em relação às posições 1 e 3, ou similaridades entre uma posição ou outra, sempre se manteve em uma faixa intermediária de valores em comparação com as outras posições.

Comparando os valores encontrados com os valores de referência para adubação e calagem para o Estado de São Paulo (Boletim 100, 2022). Foi observado que o pH do solo da posição 1 apresenta uma acidez média, enquanto nas posições 2 e 3 indicam uma acidez muito baixa (Quaggio; Raij, 2022). No que se refere ao K, embora tenham sido observadas diferenças entre as áreas, todos os valores, foram classificados como muito altos (Júnior & Boaretto, 2022). Para o P, a posição 1 foi classificado como alto e para as posições 2 e 3 como muito altos (Quaggio; Júnior; Raij, 2022). Para o Mg os valores foram classificados como altos independentemente da posição na área (Júnior et al., 2022).

Para os micronutrientes B foi classificado como alto na posição 1, médio na posição 2 e baixo na posição 3. Quanto ao Cu, os valores foram classificados como altos independentemente da posição. Para o Fe, os valores foram considerados médios independentemente da posição. Já o Mn foi classificado como alto em todas as posições. No caso do Zn, os valores foram classificados como baixos para posição 1 e 2, e médio para posição 3 (Boaretto et al., 2022).

#### 4.2.2. Monitoramento da umidade do solo ao longo do tempo

Pela análise fatorial da combinação entre profundidade (0-20; 20-40; 40-60; 60-80) e posição (P1; P2; P3) na área, foi possível constatar diferenças tanto em profundidade como na posição ao longo do tempo para algumas datas, denominadas de dias após a poda (DAP). (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores médios de umidade do solo em diferentes profundidades e posições avaliadas em diferentes dias após a poda em vinhedo da cv. Syrah, em Bofete, SP.

Fator	Dias após a poda			
	111 DAP	138 DAP	155 DAP	168 DAP
Profundidade	Umidade %			
0-20	29,7 a	18,8 a	16,6 a	32,8 a
20-40	30,8 a	27,9 b	26,7 b	30,7 a
40-60	34,6 b	32,0 b	30,9 b	32,2 a
60-80	34,8 b	33,5 b	30,4 b	30,4 a
Local				
P1	35,2 a	32,4 a	28,8 a	34,3 a
P2	32,8 b	27,8 ab	26,7 a	33,0 a
P3	29,6 c	24,1 b	22,9 a	27,2 a

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ )

Em 111 DAP e 138 DAP, foram observadas diferenças tanto em profundidade como na posição da área, porém sem correlação entre elas. Em 155 DAP, apenas o fator profundidade apresentou diferença significativa. Já em 168 DAP, não houveram diferenças para profundidade e posição na área. Nas duas últimas datas, a ausência de diferenças foi atribuída à precipitação pluvial ocorrida em períodos anteriores às medições, conforme os registros climáticos da área.



De forma geral, é possível observar que a umidade do solo foi maior em profundidade, apresentando uma variação acentuada a partir de 40 cm. Em relação a posição da área, foi observada uma variação decrescente de umidade, partindo da posição 1 (mais alta) como local mais úmido, para posição 3 (mais baixo) como local de menor umidade, com a posição P2 como posição intermediária em termos de umidade no solo.

### 4.3. Avaliações agronômicas dos blocos

#### 4.3.1. Análises nutricionais do tecido vegetal

Não foram observadas diferenças para os teores de N e Mg entre as posições da área (Tabela 6). No entanto, foram identificadas diferenças para os teores de P, K, Ca e S, principalmente entre as posições 1 e 3. Não foi possível estabelecer um padrão claro em relação à distribuição de macronutrientes nas diferentes posições da área, uma vez que os maiores valores de P, K e S foram observados para posição 1, enquanto o maior valor de Ca foi observado na posição 3 (Tabela 6).

Em relação aos micronutrientes, foram observadas diferenças para os teores B, Fe, Mn e Zn, principalmente entre as posições 1 e 3, sendo a posição 3 a que apresentou os menores valores.

Pelos resultados obtidos quanto ao teor de macro e micronutriente, pode-se observar que de forma geral, a posição 1 apresentou a maior concentração de nutrientes, enquanto a posição 3 apresentou os menores. Assim como ocorreu para granulometria e os atributos químicos do solo, a posição 2 esteve em uma posição intermediária com relação aos valores encontrados.

**Tabela 6.** Valores médios dos teores nutricionais para macro e micronutrientes

P	Variável										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----g kg <sup>-1</sup> ----- mg kg <sup>-1</sup> -----											
Média											
1	24,4a	2,34a	19,40a	15,80b	2,76a	2,02b	89,40a	10,40a	262,00ab	1071,8a	293,80a
2	23,4a	2,20a	17,14ab	15,80b	2,72a	1,86b	82,80a	7,80a	266,20a	1073,40a	249,20a
3	21,8a	1,84b	14,80b	17,60a	2,42a	1,76b	52,00b	8,80a	239,80b	802,80b	189,00b

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05)

Comparando os valores encontrados com valores de referência nutricional para a uvas viníferas do Manual de adubação e calagem para os estados do Rio grande do Sul e Santa Catarina (CQFS - RS/SC, 2004), foi observado que para N, P e Mg, os valores foram classificados como normais para todas as posições. Em relação ao K, os teores para todas as posições foram classificados como acima do normal. Para o Ca os valores foram classificados como acima do normal para posição 3 e normais para as posições 1 e 2.

Quanto aos micronutrientes, o B apresentou teores acima do normal para as posições 1 e 2 e normal para a posição 3. O Fe, Mn e Zn foram classificados como acima do normal em todas as posições. Não foram mencionados valores de referência para Cu e S, uma vez que esses elementos são comumente utilizados como ingredientes ativos em fungicidas aplicados na cultura da uva, não havendo um padrão nutricional específico de referência para eles.

### 4.3.2. Área de superfície foliar (ASF) e peso da colheita

Para a área de superfície foliar (m<sup>2</sup>) e peso da colheita (kg), houve diferenças entre as posições. Os maiores valores encontrados para ambas variáveis foram observados para a posição 3, com as posições 1 e 2 apresentando similaridade entre si (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores médios da área de superfície foliar (ASF) e peso da colheita (colheita) para cada posição

P	Variável	
	ASF m <sup>2</sup>	colheita kg
1	0,59b	2,05b
2	0,58b	1,62b
3	1,04 <sup>a</sup>	6,57 <sup>a</sup>

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05)

### 4.3.3. Potencial hídrico da videira

Pelo acompanhamento do potencial hídrico do caule das plantas na área de estudo, ao longo do tempo, não foi possível identificar diferenças entre as posições da área (Tabela 8).

**Tabela 8.** Valores médios do potencial hídrico do caule para as diferentes posições em diferentes datas

P	Dias após a poda		
	111 DAP	138 DAP	168 DAP
Pressão Mpa			
1	- 0,013a	- 0,017a	- 0,008a
2	- 0,020a	- 0,019a	- 0,007a
3	- 0,019a	- 0,020a	- 0,010a

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05)

Ao comparar os valores encontrados com os valores de referência para potencial hídrico do caule relatados por (Deloire; Heyns, 2011), constatou - se que, para todas as datas e independentemente da posição na área, não houve déficit hídrico. Indicando que as plantas das áreas estavam supridas hidricamente ao longo do tempo.

## 4.4. Maturação da uva

Com relação aos resultados de acompanhamento da maturação das uvas na área, foi observado que a posição 3 apresentou consistentemente valores mais elevados de brix para todas as datas avaliadas. Esses resultados são corroborados pela concentração de acidez total, uma vez que foi observado um decréscimo na acidez total à medida que a concentração de brix aumentava. Essa relação inversa entre teor de sólidos solúveis (°Brix) e acidez total (AT) é amplamente conhecida no acompanhamento de maturação de uvas.

Para as posições 1 e 2, foi observado um comportamento muito similar no aumento da concentração de sólidos solúveis (°Brix) ao longo do tempo, mas com valores inferiores em relação a posição 3. Para acidez total, embora os valores para a primeira data estivessem distantes em relação a posição 3, nas datas seguintes foi observado um comportamento muito similar de decréscimo da acidez total para todas as posições (Figura 13).

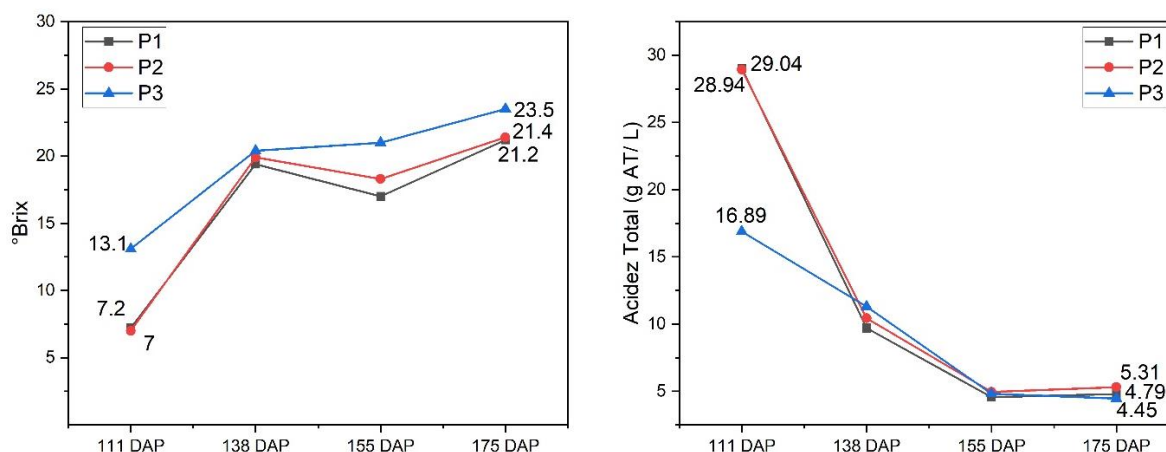


Figura 13. Valores médios registrados de brix e acidez total ao longo de diferentes dias após a poda (DAP)

#### 4.5. Composição bioativa do extrato

Os resultados dos compostos bioativos no extrato, como resveratrol, polidatina, fenólicos totais, atividade antioxidante pelo método ABTS e atividade antioxidante pelo método DPPH, revelaram diferenças significativas, destacando-se principalmente entre as posições 1 e 3, conforme demonstrado na Tabela 9. Em todas as análises, a posição 3 consistentemente apresentou os menores valores em comparação com a posição 1.

Tabela 9. Valores médios da composição bioativa do extrato para as diferentes posições

P	Resveratrol μg mL <sup>-1</sup>	Polidatina μg AG mL <sup>-1</sup>	Fenólicos Totais μg AG mL <sup>-1</sup>	ABTS μmol Trolox mL <sup>-1</sup>	DPPH μmol Trolox mL <sup>-1</sup>
1	0,14a	3,75 <sup>a</sup>	748,26a	10,37a	5,27a
2	0,08ab	3,96 <sup>a</sup>	781,05a	9,96a	5,22a
3	0,07b	1,8b	606,88b	7,84b	4,14b

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ )

#### 4.6. Análise de componentes principais (ACP) para atributos de solo

A aplicação da análise de componentes principais (ACP) teve como objetivo investigar a distribuição espacial das posições da área em relação as variáveis granulométricas e químicas do solo, considerando todas as camadas amostradas (0 – 10, 10 – 20, 20 – 40, 40 – 60 e 60 – 100cm) (Figura 14. a). Também foi avaliada a variabilidade dos mesmos atributos para cada profundidade nas diferentes posições (Figura 14. b).

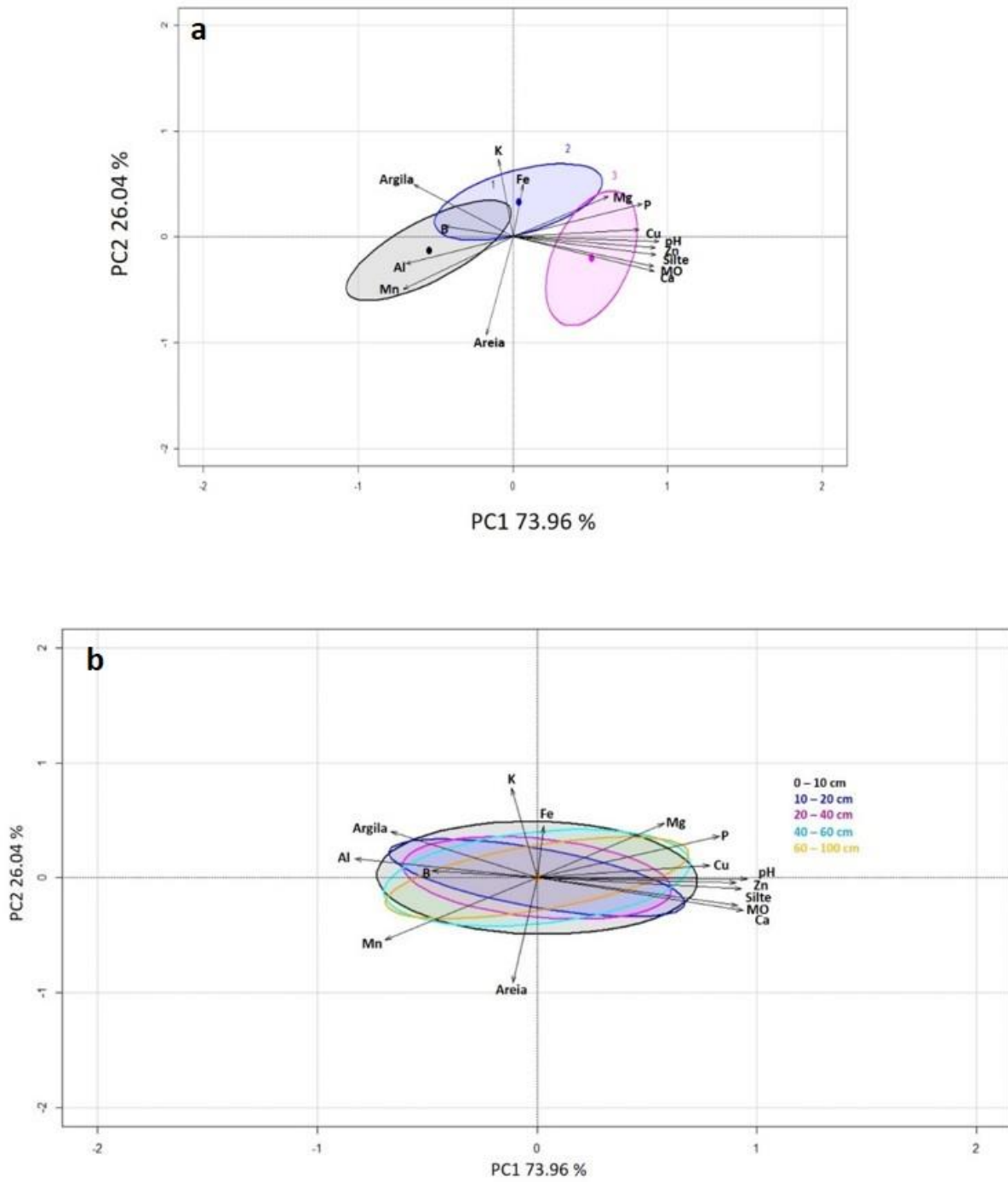
Os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2), representados pelos eixos x e y, respectivamente, foram capazes de explicar 100% da variância total dos dados. O primeiro componente principal (CP1 – eixo x) foi responsável por explicar 73,96% da variância total, enquanto o segundo componente principal (CP2 – eixo y), explicou 26,04% da variância total (Tabela 10.).

Na área, foram observadas diferentes correlações entre as posições e os atributos de solo. Para a posição 1, as variáveis mais fortemente correlacionadas foram as concentrações de B, Al e Mn. Já para a posição 2, as

variáveis mais fortemente correlacionadas foram as concentrações de K e Fe. O conteúdo de argila apresentou correlação para a posição 1 e 2. Para a posição 3 ocorreu o maior número de correlações com Mg, P, Ca, pH, Cu, Zn, silte e M.O.

Com relação à variação dos atributos para cada profundidade nas diferentes posições, foi possível observar por meio das elipses para cada camada, que as maiores variações ocorrem nas camadas mais superficiais do solo (0 – 10, 10 - 20 e 20 - 40cm). Essas camadas apresentam maior heterogeneidade, indicando maior diversidade nas características físicas, químicas e biológicas.

De forma geral os resultados apresentados demonstram a existência de uma variabilidade espacial com base nos atributos de solos, para as diferentes posições da área, principalmente nas camadas superiores do solo.



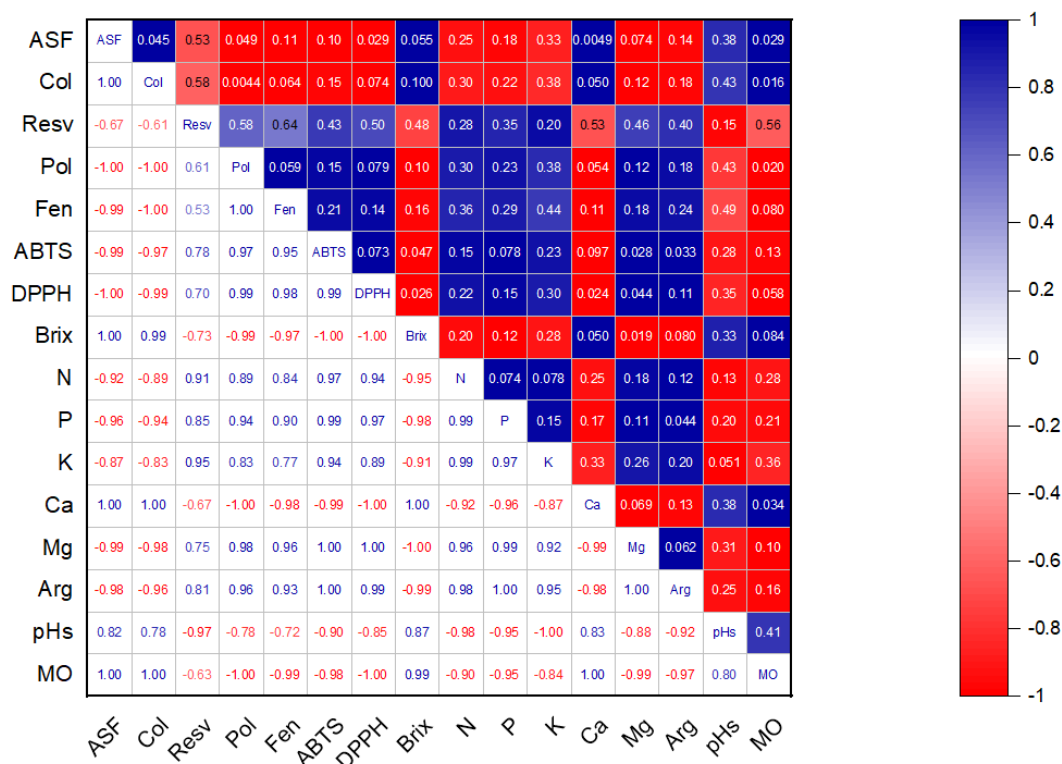
**Figura 14.** Análise de componentes principais (ACP) normalizados de atributos de solo. a – Atributos de solo e sua relação com cada posição das áreas. b – Atributos de solo e suas relações comparando diferentes profundidades.

**Tabela 10.** Loadings das variáveis de solo em relação aos dois primeiros componentes principais

Variáveis originais	CP 1 (eixo x)	CP 2 (eixo y)
Areia	-0,06	-0,57
Silte	0,33	-0,10
Argila	-0,23	0,30
pH	0,34	-0,03
MO	0,33	-0,17
P	0,30	0,19
Ca	0,33	-0,20
Mg	0,22	0,23
K	-0,03	0,45
Al	-0,25	-0,15
B	-0,16	0,06
Cu	0,30	0,04
Fe	0,02	0,31
Mn	-0,26	-0,30
Zn	0,33	-0,06
Autovalor	7,62	2,68
% variância	73,96	26,04

#### 4.7. Correlação de Pearson para atributos de solo, planta e composição bioativa

A análise estatística de correlação de Pearson foi aplicada para analisar a relação entre as variáveis dependentes e independentes da área, considerando o nível de significância de ( $<0.10$ ). Devido à complexidade e ao grande número de variáveis envolvidas no estudo, optou se, pela seleção de algumas variáveis para fins de apresentação e discussão dos resultados (Figura 15).



**Figura 15.** Coeficiente da correlação de Pearson para as variáveis dependentes de interesse resveratrol – Resv, polidatina – Pol, fenólicos totais – Fen, ABTS, DPPH, sólidos solúveis – Brix com nível de significância de ( $<0.10$ )

Todas as variáveis da composição bioativas de interesse, como resveratrol (Resv), polidatina (Pol), fenólicos totais (Fen), atividade antioxidante pelo método DPPH (AA DPPH), atividade antioxidante pelo método (AA ABTS) e sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix), foram incluídas na análise.

Para as variáveis independentes, foram selecionados os macronutrientes da planta, como N, P, K, Ca e Mg, considerando que a planta atua como extratora, não sendo considerados a concentração desses nutrientes para o solo. Além disso, foram incluídas as variáveis agronômicas de (área de superfície foliar - ASF e peso da colheita - Col). Quanto as variáveis de solo, para representar a parte química, física e biológica, foram selecionadas as variáveis de pH (pHs), fração argila (Arg) e matéria orgânica (M.O). Calculadas para a profundidade de 0 – 20 cm de cada posição, pois como demonstrado anteriormente é a camada que mais apresenta variação de dados entre as posições.

A escolha dessas variáveis teve como objetivo compreender os principais fatores que podem influenciar as variáveis dependentes de interesse em uma escala macro, facilitando a análise e a compreensão dos resultados obtidos.

Na análise de correlação realizada, foram observadas correlações estatisticamente relevantes. Os resultados indicaram uma correlação negativa da variável polidatina com as variáveis ASF, Col, Ca e M.O. Para fenólicos totais, foram observadas correlações negativas com as variáveis Col e M.O. Em relação a variável ABTS, foram encontradas correlações positivas para P, Mg e Arg, enquanto uma correlação negativa foi observada para Ca. Para a variável DPPH, foi identificada uma correlação positiva para Mg e correlações negativas para as variáveis ASF, Col, Ca e M.O. Para a variável Brix foram observadas correlações positivas para as variáveis ASF, Col e Ca, e correlações negativas para as variáveis Mg, Arg e M.O (Tabela 11)

**Tabela 11.** Relações das variáveis dependentes de interesse e suas correlações com atributos de solo e planta

Variáveis dependentes	Correlações	
	Positivas	Negativas
Resveratrol	-	-
Polidatina	-	ASF; Col, Ca e M.O
Fenólicos totais	-	Col e M. O
ABTS	P, Mg, Arg	Ca
DPPH	Mg	ASF; Col, Ca e M.O
Brix	ASF; Col; Ca	Mg, Arg, M. O

Outras correlações foram observadas por meio da (Figura 15), entretanto como não estavam relacionadas diretamente a composição bioativa nem ao brix, foco do presente estudo, as mesmas somente serão utilizadas para complemento da discussão posteriormente.

#### **4.8. Análises de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento hierárquico aglomerativo para atributos de solo, planta, mosto e composição bioativa**

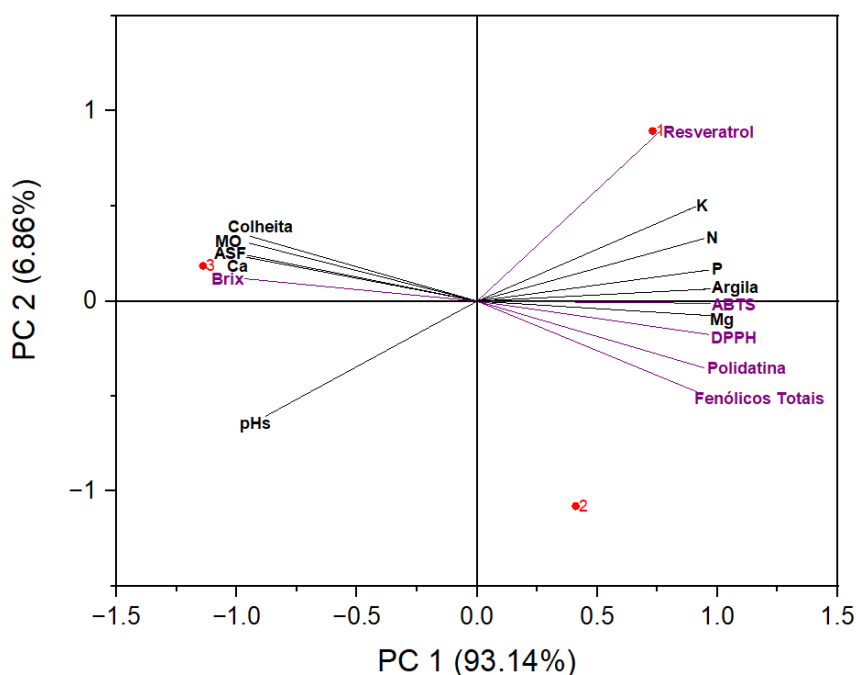
A aplicação da análise de componentes principais (ACP) e da análise de agrupamento hierárquico aglomerativo tiveram como objetivo, identificar as direções da correlação para atributos de solo, mosto e composição bioativa para cada posição da área de estudo. Por meio da análise de agrupamento hierárquico, buscou - se identificar as similaridades entre as posições área com as variáveis investigadas. Para essa análise foi utilizada a distância média euclidiana como medida de distância para identificar essas relações.

Os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2), representados pelos eixos x e y, respectivamente, explicaram 100% da variância total dos dados. O componente principal (CP1 – eixo x), foi responsável pela explicação de 93.14% da variância total dos dados, enquanto o segundo componente principal (CP2 eixo y), explicou 6.86% da variância (Figura 16), (Tabela 12).

Pelos resultados, foi possível observar que cada posição da área de estudo apresentou correlações distintas para as variáveis dependentes e independentes investigadas. Na posição 1, observou-se correlação para as variáveis dependentes resveratrol e AA ABTS, juntamente com as variáveis independentes K, P, N e fração argila. Para posição 2, a correlação ocorreu para as variáveis dependentes AA DPPH, polidatina e fenólicos totais e independente para Mg. Na posição 3 a correlação foi para a variável °Brix e independentes para M.O, ASF, Ca e Peso da colheita (Colheita).

De forma geral, foi possível observar que as posições 1 e 2 apresentam maior similaridade entre si. Essa afirmação pode ser corroborada por meio da análise de agrupamento hierárquico (Figura 17), que demonstrou a partir da formação de dois agrupamentos à similaridade de ambas posições, e a dissimilaridade para a posição 3 da área.

Por meio do mesmo agrupamento, também foi possível observar as similaridades entre as variáveis dependentes e independentes envolvidas. Essa análise visa complementar todas as análises anteriores realizadas, na compreensão das relações de causa e efeito envolvidas no estudo.

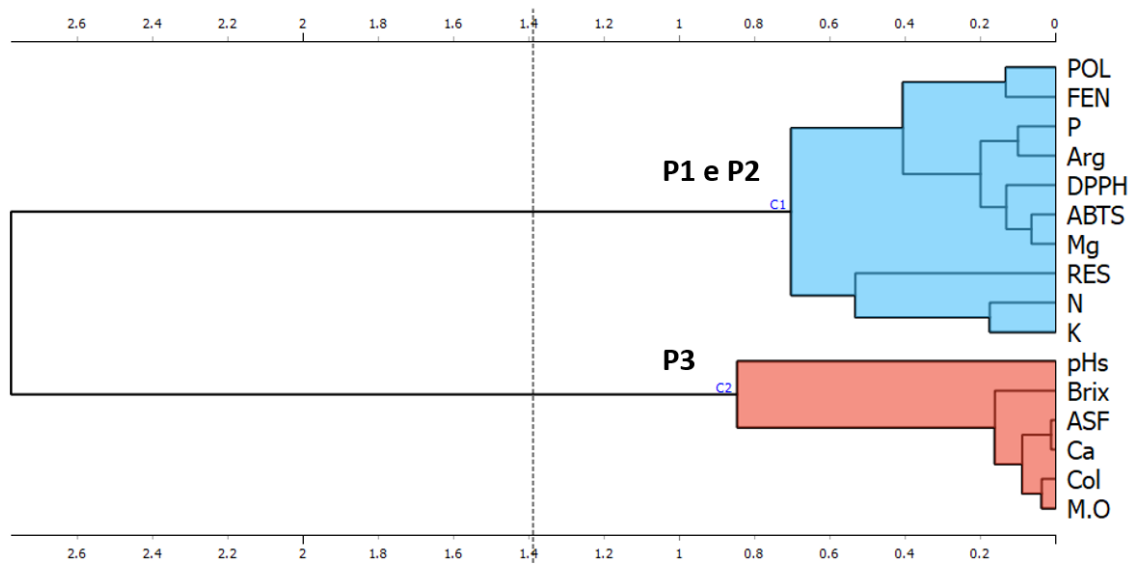


**Figura 16.** Análise de componentes principais (ACP) normalizados para atributos de solo, planta, mosto e composição bioativa relacionadas para cada posição da área.



**Tabela 12.** Loadings das variáveis de solo, planta, mosto e extrato em relação aos dois primeiros componentes principais.

Variáveis originais	PC 1 (eixo x)	PC 2 (eixo y)
ASF	-0,26	0,16
Colheita	-0,25	0,23
Resveratrol	0,20	0,59
Polidatina	0,25	-0,23
Fenólicos Totais	0,24	-0,32
ABTS	0,26	-0,01
DPPH	0,26	-0,12
Brix	-0,26	0,08
N	0,25	0,22
P	0,26	0,11
K	0,24	0,33
Ca	-0,26	0,15
Mg	0,26	-0,05
Argila	0,26	0,04
pHs	-0,24	-0,40
MO	-0,25	0,20
Autovalor	14,90	1,10
% de variância	93,14	6,86

**Figura 17.** Análise de agrupamentos para atributos de solo, planta, mosto e composição bioativa a partir do método da distância média euclidiana

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Água no solo

Embora as características físico-hídricas dos Latossolos e Nitossolos estejam fortemente relacionadas à morfologia de seus horizontes diagnósticos, indicando que os Nitossolos possuem maior capacidade de armazenamento de água em comparação com os Latossolos (Cooper; Vidal-Torrado, 2005; Grego; Coelho; Vieira, 2011).

No presente estudo, os resultados não indicaram diferenças acentuadas entre os perfis de Latossolo (LVdf) e Nitossolo (NVdf). Entretanto, LVdf apresentou uma retenção de água no solo ligeiramente superior e, conseqüentemente, uma disponibilidade de água para as plantas igual ou ligeiramente superior em comparação com NVdf (Tabela 2 e 3).

Os dados da curva de retenção de água no solo, classes de poros (macro, meso, micro e ultramicroporos) e os cálculos para capacidade de campo, ponto de murcha permanente e do intervalo entre eles, que resulta na capacidade de água disponível, demonstram que o LVdf apresentou capacidade de retenção de água ligeiramente superior. O monitoramento da umidade do solo realizado ao longo do tempo, para as diferentes posições da área, indicou maiores valores de umidade para posição 1 próxima ao perfil LVdf em comparação com a posição 3 próxima ao NVdf.

A posição 1, apresentou uma quantidade maior de argila em comparação com a posição 3, o que poderia aumentar a quantidade de agregados por volume favorecendo assim a retenção de água.

Outras análises realizadas corroboram que a área onde o perfil LVdf estava situado apresentava uma ligeira concentração maior de água. Análises não apenas de solo, mas de planta e composição do mosto.

Os resultados do monitoramento do potencial hídrico do caule realizado ao longo do tempo nas posições P1, P2 e P3, indicaram que as plantas da posição 1, próximas ao perfil LVdf, apresentaram valores menores de pressão (MPa), em comparação com as plantas da posição 3, próximas ao perfil NVdf. Isso sugere que as plantas próximas ao perfil LVdf demandaram menor gasto energético para suprir suas necessidades hídricas, devido a maior disponibilidade de água (Taiz; Zeiger, 2007). Mas, embora tenham sido observadas diferenças nos valores de pressão entre as plantas de cada posição, não foram constatados déficits hídricos ao longo do tempo, seguindo os limites propostos por (Deloire; Heyns, 2011).

A disponibilidade de água, também pode ter sido a causa para as diferenças na concentração de sólidos solúveis expressa em °Brix no mosto. A posição 1, próxima ao perfil LVdf, demonstrou menores valores de concentração de °Brix ao longo do tempo, em comparação a posição 3 próxima ao perfil NVdf. Essa relação de maior concentração de °Brix devido a menor disponibilidade hídrica demonstrou ser o fator de maior importância no acúmulo de sólidos solúveis para uvas Syrah cultivadas na Austrália em comparação com as fontes de carboidratos produzidas fotossinteticamente (Sadras et al., 2008). Além disso a relação entre valores de pressão elevados do potencial hídrico do caule e maior concentração de °Brix também foi observada por (Tregoat et al., 2002).

Neste estudo o uso da micromorfologia, em conjunto com a aplicação de técnicas de processamento e análises digitais de imagem, poderiam contribuir para o melhor entendimento da porosidade e o entendimento das relações com infiltração, retenção e disponibilidade de água no solo para a planta, como constatado por (Pessoa & Libardi, 2022; Souza et al., 2006).

Um fator que poderia explicar a diferença na disponibilidade de água no solo, com base nos dados de umidade gravimétrica e volumétrica pelo método TDR, em solos com curvas de retenção de água (CRA) similares, poderia ser o volume de raízes finas, aspecto não estudado neste trabalho. Pois a área de superfície foliar (ASF) foi substancialmente superior na posição 3. Além disso, é importante mencionar que os locais onde foram coletados os dados de umidade gravimétrica e volumétrica, estavam situados a alguns metros de uma pastagem antiga.

## 5.2. Relações solo-planta

Pelas diferenças entre os atributos químicos nas diferentes posições da área, é possível observar que, de forma geral, a posição 3 foi a que apresentou maior fertilidade do solo em comparação com as posições 1 e 2. Isso se deve principalmente, à elevada saturação por bases ( $V\%$ ) e o conteúdo de matéria orgânica (M.O).

Também ocorreu uma diminuição nos atributos químicos à medida que se avança da posição 1 para posição 3. Isso sugere que na implantação do vinhedo, os procedimentos de terraceamento não foram executados adequadamente. O terraceamento é uma técnica amplamente difundida para prevenção da erosão hídrica, favorecendo a preservação da fertilidade em terrenos declivosos. (Back et al., 2021). Além disso, é possível que um manejo ineficiente em relação às adubações de implantação e manutenção ao longo dos tenha contribuído para esse cenário.

Essa diferença de fertilidade entre as posições apresentou impacto direto na área de superfície foliar (ASF) e peso da colheita, sendo que a posição 3 apresentou valores maiores comparado às posições 1 e 2. Esse maior vigor verificado poderia ser atribuído a diferenças de valores de nitrogênio (N) nas folhas, que é um macronutriente amplamente relacionado ao excesso de vigor vegetativo (Giovaninni, 2014; Keller, 2015; Tecchio et al., 2010). No entanto não foram constatadas diferenças entre as posições para esse macronutriente. Indicando que realmente a saturação por bases ( $V\%$ ) e o conteúdo de matéria orgânica (M.O), foram determinantes para essa diferença.

Através da análise de correlação de Pearson, análise de componentes principais (ACP) e análise de agrupamentos, foi possível constatar a forte ligação entre a fertilidade do solo e a posição 3. Foram observadas correlações positivas entre a área de superfície foliar e o peso da colheita com a matéria orgânica (M.O) e com o Cálcio (Ca) da planta. Além disso, o Ca do solo apresentou diferenças entre todas as posições, com a posição 3, apresentando uma proporção três vezes maior em relação à posição 1 e duas vezes maior em relação a posição 2.

É importante destacar que o Ca e a M.O são componentes relevantes que contribuem com a CTC do solo, (Boletim 100, 2022). E quando absorvido na videira o Ca desempenha um papel essencial no crescimento apical das raízes e do dossel vegetativo (Giovaninni, 2014; Keller, 2015).

## 5.3. Relações entre solo, planta e qualidade da uva

A produção de uvas de “qualidade” para elaboração de vinhos é extremamente complexa, devido à variedade de fatores envolvidos, os quais estão relacionados ao objetivo pretendido com o produto final. Não existe um padrão de “qualidade” pré definido que seja seguido universalmente por todos os produtores, mas sim múltiplos critérios e padrões que variam de acordo com os tipos de vinho a serem produzidos (Poni et al., 2018).

Historicamente, a qualidade da uva tem sido avaliada principalmente considerando os sólidos solúveis expressos em °Brix, a acidez total e suas relações. No entanto, essa abordagem se limita apenas à maturação

tecnológica. Atualmente, reconhece-se a importância de se considerar a maturação fenólica (vinhos tintos) e a maturação aromática (vinhos brancos) (Poni et al., 2018). Se nos basearmos exclusivamente na maturação tecnológica como critério de “qualidade”, podemos não obter o melhor parâmetro de maturação, uma vez que em determinados anos uvas com 20 °Brix podem apresentar características qualitativas típicas da cultivar, enquanto em outros anos uvas com 23 °Brix ainda podem apresentar características varietais atípicas (Barnuud et al., 2014).

A maturação fenólica das uvas destinadas à produção de vinhos tintos é geralmente avaliada com base nas antocianinas e taninos, compostos responsáveis pela cor e estrutura dos vinhos (Saint-Cricq de Gaulejac et al., 1998). No presente estudo foram investigados, o resveratrol, a polidatina, fenólicos totais, e a atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS. Todos esses compostos estão dentro do grupo de compostos fenólicos e também estão envolvidos na ação bioativa.

Considerando que maiores valores de compostos bioativos são associados à benefícios para o organismo humano (Akbar et al., 2023), foi constatado que as posições 1 e 2 apresentaram os maiores valores desses compostos, sendo que alguns compostos alternaram seus maiores valores entre essas posições. No entanto, é importante ressaltar que todos os valores foram maiores quando comparados com a posição 3. Esses resultados também são corroborados pela análise de componentes principais (ACP), pois todos os compostos bioativos estavam correlacionados mais fortemente para as posições 1 e 2.

Considerando os valores encontrados de compostos bioativos e sólidos solúveis (°Brix), bem como as análises de correlação de Pearson, análise de componentes principais (ACP) e a análise de agrupamentos, é possível identificar diferenças, bem como correlações positivas entre as variáveis dependentes e independentes.

Com relação aos compostos bioativos, as únicas correlações positivas foram para AA ABTS e os nutrientes fósforo (P) e magnésio (Mg), além da fração argila, e entre a AA DPPH e o magnésio (Mg). No entanto não seria adequado atribuir diretamente essas correlações positivas ao aumento ou diminuição da atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS nas diferentes posições da área. Isso se deve ao fato de que a atividade antioxidante é derivada de diversos compostos fenólicos da uva (Lachman et al., 2009). Portanto, é necessário considerar a complexidade da influência desses compostos na atividade antioxidante, além de se considerar fatores externos, para uma análise mais precisa.

Um aspecto relevante que se destacou para todos os compostos bioativos foram as correlações significativamente negativas com a área de superfície foliar (ASF), peso da colheita (Col), Cálcio (Ca) e matéria orgânica (M.O). Essas correlações foram observadas tanto abrangendo todas as variáveis quanto envolvendo uma ou duas delas, indicando uma tendência consistente. Esses resultados sugerem que a ASF, Col, Ca e M.O podem desempenhar um papel importante na síntese dos compostos bioativos nas uvas, conforme discutido anteriormente, esses componentes estão associados a uma maior fertilidade do solo e ao vigor excessivo de plantas registradas para área.

Sendo assim, a possível causa para as diferenças encontradas nas áreas está relacionada principalmente ao efeito indireto da fertilidade heterogênea do solo identificada na área. Isso resultou em menores pesos de colheita e menor área de superfície foliar (ASF) para as posições 1 e 2 em comparação com a posição 3. Essa diferença pode ter influenciado a concentração de compostos bioativos e ser uma das causas das variações na concentração de sólidos solúveis (°Brix).

Com relação ao peso da colheita, é importante ressaltar que antes da extração de compostos bioativos através da elaboração de extrato, foi realizada a padronização de peso para todas as amostras. No entanto, devido ao maior peso de colheita observado na posição 3, que foi significativamente superior às posições 1 e 2, é possível que

esse fator tenha influenciado o diâmetro de bagas (aspecto não investigado neste estudo). Pois um maior diâmetro de bagas resultaria em uma menor área de contato durante a extração de compostos no processo de elaboração de extrato. Por outro lado, devido ao menor peso de colheita registrado para as posições 1 e 2, pode ter ocorrido o efeito contrário, levando a uma maior concentração de compostos bioativos.

O tamanho das bagas é reconhecido como um fator determinante para a qualidade da uva (Roby et al., 2004). Bagas maiores possuem uma relação de área de superfície/volume relativamente maior, em comparação com bagas menores (Singleton, 1972). E essa diferença na relação área de superfície/volume afeta diretamente a extração de compostos, uma vez que a maioria dos compostos bioativos está presente na casca da uva (Teixeira et al., 2013).

Quanto a área de superfície foliar (ASF), as posições 1 e 2 apresentaram valores de ASF similares entre si, enquanto a posição 3 apresentou uma diferença quase duas vezes maior. Essas diferenças podem ter influenciado na síntese de compostos bioativos, uma vez que a entrada de luz solar no dossel vegetativo da videira é atualmente reconhecida como um dos estímulos externos mais influentes para síntese desses compostos na casca da uva (Downey; Dokoozlian; Krstic, 2006; Teixeira et al., 2013). Considerando essas informações, é possível que tenha ocorrido um sombreamento excessivo dos cachos na posição superior do dossel, desfavorecendo a síntese eficiente desses compostos para a posição 3.

No entanto, é importante ressaltar que existem muitos fatores que afetam a síntese de compostos bioativos nas plantas, além do efeito da incidência de luz solar. Esses fatores incluem a temperatura, altitude do local, tipo de solo, disponibilidade hídrica, estado nutricional, os quais já foram demonstrados como influentes em estudos anteriores (Teixeira et al., 2013). Essa interação com múltiplos fatores torna difícil a atribuição da síntese desses compostos a um único fator isoladamente.

Com relação às diferenças na concentração de sólidos solúveis (°Brix) no mosto, observou-se que as posições 1 e 2 apresentaram valores muito semelhantes entre si, enquanto a posição 3 consistentemente apresentou valores mais altos ao longo do tempo. Uma das possíveis causas pode estar associada a menor disponibilidade hídrica no local, o que favorece a concentração de sólidos solúveis (°Brix) (Sadras et al., 2008). A outra possível causa pode estar associada à ASF, já que a correlação de Pearson, apresentou correlação positiva muito forte entre essas variáveis.

A concentração de açúcar na maturação das uvas é o resultado de diversos processos, um deles é o suprimento de fotoassimilados proveniente das folhas durante a fotossíntese (Lecourieux et al., 2014). Portanto, devido às diferenças encontradas na ASF entre as posições, é possível que isso tenha influenciado na relação fonte-dreno na concentração de açúcares. Quanto maior a ASF maior área estará sendo afetada pela radiação solar, favorecendo os fotoassimilados e, conseqüentemente, a maior concentração de açúcares.

Considerando que a menor disponibilidade hídrica e a maior área de superfície foliar (ASF) foram encontradas para posição 3 da área, torna-se difícil afirmar qual fator teve uma influência predominante na concentração de açúcares nessa posição. Não é possível determinar a proporção exata em que cada fator está atuando, pois é provável que ambos estejam agindo simultaneamente em diferentes proporções.

Para todos os resultados apresentados, não foram constatados efeitos diretos na qualidade da uva, mas sim efeitos indiretos decorrentes da heterogeneidade da fertilidade observada na área, que resultou em diferenças no peso de colheita e na área de superfície foliar (ASF) entre as diferentes posições da área. E esses fatores indiretos podem ter influenciado a concentração de compostos bioativos e, por consequência, a concentração de açúcar nas uvas. Esses resultados confirmam trabalhos de (Seguin, 1986; Van leeuwen et al., 2004), que apontaram que os nutrientes absorvidos pela videira, assim como a capacidade do solo em fornecer esses nutrientes (exceto nitrogênio -

N), não parecem exercer influência significativa na qualidade da uva, desde que haja equilíbrio, evitando excessos que possam promover um vigor excessivo da planta ou ocasionar deficiências graves. No caso de um vigor excessivo, isso resultaria em efeitos indiretos, como observados neste estudo.

Essa heterogeneidade da fertilidade também pode ter influenciado para uma avaliação incompleta do efeito de disponibilidade hídrica nos compostos das diferentes posições. Pois diversos estudos que abordam o efeito do solo no *terroir* de vinhos têm constatado resultados significativos relacionados aos compostos fenólicos e à concentração de açúcar, principalmente devido às diferenças no suprimento de água decorrentes de atributos de solo (Bahat et al., 2021; Gonçalves et al., 2022; Poni et al., 2018; Van Leeuwen, 2010; Van Leeuwen et al., 2004, 2009; Van Leeuwen; Roby; Rességuier, 2018; Van Leeuwen; Seguin, 2006).



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo buscou-se compreender o efeito de atributos de solo sobre a qualidade do mosto e do extrato da uva vinífera ‘Syrah’, em condições onde foram isolados os fatores climáticos, de manejo e genótipos.

Os resultados apresentados e discutidos no presente estudo demonstraram que os objetivos iniciais propostos foram parcialmente alcançados, uma vez que não foi possível estabelecer uma relação direta e específica minuciosa entre atributos do solo e os atributos de qualidade da uva. No entanto, foi evidente que os conhecimentos de pedologia foram fundamentais para uma compreensão abrangente dos efeitos que o solo e a paisagem podem exercer sobre a planta e conseqüentemente na qualidade da uva, os quais, por sua vez, afetarão a qualidade do vinho a ser produzido.

Devido ao caráter multidisciplinar do estudo, torna-se extremamente complexo atribuir a influência sobre os resultados a um único fator. Há uma interação dinâmica de múltiplos fatores atuando simultaneamente, o que permite inferir somente fortes indícios da atuação de um fator em relação a outros. Mesmo assim, é importante ressaltar que esses resultados são relevantes, uma vez que muitos estudos realizados, não foram executados com isolamento do fator solo. Além disso, esses resultados poderão fornecer subsídios a estudos posteriores com foco no solo, contribuindo assim para valorização do terroir dos vinhos de inverno Paulistas.

Sugere-se que para estudos posteriores que visem compreender a influência do solo no terroir de vinhos, seja adotada a participação de equipes multidisciplinares capazes de se aprofundar em cada fator. A atuação de profissionais de áreas como pedologia, agronomia, enologia, climatologia e cientistas de alimentos seria fundamental para extrair o máximo de informações para cada área, fornecendo assim uma análise mais profunda dos fatores que contribuem para qualidade da uva no terroir de vinhos.





## REFERÊNCIAS

ABREU, C. A. DE; ABREU, M. F. DE; ANDRADE, J. C. DE. DETERMINAÇÃO DE COBRE, FERRO, MANGANÊS, ZINCO, CADMIO, CROMO, NÍQUEL E CHUMBO EM SOLOS USANDO A SOLUÇÃO DE DTPA EM pH 7,3. Em: **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: instituto agrônômico, 2001a. p. 240–250.

ABREU, M. F. DE; ABREU, C. A.; ANDRADE, J. C. DETERMINAÇÃO DE BORO EM ÁGUA QUENTE USANDO AQUECIMENTO COM MICROONDA. Em: **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto agrônômico, 2001b. p. 231–239.

AKBAR, A. et al. High throughput biochemical profiling, and functional potential analysis for valorization of grape peduncles. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 8328, 23 maio 2023.

AL-DUAIS, M. et al. Antioxidant capacity and total phenolics of *Cyphostemma digitatum* before and after processing: use of different assays. **European Food Research and Technology**, v. 228, n. 5, p. 813–821, 9 mar. 2009.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

AMORIM, D. A. DE; FAVERO, A. C.; REGINA, M. DE A. Produção extemporânea da videira, cultivar Syrah, nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 327–331, ago. 2005.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. [s.l: s.n.]. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE VINHO DE INVERNO (ANPROVIN)). **Nossos números**.

BABY, T. et al. Characterising leaf petiole, blade and bunchstem nutrient concentration across three grapevine cultivars. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 27, n. 4, p. 442–452, 1 out. 2021.

BACK, A. J. et al. O reconhecimento do terraceamento como prática de agricultura conservacionista em Santa Catarina, Brasil / Recognition of terracing as a conservation agriculture practice in Santa Catarina, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 119048–119066, 29 dez. 2021.

BAHAT, I. et al. In-Season Interactions between Vine Vigor, Water Status and Wine Quality in Terrain-Based Management-Zones in a 'Cabernet Sauvignon' Vineyard. **Remote Sensing**, v. 13, n. 9, p. 1636, 22 abr. 2021.

BARNUUD, N. N. et al. Berry composition and climate: responses and empirical models. **International journal of biometeorology**, v. 58, n. 6, p. 1207–1223, 2014.

BENITO, A. et al. Leaf blade and petiole analysis for nutrient diagnosis in *Vitis vinifera* L. cv. Garnacha tinta. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 19, n. 2, p. 285–298, 1 jun. 2013.

BOARETTO, R. M. et al. 2.7. Micronutrientes. Em: **BOLETIM 100: RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**. Campinas, SP: Instituto Agronômico (IAC), 2022. p. 121–127.

**BOLETIM 100: RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**. Campinas, SP: Instituto Agronômico (IAC), 2022.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1 jan. 1995.

BRANT, L. A. C.; FIGUEIREDO, G. M. DE; MOTA, R. V. DA. Vinhos de inverno do Sudeste Brasileiro. **Territoires du vin**, 13 set. 2018.

BREWER, R. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York: [s.n.].

BURGOS, C.; GALTAROÇA, F. **Os números do consumo de vinho no Brasil**.

CALLEMIEN, D. et al. Hop as an interesting source of resveratrol for brewers: optimization of the extraction and quantitative study by liquid chromatography/atmospheric pressure chemical ionization tandem mass spectrometry. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 53, n. 2, p. 424–429, 26 jan. 2005.

CANTARELLA, H. et al. DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO, CÁLCIO E MAGNÉSIO TROCÁVEIS EM EXTRATO DE CLORETO DE POTÁSSIO. Em: **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p. 2013–224.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. VAN. DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA. Em: **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p. 173–180.

CARBONNEAU, A. La Viticulture tropicale mondiale: le point de son évolution au IIème Symposium International des vins tropicaux, Petrolina, Brésil (25-28 Mai 2010). **Le Progrès agricole et viticole**, ISSN 0369-8173, Année 127, N° 13-14, 2010, págs. 281-283, v. 127, n. 13, p. 281–283, 2010.

CHONÉ, X. et al. Stem Water Potential is a Sensitive Indicator of Grapevine Water Status. **Annals of Botany**, v. 87, n. 4, p. 477–483, abr. 2001.

COLE, J.; PAGAY, V. Usefulness of early morning stem water potential as a sensitive indicator of water status of deficit-irrigated grapevines (*Vitis vinifera* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 191, p. 10–14, 6 ago. 2015.

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P. Caracterização morfológica, micromorfológica e físico-hídrica de solos com horizonte B nítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 581–595, jul. 2005.

COUNET, C.; CALLEMIEN, D.; COLLIN, S. Chocolate and cocoa: New sources of trans-resveratrol and trans-piceid. **Food Chemistry**, v. 98, n. 4, p. 649–657, 1 jan. 2006.

CQFS - RS/SC. 14.17 - Videira. Em: **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio grande do Sul e Santa Catarina**. 10ª Edição ed. Porto Alegre, RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. p. 276–281.

DELOIRE, A. et al. Grapevine responses to terroir: A global approach. **JOURNAL INTERNATIONAL DES SCIENCES DE LA VIGNE ET DU VIN**, v. 39, n. 4, p. 149–162, 2005.

DELOIRE, A.; HEYNS, D. The Leaf Water Potentials: Principles, Method and Thresholds. Em: **Technical Yearbook 2011**. 8 annual edition ed. [s.l.] Wineland, 2011. p. 129–131.

DELOIRE, A.; PELLEGRINO, A.; ROGIERS, S. A few words on grapevine leaf water potential. **IVES Technical Reviews, vine and wine**, 10 jun. 2020.

DOWNEY, M. O.; DOKOOZLIAN, N. K.; KRSTIC, M. P. Cultural Practice and Environmental Impacts on the Flavonoid Composition of Grapes and Wine: A Review of Recent Research. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 57, n. 3, p. 257–268, set. 2006.

FAVERO, A. C. et al. Viabilidade de produção da videira “Syrah”, em ciclo de outono inverno, na região sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 685–690, set. 2008.

FLINT, A. L.; FLINT, L. E. 2.2 Particle Density. **Methods of Soil Analysis, Part 4: Physical Methods**, p. 229–240, 1 jan. 2018.

GEE, G. W.; OR, D. 2.4 Particle-Size Analysis. Em: **Methods of Soil Analysis**. SSSA Book Series. [s.l.: s.n.]. p. 255–293.

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

GONÇALVES, M. G. M. et al. Soil and climate effects on winter wine produced under the tropical environmental conditions of southeastern Brazil. **OENO One**, v. 56, n. 2, p. 63–79, 25 abr. 2022.

GREGO, C. R.; COELHO, R. M.; VIEIRA, S. R. CRITÉRIOS MORFOLÓGICOS E TAXONÔMICOS DE LATOSSOLO E NITOSSOLO VALIDADOS POR PROPRIEDADES FÍSICAS MENSURÁVEIS ANALISADAS EM PARTE PELA GEOESTATÍSTICA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 337–350, 2011.

INGLEZ DE SOUSA, J. S. **Origens do Vinhedo Paulista**. Jundiáí, SP: Editora Obelisco limitada, 1959.

INGLEZ DE SOUSA, S. São Paulo - Berço da vitivinicultura Brasileira. Em: **Vinhedo Paulista**. Campinas, SP: Coordenadoria de Assistência Técnica integral - CATI, 2010. p. 256.

INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE: OIV. **Resolución OIV/VITI 333/2010**. [s.l.: s.n.].

IUSS WORKING GROUP WRB. **Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos**. Actualización 2015 ed. Roma: FAO, 2015.

JÚNIOR, A. S. DE A. et al. **Determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório**. Folder Embrapa Meio-norte, 2007.

JÚNIOR, D. M.; BOARETTO, R. M. 2.5. Potássio. Em: **BOLETIM 100: RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico (IAC), 2022. p. 106–112.

JÚNIOR, D. M.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A. 2.6. Cálcio, Magnésio e Enxofre. Em: **BOLETIM 100: RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico (IAC), 2022. p. 113–120.

KARL, A. D. et al. Phenological Stage and Tissue Type of Grapevines Impact Concentrations and Variability of Mineral Nutrients. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. ajev.2023.22052, 1 fev. 2023.

KELLER, M. The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology: Second Edition. **The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology: Second Edition**, p. 1–509, 20 jan. 2015a.

KELLER, M. The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology: Second Edition. **The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology: Second Edition**, p. 1–509, 20 jan. 2015b.

KÖPPEN, W. ;; GEIGER, R. Klima der Erde. **Handbuch der Klimatologie**, v. 1, p. C1–C44, 1936.

LACHMAN, J. et al. Major factors influencing antioxidant contents and antioxidant activity in grapes and wines. **International Journal of Wine Research**, p. 101–121, mar. 2009.

LECOURIEUX, F. et al. An update on sugar transport and signalling in grapevine. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 3, p. 821–832, 1 mar. 2014.

MIYAZAWA, M. et al. ANÁLISE QUÍMICA DE TECIDO VEGETAL. Em: SILVA, F. C. DA (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2º Ed. rev. e Ampli. ed. Brasília - DF: Embrapa Informação tecnológica, 2009. p. 627.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, v. 12, n. 3, p. 513–522, 1 jun. 1976.

MYBURGH, P. Practical guidelines for the measurement of water potential in grapevine leaves. Em: **Wynboer Technical Yearbook**. Seventh annual ed. ed. [s.l: s.n.]. p. 11–13.

MYBURGH, P. A.; HOWELL, C. L. Determining a Midday Stem Water Potential Threshold for Irrigation of Table Grapes: **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 43, n. 2, p. 96–102, 11 nov. 2022.

NATIVIDADE, M. M. P. et al. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: Method validation and characterization of São Francisco Valley samples. **Microchemical Journal**, v. 110, p. 665–674, 1 set. 2013.

OIV. **Diagnostic foliare: une méthode harmonise**. **Bulletin de l'OIV**, 1996.

OIV - INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE. SECTION 2 - PHYSICAL ANALYSIS. Em: **COMPENDIUM OF INTERNATIONAL METHODS OF WINE AND MUST ANALYSIS**. 2021. ed. Paris - France: OIV, 2021. v. 1.

PEREIRA, J. R. et al. Nutrição e adubação da videira. Em: **A Viticultura no Semi-Arido Brasileiro**. Petrolina: Embrapa, 2000. p. 213–257.

PONI, S. et al. Grapevine quality: A multiple choice issue. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 445–462, abr. 2018.

QUAGGIO, J. A.; JÚNIOR, D. M.; RAIJ, B. VAN. 2.4. Fósforo. Em: **BOLETIM 100: RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico (IAC), 2022. p. 95–105.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. VAN. DETERMINAÇÃO DO pH EM CLORETO DE CÁLCIO E DA ACIDEZ TOTAL. Em: **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. p. 181–188.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. VAN. 2.2 Manejo da acidez do solo. Em: **BOLETIM 100: RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico (IAC), 2022. p. 61–83.

RAGAB, A. S. et al. Detection and Quantitation of Resveratrol in Tomato Fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 19, p. 7175–7179, 1 set. 2006.

RAIJ, B. VAN et al. (EDS.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, SP: Instituto agrônômico, 2001.

RAIJ, B. VAN; QUAGGIO, J. A. DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO E POTÁSSIO EXTRAÍDOS COM RESINA TROCADORA DE ÍONS. Em: **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. p. 189–199.

REGINA, M. A. et al. **Novos pólos vitícolas para produção de vinhos finos em Minas Gerais . Informe agropecuário** Belo Horizonte, MGEpamig, 2006.

REGINA, M. A. et al. VITICULTURE FOR FINE WINES IN BRAZILIAN SOUTHEAST. **Acta Horticulturae**, n. 910, out. 2011a.

REGINA, M. DE A. et al. Caracterização físico-química de uvas viníferas cultivadas em regime de dupla poda no nordeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, p. 84–92, set. 2011b.

RIBÉREAU-GAYON, PASCAL. Handbook of enology. 2006.

RIZZON, L. A.; MANFROI, V.; MENEGUZZO, J. **ELABORAÇÃO DE SUCO DE UVA NA PROPRIEDADE VITÍCOLA**. Bento Gonçalves - RS: Embrapa Uva e Vinho, 1998.

ROBY, G. et al. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 10, n. 2, p. 100–107, 1 jul. 2004.

**Rochas - Materiais Didáticos**. Disponível em: <<https://didatico.igc.usp.br/rochas/>>. Acesso em: 27 maio. 2023.

ROMERO, I.; GARCÍA-ESCUADERO, E.; MARTÍN, I. Effects of Leaf Position on Blade and Petiole Mineral Nutrient Concentration of Tempranillo Grapevine (*Vitis vinifera* L.). **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 61, n. 4, p. 544–550, 1 dez. 2010.

SADRAS, V. O.; COLLINS, M.; SOAR, C. J. Modelling variety-dependent dynamics of soluble solids and water in berries of *Vitis vinifera*. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, out. 2008.

SAINT-CRICQ DE GAULEJAC, N.; VIVAS, N.; GLORIES, Y. Maturité phénolique : définition et contrôle. **Revue française d'oenologie**, n. 173, p. 22–25, 1998.

SANTOS, A. D. DOS et al. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2° Ed. rev. e ampli. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5° Edição ed. Brasília - DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, R. D. DOS et al. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5° Edição ed. Viçosa - MG, Brasil: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SCHOLANDER, P. F. et al. Sap Pressure in Vascular Plants. **Science**, v. 148, n. 3668, 16 abr. 1965.

SCHREINER, R. P.; SCAGEL, C. F. Leaf Blade versus Petiole Nutrient Tests as Predictors of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Status of 'Pinot Noir' Grapevines. **HortScience horts**, v. 52, n. 1, p. 174–184, 2017.

SEGUIN, G. Terroirs and pedology of wine growing. **EXPERIENTIA**, v. 42, n. 8, p. 861–873, 1986.

**Serviço geológico do Brasil - CPRM**. Disponível em: <<https://geosgb.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SILVA, T. DAS G. **Diagnóstico vitivinícola do Sul de Minas Gerais**. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 1998.

SINGLETON, V. L. Effects on Red Wine Quality of Removing Juice before Fermentation to Simulate Variation in Berry Size. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 23, n. 3, p. 106, 1 jan. 1972.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1 jan. 1965.

SMART, R. E. Sunlight interception by vineyards. **Amer. J. Enol. Viticult**, v. 24, n. 4, p. 141–147, 1973.

SMART, R. E. Principles of Grapevine Canopy Microclimate Manipulation with Implications for Yield and Quality. A Review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 36, n. 3, p. 230, 1 jan. 1985.

SMART, R. E.; ROBINSON, M. **Sunlight into wine: a handbook for winegrape canopy management**. Adelaide: Winetitles, 1991.

SOUZA, C. M. et al. Indicação de cultivares de videira para o sul de Minas Gerais. Em: **Viticultura e Enologia - atualizando conceitos**. Caldas, MG: EPAMIG-FECD, 2002. p. 277–286.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. **Biochemical Education**, p. 722, 2007.

TECCHIO, M. A. et al. Nutrição, calagem e adubação da videira. Em: **Vinhedo Paulista**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica integral - CATI, 2010. p. 131–155.

TEIXEIRA, A. et al. Berry Phenolics of Grapevine under Challenging Environments. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 9, p. 18711–18739, 11 set. 2013.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª Edição ed. Brasília - DF, Brasil: Embrapa, 2017.



TESIC, D. et al. Environmental effects on cv Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grown in Hawke's Bay, New Zealand.: 1. Phenology and characterisation of viticultural environments. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 8, n. 1, p. 15–26, 1 abr. 2002.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, v. 16, n. 3, p. 574–582, 1980.

TREGOAT, O. et al. Etude du régime hydrique et de la nutrition azotée de la vigne par des indicateurs physiologiques. Influence sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* L. cv Merlot, 2000, Bordeaux). **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 36, p. 133–142, 1 jan. 2002.

VAN GENUCHTEN, M. TH. A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 5, p. 892–898, 1 set. 1980.

VAN LEEUWEN, C. et al. Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. **AMERICAN JOURNAL OF ENOLOGY AND VITICULTURE**, v. 55, n. 3, p. 207–217, 2004.

VAN LEEUWEN, C. et al. **Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes?**Int. Sci. **Vigne Vin**. [s.l: s.n.].

VAN LEEUWEN, C. Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. Em: **Managing Wine Quality: Viticulture and Wine Quality**. [s.l: s.n.]. p. 273–315.

VAN LEEUWEN, C.; ROBY, J. P.; DE RESSÉGUIER, L. Soil-related terroir factors: A review. **Oeno One**, v. 52, n. 2, p. 173–188, 2018.

VAN LEEUWEN, C.; ROBY, J.-P.; RESSÉGUIER, L. DE. Understanding terroir expression. **Wine business Analytics**, ago. 2017.

VAN LEEUWEN, C.; SEGUIN, G. The concept of terroir in viticulture. **Journal of Wine Research**, v. 17, n. 1, p. 1–10, abr. 2006.

VAUDOUR, E. **Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation, protection**. [s.l: s.n.].

VERDI, A. R. A Vitivinicultura em diferentes contextos . Em: **Vinhedo Paulista**. Campinas, SP: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, 2010. p. 256.

WHITE, R. E. The Value of Soil Knowledge in Understanding Wine Terroir. **Frontiers in Environmental Science**, v. 8, 7 fev. 2020.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLE, P. (EDS.). CAPÍTULO XV CONSERVAS VEGETAIS, FRUTAS E PRODUTOS DE FRUTAS. Em: **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1° Edição digital ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.



## APÊNDICES

### APÊNDICE A.

DESCRIÇÃO GERAL

DATA DA DESCRIÇÃO – 13/04/2022

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico (SIBCS); Rodhric Ferritic Ferralsol (Clayic, Dystric) (WRB)

LOCALIZAÇÃO – Trincheira aberta em área de vinhedos pertencente a Vinícola Refúgio. Município de Bofete – SP. Coordenadas – Zona 22 K longitude UTM 780986.08 m E latitude UTM 7436142.11 m S

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta no terço superior, com 5% de declive, sob vegetação de capoeira.

ALTITUDE – 921 m

LITOLOGIA, UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA E CRONOLOGIA – A litologia regional é representada em sua base por arenitos da formação piramboia, já o perfil descrito se encontra sobre basalto decorrente de extrusões de lavas básicas da formação Serra Geral.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Alteração do material supracitado

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

RELEVO LOCAL – Ondulado

RELEVO REGIONAL – Escarpado

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Fortemente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subtropical subperenifólia

USO ATUAL – Viticultura

CLIMA – Cwa - Clima subtropical de inverno seco e verão quente (Koppen, 1931)

DESCRITO E COLETADO POR – Daniel Ernesto Trujillo Manriquez, Marcia Regina Calegari e Pablo Vidal Torrado

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 0 – 25cm, vermelho-escuro (2,5 YR 2,5/3, úmido) e vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, seco); muito argilosa; moderada pequena blocos subangulares que se desfazem em moderada pequena granular; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

BA 25 – 55cm, vermelho-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido) e vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, seco); muito argilosa; moderada média blocos subangulares que se desfazem em moderada e forte pequena blocos subangulares; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bw1 55 – 100cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/3, úmido) e vermelho-escuro (2,5 YR 3/5, seca); muito argilosa; moderada média blocos subangulares que se desfazem em forte pequena granular; muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa: transição plana difusa.

Bw2 100 – 200cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/3, úmida) e vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, seca); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfazem forte pequeno granular; ligeiramente dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa.

**Tabela 13.** Análises físicas do perfil LVdf

Hz	Prof. (cm)	Areia Grossa (g kg <sup>-1</sup> )	Areia Fina (g kg <sup>-1</sup> )	Areia Total (g kg <sup>-1</sup> )	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	Argila (c/ disp) (g kg <sup>-1</sup> )	Classe Textural	Densidade
Ap	0 - 25	41	172	213	102	685	Muito argiloso	1,20
BA	25 - 55	43	173	216	27	757	Muito argiloso	1,05
Bw <sub>1</sub>	55 - 100	42	136	178	84	739	Muito argiloso	1,14
Bw <sub>2</sub>	100 - 200+	34	129	163	74	763	Muito argiloso	1,14
Relação textural				1,09				

**Tabela 14.** Análises químicas do perfil Nvdf

Hz	Prof. (cm)	pH	pH H <sub>2</sub> O	M.O titulação (g.kg <sup>-1</sup> )	P Mehlich 1 (mg.kg <sup>-1</sup> )	K Mehlich 1 (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	Ca KCl 1 mol/L (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	Mg KCl 1 mol.L (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	Al KCl 1 mol.L (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	H+Al Acetato de Cálcio (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	SB (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	CTC (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	V %	m %
Ap	0 - 25	4,8	4,11	26,7	3,4	1,59	18,7	10,5	8	62,5	30,8	93,3	33	21
BA	25 - 55	4,81	4,02	16,6	1,3	0,59	7,6	10,9	19,3	60,3	19,1	79,4	24	50
Bw <sub>1</sub>	55 - 100	4,72	4,01	14,1	1,6	0,36	7,3	3,1	21,8	64,3	10,8	75,1	14	67
Bw <sub>2</sub>	- 200 +	4,9	4,05	9,1	2	0,36	6,1	1,1	18,8	58,1	7,6	65,7	12	71

## APÊNDICE B.

DATA DA DESCRIÇÃO – 13/04/2022

CLASSIFICAÇÃO – NITOSSOLO VERMELHO Distroférico latossólico (SIBCS); Dystric Rhodic Ferritic Sideralic Nitisol (Vetic) (WRB)

LOCALIZAÇÃO - Trincheira aberta em área de vinhedos pertencente a Vinícola Refúgio. Município de Bofete – SP. Coordenadas – Zona 22 k longitude UTM 781162.23 m E latitude UTM 7436167.60 m S

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta no terço inferior, entre 13 e 15% de declive, sob vegetação de capoeira.

ALTITUDE – 898m

LITOLOGIA, UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA E CRONOLOGIA – A litologia regional é, representada em sua base por arenitos da formação piramboia, já o perfil descrito se encontra sobre basalto decorrente de extrusões de lavas básicas da formação serra geral.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Alteração do material supracitado

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

RELEVO LOCAL – Ondulado

RELEVO REGIONAL – Escarpado

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta subtropical subperenifólia

USO ATUAL – Viticultura

CLIMA - Clima subtropical de inverno seco e verão quente (Koppen, 1931))

DESCRITO E COLETADO POR – Daniel Ernesto Trujillo Manriquez, Marcia Regina Calegari e Pablo Vidal Torrado

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 10cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 2,5/3, úmido) e vermelho (2,5 YR 4/6, seca); argila; moderada média blocos subangulares que se desfazem em forte pequena blocos subangulares; extremamente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

AB 10 – 25cm bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmida) e vermelho (2,5 YR 4/8, seca); argila; fraca média blocos subangulares que se desfazem em fraca pequena bloco subangular; extremamente dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bt 25 – 80cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/5, úmida) e vermelha (2,5 YR 4/8, seca); muito argilosa; moderado grande prismática que se desfazem em moderada pequena blocos subangulares; cerosidade moderada, comum a abundante; dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

Bw1 80 – 120cm, vermelho (2,5 YR 4/6, úmida) e vermelha (2,5 YR 4/8, seca); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em forte pequena granular; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa

Bw2 120 – 200+cm, vermelho (2,5 YR 4/6, úmida) e vermelha (2,5 YR 4/8, seca); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em forte pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

**Tabela 15.** Análises físicas perfil NVdf

Hz	Prof. (cm)	Areia Grossa (g kg <sup>-1</sup> )	Areia Fina (g kg <sup>-1</sup> )	Areia Total (g kg <sup>-1</sup> )	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	Argila (c/ disp) (g kg <sup>-1</sup> )	Classe Textural	Densidade
A	0 - 10	104	166	271	144	586	Argila	1,25
AB	10 - 25	99	199	298	121	581	Argila	1,20
Bt	25 - 80	47	161	209	88	704	Muito Argilosa	1,13
Bw <sub>1</sub>	80 - 120	49	211	261	36	704	Muito Argilosa	1,11
Bw <sub>2</sub>	120 - 200	41	167	208	31	761	Muito Argilosa	1,12
Relação textural				1,10				

**Tabela 16.** Análises químicas perfil NVdf

Hz	Prof. (cm)	pH	P H <sub>2</sub> O	M.O titulação (g.kg <sup>-1</sup> )	P Mehlich 1 (mg.kg <sup>-1</sup> )	K Mehlich 1 (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	Ca KCl 1 mol/L (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	Mg KCl 1 mol.L (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	Al KCl 1 mol.L (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	H+Al Acetato de Cálcio (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	SB (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	CTC (mmolc.kg <sup>-1</sup> )	V %	m %
A	0 - 10	6,98	5,9	47,9	94,6	8,18	118,7	30,6	<0,1	22,1	157,5	179,6	88	0
AB	10 - 25	5,26	4,25	36,9	3,3	1,2	25,7	12,2	7,5	62,1	39,1	101,2	39	16
Bt	25 - 80	5,13	4,07	20,2	1,6	0,46	10,5	3,5	14,3	57,4	14,5	71,9	20	50
Bw <sub>1</sub>	80 - 120	5,34	4,09	11,3	1,8	<0,2	12,3	1,3	15,8	48,9	13,7	62,6	22	54
Bw <sub>2</sub>	120 - 200	5,32	4,16	5,8	1,5	<0,2	9	5,1	11	44,1	14,2	58,3	24	44