

THASSIO MONTEIRO MENEZES DA SILVA

**TEOR FOLIAR DE NITROGÊNIO EM VIDEIRA FERTIRRIGADA E SUA RELAÇÃO
COM ATRIBUTOS DO SOLO E DA PLANTA**

Botucatu

2020

THASSIO MONTEIRO MENEZES DA SILVA

**TEOR FOLIAR DE NITROGÊNIO EM VIDEIRA FERTIRRIGADA E SUA RELAÇÃO
COM ATRIBUTOS DO SOLO E DA PLANTA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Orientador: Dr. Luís Henrique Basso

Botucatu

2020

S586t Silva, Thassio Monteiro Menezes da
Teor foliar de nitrogênio em videira fertirrigada e sua
relação com atributos do solo e da planta / Thassio
Monteiro Menezes da Silva. -- Botucatu, 2020
76 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual
Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu
Orientador: Luís Henrique Bassoi

1. Irrigação agrícola. 2. Viticultura de precisão. 3.
Clorofila análise. 4. Solos umidade medição. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca
da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



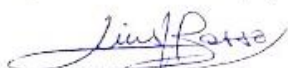
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

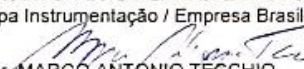
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: TEOR FOLIAR DE NITROGÊNIO EM VIDEIRA FERTIRRIGADA E SUA
RELAÇÃO COM ATRIBUTOS DO SOLO E DA PLANTA

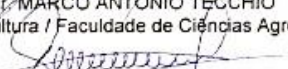
AUTOR: THASSIO MONTEIRO MENEZES DA SILVA

ORIENTADOR: LUÍS HENRIQUE BASSOI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA
(IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:


Pesquisador Dr. LUÍS HENRIQUE BASSOI
Embrapa Instrumentação / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária


Prof. Dr. MARCO ANTONIO TECCHIO
Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. CLÁUDIO DE FÁTIMA FONSECA SOUZA
Recursos Naturais e Proteção Ambiental / Centro de Ciências Agrárias - UFSCar

Botucatu, 19 de fevereiro de 2020

*Dedico este trabalho a impávida sociedade
brasileira em resposta aos recursos destinados à minha
formação profissional,
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por tudo que a mim tem proporcionado.

Aos meus pais Elizeu e Valdemia, em especial a minha mãe por tudo que fez e tem feito pela minha pessoa.

Aos meus irmãos Thaisa, Thailson e Frankilin por terem estado ao meu lado nesta jornada.

A minha noiva Janaina, por todo o amor, apoio e paciência a mim transmitidos incessantemente.

A Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Botucatu e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Irrigação e Drenagem pelos conhecimentos transmitidos e por toda a estrutura.

Ao meu orientador Dr. Luís Henrique Bassoi por toda a paciência, atenção e dedicação em transmitir conhecimento.

A Embrapa Instrumentação e a Rede de Agricultura de Precisão da Embrapa por toda a estrutura disponibilizada.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro.

A Vinícola Guaspari pela confiança e apoio prestados.

A todos os amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Irrigação e Drenagem da UNESP-Botucatu.

A minha equipe de trabalho em especial ao Bruno Ricardo e Henrique Oldoni pela paciência e companheirismo.

A inesquecível República Bodybuilders, pelo acolhimento, companheirismo e momentos vividos.

E aos demais colegas, amigos e familiares que de forma direta ou indireta contribuíram para este trabalho.

RESUMO

Sensores podem auxiliar no monitoramento do nitrogênio no tecido foliar e da água no solo, mas para esse propósito eles necessitam ser calibrados. Assim, o presente trabalho teve como objetivo propor um procedimento para o uso do clorofilômetro em uma área de produção comercial de uva para vinho, no contexto da vitivinicultura de precisão, avaliando a variabilidade temporal do teor de nitrogênio foliar e as suas relações com as zonas homogêneas de solo e da planta. O estudo foi desenvolvido no município de Espírito Santo do Pinhal, estado de São Paulo, no ciclo de produção de 2019 de um vinhedo com a cv. Chardonnay sobre o porta-enxerto Paulsen 1103. O vinhedo foi irrigado e fertirrigado por um sistema de irrigação por gotejamento. O equipamento HS2 HydroSense, calibrado para diferentes zonas homogêneas quanto a fração granulométrica do solo, foi utilizado em 6 datas durante o ciclo de produção para a determinação do conteúdo de água a 0-20 cm de profundidade, e em 20 pontos por zona. O índice relativo de clorofila foi medido pelo clorofilômetro ClorofiLOG CFL 1030 em 4 datas durante o ciclo de produção, e em 40 plantas por data. Para a calibração do clorofilômetro, amostras de folhas foram coletadas para a determinação em laboratório dos teores de clorofila e de nitrogênio. A produção por planta, número de cachos por planta, massa média de cachos por planta e produtividade da área total foram determinados. A maturação tecnológica das bagas foi observada por amostragens periódicas de bagas para a determinação do pH, ácido málico e sólidos solúveis. A partir dos modelos gerados, o clorofilômetro foi capaz de estimar com precisão satisfatória os teores de clorofila *a*, *b* e total, mas para os teores de nitrogênio foliar, a precisão foi menor. Foi possível estimar com elevada precisão a umidade do solo por meio dos modelos matemáticos gerados. As zonas homogêneas de solo apresentaram grande influência sob a umidade do solo, parâmetros da planta e da produção das videiras. As zonas homogêneas de NDVI, medidas com o uso do sensor ativo Crop Circle ACS 430, apresentaram pouca influência sob os parâmetros da planta, sendo mais relacionadas aos aspectos qualitativos das uvas. Os índices relativos de clorofila e os teores de clorofila demonstraram comportamento semelhante ao do nitrogênio foliar, com a interação dos pigmentos com os teores de nitrogênio foliar sendo mais acentuada quando comparadas dentro das zonas homogêneas de solo.

Palavras chaves: *Vitis vinifera* L.. Viticultura de precisão. Clorofilômetro. Zonas homogêneas.

ABSTRACT

Sensors can assist in monitoring leaf tissue nitrogen and soil water, but for this purpose they need to be calibrated. Thus, the present study aimed to propose a procedure for the use of a chlorophyll meter in a commercial growing area of wine grapes, within the context of precision viticulture, evaluating the temporal variability of leaf nitrogen content and its relationship with homogeneous soil and plant zones. The study was carried out at Espirito Santo do Pinhal, state of São Paulo, Brazil, in the 2019 growing season of vineyard of cv. Chardonnay grafted on Paulsen 1103 rootstock. Plants were irrigated and fertigated by a drip irrigation system. The HS2 HydroSense equipment, calibrated for different homogeneous zone of soil fractions, was used to determine the water content at 0-20 cm depth in 6 days throughout the growing season, at 20 points in each zone. The relative chlorophyll index was measured using the chlorophyll meter ClorofiLOG CFL 1030 in 4 days throughout the growing season, in 40 plants by day. Leaf samples were collected for laboratory determination of chlorophyll and nitrogen contents and calibration of the chlorophyll meter. The production per plant, number of bunches per plant, average mass of bunches per plant and yield (total area) were determined. The technological maturation was observed by periodic sampling of berries to determination of pH, malic acid and soluble solids in laboratory. From the mathematical models generated, the chlorophyll meter was able to estimate with satisfactory precision the levels of chlorophyll a, b and total, but for the levels of leaf nitrogen, the precision was lower. It was possible to estimate the soil moisture with high precision through the mathematical models generated. The soil homogeneous zones had a great influence on soil moisture, plant parameters and grape production. The homogeneous zones of NDVI, measured with an active sensor (Crop Circle ACS-430), showed little influence on the plant parameters, and were more related to the grape qualitative characteristics. The relative chlorophyll indices and chlorophyll contents showed a behavior similar to that of leaf nitrogen, with the interaction of pigments with leaf nitrogen levels being more accentuated when compared within soil homogeneous zones.

Keywords: *Vitis vinifera* L.. Precision viticulture. Chlorophyll meter. Homogeneous zones.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Localização da área de estudo no Brasil (A), no estado de São Paulo (B) e disposição do vinhedo em área 1 e área 2 (C).....	34
Figura 2 -	Comportamento agrometeorológico mensal observado durante o ciclo de formação de 2018 e de produção de 2019 da videira cv. Chardonnay no município de Espírito Santo do Pinhal, SP.....	35
Figura 3 -	Mapas de zonas homogêneas da fração granulométrica do solo nas camadas de 0-0,20 m (A) e 0,20-0,40 m (B).....	36
Figura 4 -	Distribuição espacial do NDVI medido em videiras cv. Chardonnay referente aos anos de 2017 (A) e 2018 (B).....	37
Figura 5 -	Sensor HS2 HydroSense II (Campbell Scientific, Logan, UT, EUA) na aquisição de dados de umidade (%) das amostras de solo.....	39
Figura 6 -	Modelo de predição da umidade do solo em diferentes zonas de frações granulométricas, a partir dos períodos de reflectometria obtidos pela sonda HydroSense II.....	44
Figura 7 -	Monitoramento da umidade do solo em diferentes texturas a partir do balanço hídrico e dos índices de umidade obtidos pela sonda HydroSense II.....	46
Figura 8 -	Modelos de predição dos teores de clorofila a, b e total presentes nas folhas de videiras cv. Chardonnay a partir dos índices de clorofila a, b e total obtidos pelo clorofilômetro.....	48
Figura 9 -	Representação gráfica do modelo de predição do teor de nitrogênio foliar em videiras cv. Chardonnay a partir do índice relativo de clorofila total obtido pelo clorofilômetro.....	53
Figura 10 -	Comportamento dos conteúdos de clorofila e teores de nitrogênio foliar ao longo do ciclo da videira cv. Chardonnay.....	55
Figura 11 -	Influência das zonas homogêneas de vigor nos parâmetros de maturação da uva cv. Chardonnay.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Atributos físico-hídricos do solo referentes às camadas de solo 0-0,20 e 0,20-0,40 m	35
Tabela 2 -	Análise de variância dos modelos lineares simples ajustados à relação entre os valores observados de umidade do solo ($\text{m}^3.\text{m}^{-3}$) em função dos períodos de reflectometria obtidos pelo HydroSense II (μs).....	43
Tabela 3 -	Análise de variância dos modelos gerados pela regressão ponderada ajustada à relação entre os valores observados de clorofila a, b e total em função dos índices de clorofila obtidos pelo clorofilômetro.....	48
Tabela 4 -	Análise de variância do modelo linear e ponderado, ajustado à relação entre os valores observados de nitrogênio foliar em função dos índices relativos de clorofila obtidos pelo clorofilômetro.....	52
Tabela 5 -	Influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de solo e planta aos 73 dias após a poda de produção da videira cv. Chardonnay	56
Tabela 6 -	Influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de solo e planta aos 105 dias após a poda de produção da videira cv. Chardonnay	56
Tabela 7 -	Influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de planta e produção da videira cv. Chardonnay	58
Tabela 8 -	Influência das zonas homogêneas de NDVI nos parâmetros de planta e produção da videira cv. Chardonnay	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	Vitivinicultura nacional.....	21
2.2	cv. Chardonnay.....	22
2.3	Porta-enxerto Paulsen 1103.....	23
2.4	Necessidades hídricas da videira para vinho.....	24
2.5	Necessidade de nitrogênio da videira para vinho.....	25
2.6	Relação entre a clorofila e o nitrogênio foliar.....	28
2.7	Métodos de determinação de clorofila e de nitrogênio foliar.....	29
2.8	Medidores de clorofila (clorofilômetros).....	31
2.9	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).....	32
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1	Caracterização da área.....	34
3.2	Zonas homogêneas de solo.....	36
3.3	Zonas homogêneas de NDVI.....	37
3.4	Calibração do sensor e monitoramento da umidade do solo.....	38
3.5	Calibração do medidor portátil para clorofila.....	39
3.6	Calibração do medidor portátil para nitrogênio.....	40
3.7	Produtividade da videira e características das bagas.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1	Calibração da sonda para medida da umidade do solo.....	43
4.2	Monitoramento da umidade do solo.....	45
4.3	Calibração do clorofilômetro para determinação do teor foliar de clorofila.....	47
4.4	Calibração do clorofilômetro para a determinação do teor foliar de nitrogênio.....	51
4.5	Avaliação dos parâmetros de solo e planta.....	53
4.5.1	Comportamento dos teores foliares de clorofila e nitrogênio ao longo do ciclo da videira cv. Chardonnay	53
4.5.2	Influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de solo e planta.....	55
4.5.3	Influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de planta e produção	57

4.5.4	Influência das zonas homogêneas de NDVI nos parâmetros de planta e produção.....	58
4.5.5	Influência das zonas homogêneas de NDVI nos parâmetros de maturação tecnológica da uva.....	59
5	CONCLUSÕES.....	62
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A vitivinicultura é uma prática agrícola a qual é caracterizada pelo cultivo de videiras com a finalidade da produção de uvas para vinho. Atualmente está presente em todos os continentes do planeta, nas mais diversas condições de clima e solo. A ocorrência das videiras em vários lugares do mundo se deve a grande capacidade em se adaptarem aos mais diversos ambientes, estando presentes desde climas mais amenos como os da campanha gaúcha (Rio Grande do Sul) até os mais áridos como os do sertão pernambucano (Pernambuco).

Além da alta capacidade de adaptação das videiras, a vitivinicultura brasileira conta com o emprego de técnicas agrícolas cada vez mais avançadas. Com o passar dos anos, a produção de uvas para vinho demandou mais inovações tecnológicas tendo em vista as exigências do mercado interno e externo. Muitos dos vinhos brasileiros passaram a ser reconhecidos mundialmente devido a sua qualidade, fruto de muito trabalho e empenho por parte dos produtores e das instituições envolvidas no desenvolvimento do setor.

Produto da evolução do setor, a vitivinicultura de precisão (VP) surge como uma nova tendência que por onde passa revoluciona a forma de produzir. A VP procura maximizar os lucros valendo-se do aperfeiçoamento na compreensão do vinhedo e garantindo a maior eficiência no uso dos insumos. Entre os principais insumos, destacam-se os adubos nitrogenados, devido ao seu alto custo e importância para as plantas. O nitrogênio é considerado um dos elementos essenciais no desenvolvimento das plantas, sendo classificado como um macronutriente devido à grande quantidade exigida, sendo parte constituinte de enzimas, aminoácidos, proteínas e pigmentos fotossintetizantes.

O teor de clorofila contido nos vegetais costuma ser um bom indicativo do estado nutricional das plantas, por estar ligado a produção de fotoassimilados os quais são fundamentais a sua manutenção. Ao compreendermos o comportamento do nitrogênio nos vegetais a partir da clorofila, é possível realizar o seu monitoramento com o intuito de aumentar a eficiência no uso, evitando a poluição do meio ambiente e potencializando os aspectos produtivos da cultura. Além da importância econômica e ambiental, vale ressaltar a influência dos teores de nitrogênio na qualidade do vinho podendo ser benéfico ou prejudicial a depender das concentrações existentes.

O presente trabalho teve como objetivo propor um procedimento para utilização do clorofilômetro em sistema de produção comercial de uva para vinho dentro do contexto de vitivinicultura de precisão, avaliando a variabilidade temporal do teor de nitrogênio foliar e as suas relações com as zonas homogêneas de solo e da planta.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Vitivinicultura nacional

A vitivinicultura, ou seja, a produção de uvas para vinificação, é uma prática agrícola realizada em todos os continentes do planeta destacando-se pelos impactos positivos causados na economia a nível regional e local. Segundo a Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV 2019), nos últimos quatro anos (2014 a 2018), a viticultura mundial tem apresentado redução de 1% (108 mil hectares) da área cultivada, consolidando em 2018 aproximadamente 7,45 milhões de hectares.

Dentre os principais países produtores destacam-se Espanha (13%), China (12%), França (11%), Itália (9%) e Turquia (6%) que juntos totalizaram mais da metade da área cultivada no mundo. Já com relação a produção mundial de uva, países como a China (15%), Itália (11%), EUA (9%), Espanha (9%) e França (8%) despontam como os principais produtores, com o Brasil (2%) possuindo a 15ª posição do ranking.

Segundo Debastiani et al. (2015), a vitivinicultura brasileira desde os primórdios esteve limitada as regiões Sul e Sudeste, devido as características climáticas das regiões que se destacam pela presença de baixas temperaturas durante o inverno e semelhança ao clima europeu. A viticultura tropical brasileira foi efetivamente desenvolvida a partir de 1960, com o plantio de vinhedos comerciais de uva de mesa na região do Vale do Rio São Francisco (SILVA; VIANA; MORAES, 2018). A partir do ano de 1970 surgiram novos polos vitivinícolas no Norte do Paraná, seguido em 1980 pelas regiões do Noroeste de São Paulo e de Pirapora no Norte de Minas Gerais (PROTAS; CAMARGO; MELLO, 2002).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2019) a produção de uva brasileira no ano de 2018 foi de 1.592.242 toneladas, com os vinhedos ocupando uma área de 73.742 hectares e alcançando produtividade média de 21,6 t. ha⁻¹. No cenário vitícola nacional, destacam-se as regiões Sul e Nordeste por apresentarem as maiores extensões de área cultivada e as maiores produções anuais correspondendo a 937.945 e 501.833 toneladas, respectivamente. Em terceiro lugar aparece a região Sudeste, que apresenta uma das maiores produções do país com destaque para os estados de Minas Gerais e São Paulo, os quais

possuem prognóstico de aumento das áreas cultivadas e da produção para o ano de 2019 na ordem de 3,6 e 1,2 %, respectivamente.

Semelhante à viticultura, a vinicultura mundial encontra-se concentrada no continente europeu conforme a OIV (2019), com mais da metade do vinho mundial sendo produzido no continente. Entre os principais países produtores de vinho destacam-se a Itália (54,8 M.hL), França (48,6 M.hL), Espanha (44,4 M.hL), EUA (23,9 M.hL) e Argentina (14,5 M.hL). Já o Brasil, encontra-se na décima quinta posição com aproximadamente 330 milhões de litros produzidos em 2018. Em relação ao ano de 2017, houve uma redução na produção de vinho no país na ordem de 13% ou 50 milhões de litros segundo a IOV (2019).

Para Debastiani et al. (2015) a produção de vinhos finos brasileiros teve origem no estado do Rio Grande do Sul, porém a partir da década de 1980, surgiram novas fronteiras vinícola como no Vale do São Francisco, com novas tecnologias de cultivo e de irrigação que juntas proporcionaram a produção de vinhos finos no Semiárido. Como exemplo do emprego de tecnologias de cultivo, Pereira et al. (2019) mencionam os estados de Minas Gerais e São Paulo os quais vem implementando sistemas de produção de colheita tardia com a finalidade da fabricação de vinhos finos de altitude com qualidade diferenciada dos demais vinhos nacionais. Segundo Mello (2015), a produção de vinhos finos e espumantes dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina quando somadas são responsáveis por aproximadamente 95% da produção brasileira.

2.2 Videira cv. Chardonnay

Segundo Giovaninni e Manfroí (2009), a videira cultivar Chardonnay teve sua origem na região da Borgonha, centro-leste da França. Entre as cultivares brancas, Chardonnay é considerada por muitos como uma das cultivares mais comumente empregadas na produção de vinhos espumantes (ANDRÉS-LACUEVA et al., 1996; BUXADERAS e LOPEZ-TAMAMES, 2012; KEMP et al., 2015; GIRARDELLO, R. C. et al., 2020). Giovaninni e Manfroí (2009) afirmam que a partir da Chardonnay são produzidos vinhos brancos, finos, frutados, podendo ter algum envelhecimento em barricas de carvalho ou ser utilizado para elaboração de espumantes.

As características organolépticas mais apreciadas pelos enólogos para a produção de vinhos espumantes são a presença de altos níveis de acidez titulável,

baixo pH e baixa concentração de sólidos solúveis (JONES et al., 2014). Mediante as afirmações de Giovaninni e Manfroi (2009), os vinhos oriundos de videiras Chardonnay apresentam graduação de açúcar entre 15 e 17º Brix, com acidez total de 80 a 100 meq.L⁻¹.

Para Regina et al. (2010), a região sudeste do Brasil tem apresentado um clima ideal para o cultivo de videiras 'Chardonnay', principalmente nas localidades com altitude acima de 1.000 m, permitindo a produção de vinhos espumantes de varietal fino. Neste contexto, Giovaninni e Manfroi (2009) destacam a sua produtividade a qual varia entre 8 e 13 t.ha⁻¹, apresentando resistência a antracnose, sensibilidade ao oídio e podridão dos cachos com moderada sensibilidade ao míldio.

2.3 Porta-enxerto Paulsen 1103

No entendimento de Miele, Rizzon e Giovannini (2009), dentre os aspectos a serem considerados na escolha de um porta-enxerto, salienta-se, a resistência aos fungos e nematoides do solo, a adaptabilidade as condições químicas e físicas do solo, a variedade de videira a ser cultivada e o objetivo da produção. O porta-enxerto influencia o crescimento vegetativo, a produção e a qualidade do cacho da videira, porém as respostas variam conforme as condições edafoclimáticas e a cultivar-copa sobre ela enxertada (MOTA et al., 2009). A seleção do porta-enxerto certo depende em algumas características e da interação entre porta-enxerto, copa e meio ambiente (MIELE; RIZZON, 2017).

De maneira geral, a indicação de porta-enxertos afeta diretamente a produtividade e algumas características químicas da baga, como pH, acidez e teor de sólidos solúveis (ºBrix) (MOTA et al., 2009). Segundo Santos (2019), o porta-enxerto Paulsen 1103 apresenta como característica bom pegamento de enxertia, alto vigor, longo ciclo vegetativo e facilidade no enraizamento, podendo ser recomendado para solos com densidade média. Essas características podem induzir diferentes respostas aos componentes de rendimento da videira, da composição do vinho e seus atributos sensoriais (MIELE; RIZZON, 2017).

O porta-enxerto 'Paulsen 1103', pertencente ao grupo V. berlandieri x V. rupestres o qual teve grande difusão nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina por apresentar tolerância à fusariose (SANTOS, 2019). Na região Sul do Brasil, entre os demais porta-enxertos utilizados, o 'Paulsen 1103' destaca-se na

viticultura convencional por proporcionar maior potencial produtivo (CAMARGO; NACHTIGAL, 2007).

Segundo Moreno e Vallarin (2011), o sistema radicular desse porta-enxerto é profundo, podendo conferir um vigor excessivo a cultivar enxertada. Miele e Rizzon (2017) ao testarem 15 diferentes porta-enxertos sob a variedade Cabernet Sauvignon, observaram que o Paulsen 1103 verificou maior acidez titulável entre os analisados. Já em videiras do cultivar Merlot 181, foi observado que proporcionou taxa de maturação mais lenta, menores bagas, além de menor teor de antocianinas (GUTIÉRREZ-GAMBOA et al., 2018).

2.4 Necessidades hídricas da videira para vinho

No entendimento de Chaves et al. (2007), grande parte das áreas vitícolas mundiais situam-se em regiões que apresentam períodos de seca com altas temperaturas e déficits hídricos intensos. Segundo Pirata (2018), os vinicultores compreendem e fazem proveito das características de cada região à medida que maximizam o potencial enológico a partir dos recursos endógenos, os quais os distinguem dos demais e posiciona-os no mercado de forma competitiva. Estima-se que cerca de dois terços das principais áreas de viticultura do mundo tenham precipitação anual abaixo de 700 mm (VAZ et al., 2016).

De acordo com Doorenbos e Kassam (1994), as demandas hídricas anuais das videiras variam entre 500 e 1.200 mm, a depender do espaçamento, do manejo da cultura, do cultivar, do ciclo fenológico, da profundidade e estrutura do solo e do clima. Resultados encontrados por Acevedo-Opazo, Ortega-Farías e Fuentes (2010); Silva (2005) e López-Urrea et al. (2012) em diferentes países como Chile, Brasil e Espanha, demonstram a variabilidade existente entre as videiras de vinho quanto ao consumo hídrico anual, apresentando médias iguais a 695, 455 e 470 mm, respectivamente.

A disponibilidade hídrica é um dos fatores que mais contribuem para o bom desenvolvimento do vinhedo. Para Keller (2015), a água influencia diretamente no rendimento e na composição das bagas, no aumento da parte aérea e no microclima da videira. Magalhães (2015) define o stress hídrico como uma condição onde a água é um fator limitante para a manutenção das atividades biológicas das plantas podendo ocorrer a partir do excesso ou da insuficiência.

Serrano, González-Flor e Gorchs (2010) mencionam que o estado da água nas folhas pode ser avaliado a partir de vários indicadores fisiológicos como a transpiração, condutância estomática e potencial da água nas folhas, sendo os mais utilizados no meio vitivinícola. Corroborando, Van Leeuwen et al. (2009) destacam o amplo uso da medição do potencial da água nas folhas, empregado em diversos estudos com videira, sempre realizados durante a madrugada devido a homogeneidade das condições microclimáticas e a ausência de transpiração.

A resposta da cultura ao déficit hídrico vai depender da intensidade, duração e da fase do ciclo em que o mesmo ocorre (STEDUTO et al., 2012). Quando moderado, Pirata (2018) observou a redução no tamanho das bagas, maior concentração de sólidos solúveis e maior concentração de compostos fenólicos. Hunter, et al. (2014), encontraram melhorias na cor e no conteúdo fenólico das bagas o que favoreceu na cor do vinho e aos perfis fenólicos resultantes. Bagas pequenas aumentam a relação peso de casca / polpa e, conseqüentemente, a concentração dos diferentes compostos fenólicos na casca da baga (VAZ, et al., 2016).

Já em casos de stress severo, Ojeda (2002) observou comprometimento da atividade fotossintética da videira o que afetou significativamente o acúmulo dos compostos fenólicos. Devido a condição de extrema indisponibilidade hídrica, ocorre o fechamento dos estômatos como mecanismo de resistência desenvolvido pelas plantas. Para Simonneau et al. (2017), a abertura dos estômatos é algo essencial ao processo de fotossíntese, já que o seu fechamento tem alto custo biológico, devido à redução da fotossíntese e a ativação meios anaeróbicos onerosos aos vegetais.

2.5 Necessidade de nitrogênio da videira para vinho

Segundo Reichardt et al. (2009), o nitrogênio é um elemento vital as plantas por ser parte constituinte de inúmeros compostos orgânicos como clorofilas, proteínas, ácidos nucléicos, enzimas, coenzimas e citocromos. Neste sentido, Brunetto et al. (2009) destacam a importância do nitrogênio na videira para vinho, afirmando que o nutriente é determinante no vigor vegetativo, na qualidade das uvas, na produtividade do vinhedo, na fermentação do mosto e na qualidade do produto final, o vinho.

Quanto a utilização, a absorção e acumulação dos nutrientes, as videiras apresentam características peculiares. Brunetto et al. (2006) observaram que as videiras acumulam os nutrientes absorvidos em um ciclo e os utilizam no ciclo seguinte. Já Melo et al. (2005), constataram que na primavera e no verão as videiras apresentam maior intensidade de absorção do nitrogênio, que acontece preferencialmente na forma de nitrato, por estar disponível em maior quantidade seguido pelo amônio. Depois de absorvido, o N-NO_3^- é reduzido para N-NH_4^+ e é incorporado em aminoácidos, preferencialmente glutamato, glutamina e arginina, sendo esta a forma mais importante de acumulação de nitrogênio nas partes perenes (MELO et al., 2005).

Cerca de 33% do nitrogênio encontrado na biomassa dos ramos em crescimento e dos cachos é mobilizado das reservas existentes nas estruturas permanentes da videira, predominantemente das raízes (ROUBELAKIS-ANGELAKIS e KLIEWER, 1992). Ao fazerem uso do isótopo ^{15}N na adubação nitrogenada de videiras para vinho, Melo et al. (2005) notaram a existência da redistribuição do nitrogênio presente nas folhas para outros órgãos da planta como raízes, bagas, ramos. A alta mobilidade do nitrogênio na planta torna difícil a sua quantificação à medida que fatores ambientais e fisiológicos alteram a sua concentração em determinado órgão como por exemplo a folha.

Na tentativa de padronizar as características do material vegetal amostrado, alguns autores desenvolveram metodologias que aperfeiçoaram a avaliação do estado nutricional das videiras. Como exemplo, Malavolta et al. (1997) definiram que as folhas de videira deveriam ser coletadas ao fim do florescimento e localizadas na base do primeiro cacho, devendo ser selecionadas entre 30 e 60 folhas por hectare. Ao comparar os momentos de coleta, Lorensini (2014) evidenciou que as folhas coletadas ao fim do florescimento eram mais sensíveis ao estado nutricional em comparação as folhas coletadas na fase de mudança de cor (pintor, veraison ou início da maturação). Para Malavolta et al. (1997), a concentração de nitrogênio foliar deve ser determinada a partir da análise química do pecíolo, sendo considerado ideal quando apresentado concentração entre 25 e 27 g.kg^{-1} .

Com base na Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS - RS/SC, 2004), as doses de nitrogênio por hectare para a cultura da videira devem variar entre 10 e 50 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, já o Boletim 200 do Instituto Agrônomo de Campinas (AGUIAR et al., 2014) recomenda entre 100 a 150 kg ha^{-1} levando em consideração

expectativa de produtividade e o teor total de nitrogênio existente na folha completa ou no pecíolo. Resultados encontrados por Lorensini (2014) demonstraram pouca expressividade da produção de uva Cabernet Sauvignon em relação as crescentes doses de nitrogênio, com os melhores resultados ocorrendo sob a aplicação de 15 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ e produtividade média de 11,99 t. ha⁻¹. Na região Sul do Brasil, a maioria dos resultados de pesquisas obtidos até o momento em experimentos com espécies viníferas mostram que o mais indicado é a aplicação de baixas doses de nitrogênio, normalmente abaixo de 40 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ (MELO et al., 2016).

Para Brunetto et al. (2007), as recomendações de fertilizantes nitrogenados não levam em consideração as características químicas e morfológicas das uvas e consequentemente do seu mosto. As mudanças ocorridas nas videiras por influência da fertilização nitrogenada são tratadas por Chadha e Shikhamany, (1999) que mencionam a alterações morfológicas do cacho (peso das bagas, comprimento, largura e peso dos cachos e número de bagas por cacho), químicas do mosto (acidez titulável total, polifenóis totais, sólidos solúveis totais, ácidos orgânicos, pH e antocianina) e das propriedades organolépticas.

Por outro lado, a aplicação crescente de nitrogênio aumenta de forma linear o peso das bagas, aumentando a relação polpa/casca, o que está associado à diminuição da coloração do mosto e do vinho (BRUNETTO et al., 2007). As antocianinas são os principais compostos para a produção de vinho tinto, estão presentes na casca (epicarpo) das bagas de uvas vermelhas e às vezes, no caso das chamadas cultivares “teinturier”, também na polpa (mesocarpo) (SOUBEYRAND et al., 2014). São encontradas em maior quantidade na casca e determinam a cor da uva e do vinho (BRUNETTO et al., 2015).

Os polifenóis totais, também encontrados em maiores quantidades na casca, aumentam como resposta à fertilização nitrogenada, contribuem para a intensidade da cor, tonalidade e sabor da uva e do vinho (CHADHA e SHIKHAMANY, 1999). O grau de extração dos polifenóis e a qualidade sensorial final do vinho são determinados principalmente pela composição fenólica das uvas na colheita (DELGADO et al., 2004).

Em estudo realizado com doses crescentes de nitrogênio em vinhas Cabernet Sauvignon, Brunetto et al. (2007) observaram o acréscimo expressivo dos valores referentes ao ácido tartárico, ácido málico, pH e acidez total. Os ácidos tartáricos e málicos representam mais de 90% de todos os ácidos da baga e indicam

a estabilidade e a longevidade do vinho (BRUNETTO et al., 2015). Para Spayd et al. (1994), as crescentes doses de nitrogênio influenciam no aumento do pH, da acidez titulável, da concentração de amônia e de potássio no mosto. Como mencionado por Mpelasoka et al. (2003), o aumento da concentração de potássio no mosto favorece a precipitação do bitartarato de potássio, que por sua vez, reduz a qualidade química do vinho (características organolépticas).

Além das relações bioquímicas existentes entre planta e nutriente, Pérez-Álvarez et al. (2017) relatam que o nitrogênio afeta o metabolismo da levedura, influencia diretamente a fermentação cinética e a formação de diferentes compostos voláteis favoráveis a vinificação.

2.6 Relação entre a clorofila e o nitrogênio foliar

Presentes nos vegetais verdes, sob as formas *a* e *b*, as clorofilas são constantemente sintetizadas e destruídas, cujos processos são influenciados por fatores internos e externos às plantas (BLANKENSHIP, 2009). As moléculas de clorofila são componentes das membranas dos cloroplastos e ocorrem na razão (*a/b*) de aproximadamente 3/1 (LICHTENTHALER et al., 1981). Para Berg, Tymoczko e Stryer (2002), a clorofila *a* é o principal fotorreceptor nos cloroplastos na maioria das plantas verdes, composto por quatro anéis de pirrol, um átomo de magnésio e uma longa cadeia de fitol.

Em algumas culturas, o teor de clorofila nas folhas se correlaciona positivamente com a concentração foliar de nitrogênio (N), estando 70% do N contido nas folhas nos cloroplastos ao participarem da síntese e da estrutura da clorofila (WOOD et al., 1993). A concentração de clorofila ou o verde da folha é afetado por vários fatores, sendo um deles o status N da planta (NETTO et al., 2005). O nitrogênio é um componente essencial ao funcionamento das proteínas e da clorofila nas folhas e, portanto, da fotossíntese (ASHLEY, 2011). A capacidade fotossintética das folhas está relacionada ao teor de nitrogênio, principalmente porque as proteínas do ciclo de Calvin e os tilacóides representam a maior proporção do N foliar (EVANS, 1989). Geralmente, uma maior proporção de nitrogênio é particionada nos tilacóides quando as plantas são cultivadas com menor irradiância, aumentando de 20 a 40% do nitrogênio total das folhas (EVANS, 1989).

Entretanto, as plantas não absorvem o N_2 , sendo necessária à transformação do N_2 gasoso para as formas assimiláveis como amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-) por meio da fixação biológica, industrial ou atmosférica (PRADO, 2008). O N é um elemento essencial às plantas e sua carência é observada em quase todos os solos, sendo evidenciada pelo aparecimento de uma clorose das folhas, iniciando-se pelas folhas mais velhas (CARVALHO et al., 2003). Isso é apoiado pela forte redução do teor de clorofila nas folhas basais das videiras, com a baixa concentração de N indicando a senescência e reciclagem mais precoce do nutriente (KELLER; KUMMER; VASCONCELOS, 2001). Além disso, quando o nitrogênio é fornecido às plantas com estresse por N, primeiramente o mesmo é translocado para novas folhas (MOONEY; GULMON, 1979).

A forte correlação entre clorofila e nitrogênio foliar não se estende diretamente à capacidade de transporte de elétrons e o nitrogênio foliar (EVANS, 1989), à medida que a longevidade das folhas afeta o ganho de carbono para um dado teor de nitrogênio (BERENDSE; AERTS 1987). Neste sentido, Poni, Intrieri e Silvestroni (1994) evidenciaram em videiras de vinho o pico do acúmulo do nitrogênio nas folhas ocorrendo entre 45 e 50 dias de idade, seguidos posteriormente, por um padrão de exportação do nutriente. No entendimento de Murakami (2002), após atingirem a maturidade fotossintética, as folhas das videiras tendem a permanecer em atividade máxima de duas a três semanas, diminuindo gradativamente até o início do processo de senescência.

2.7 Métodos de determinação de clorofila e de nitrogênio foliar

Entre as técnicas analíticas empregadas na quantificação do teor de clorofila destacam-se os métodos de espectrofotometria (EIJCKELHOFF; DEKKER, 1997) e de fluorometria (SUDO; IGARASHI, 1996) por serem amplamente difundidos no meio científico. Para ambas as técnicas espectroscópicas, as clorofilas são geralmente separadas da matriz da amostra para remover interferências espectrais (JEFFREY, 1997). O tecido vegetal costuma ser macerado e adicionado a um solvente orgânico (álcool, cetona, éster ou éter) o qual serve como extrator da clorofila presente no meio celular. A quantificação do pigmento é feita por calibração externa ou por coeficientes de absorção específicos do composto (BOHN; WALCZYK, 2004).

Mesmo que possuam semelhanças quanto a preparação das amostras, os métodos de determinação do conteúdo de clorofila apresentam distinções entre si. Os métodos de fluorescência são mais sensíveis e seletivos do que as técnicas espectrofotométricas para clorofila, mas com precisão limitada quando aplicados a matrizes de amostras complexas (HOLM-HANSEN et al., 1965). Para Schwartz e Lorenzo (1990), existe uma relação direta entre o conteúdo de água presente nas amostras e a redução da fluorescência das clorofilas, sendo vetado o uso de meios aquosos.

Assim como a clorofila, o nitrogênio presente nos vegetais serve como um parâmetro indicador do estado nutricional das plantas. No entendimento de Leco (2008), os métodos analíticos propostos por Kjeldahl e por Dumas são os principais procedimentos utilizados para a determinação do nitrogênio mundo a fora. Conforme sugerido por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), inicialmente as amostras devem ser acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada a 65-70 °C, por 72 horas, moídas e submetidas à análise.

Segundo Leco (2008), o método de Kjeldahl é caracterizado pela digestão da amostra em ácido sulfúrico, seguido pela destilação e pela titulação do produto resultante. O amônio é separado por destilação a vapor, coletado em solução indicadora de ácido bórico e determinado por titulação com ácido padrão (BREMNER; EDWARDS, 1965). O método é usualmente classificado em macro, semi-micro e micro Kjeldahl conforme a quantidade de amostra que vai ser submetida à digestão para análise (MAPA, 2013). O método de Kjeldahl é o mais empregado, por utilizar maiores quantidades de amostra (VIEIRA et al., 2016).

O método de Dumas baseia-se na combustão do material e medição do nitrogênio elementar resultante (THOMPSON et al., 2002). Para Leco (2008), a metodologia proposta por Dumas é caracterizada pelo emprego de altas temperaturas (950°C) na combustão das amostras, seguido pela detecção elementar do nitrogênio por meio da termcondutividade. A instrumentação moderna transformou esse venerável método o qual foi desenvolvido em 1831 em uma alternativa econômica (THOMPSON et al., 2002). Devido ao desenvolvimento de sistemas automatizados por computador projetados para lidar com grandes quantidades de amostras, o método Dumas foi prevalecido nos últimos tempos (WATSON; GALLIHER, 2001). A principal diferença do método de Dumas é a completa conversão das formas não proteicas de nitrogênio em elementos

elementares, com Kjeldahl apresentando conversão incompleta dos íons amônio (THOMPSON et al., 2002).

2.8 Medidores de clorofila (clorofilômetros)

No entendimento de Rigon et al. (2013), os medidores da cor verde denominados clorofilômetros, são equipamentos que fornecem leituras proporcionais aos níveis de clorofila a e b presentes nas folhas, baseando-se nos sinais de receptores (sensores fotodiodos) os quais convertem radiação fotoelétrica em sinais analógicos. Os medidores de absorbância de clorofila de mão, medem a absorbância das folhas em dois comprimentos de onda diferentes, sendo o vermelho e o infravermelho próximo com a luz vermelha sendo fortemente absorvida pela clorofila (KALAJI et al., 2017). Parry, Blonquist jr e Bugbee (2014) enfatizam que os clorofilômetros fazem uso do infravermelho próximo com o objetivo de realizar correções nos resultados, servindo como referência para os demais comprimentos de onda.

Já o medidor de clorofila Clorofilog 1030, possui três LEDs trabalhando em 635, 660 e 850 nm, com o último comprimento de onda usado para a normalização das leituras (BRITO et al., 2011). Segundo Rigon et al. (2013), dois dos três diodos emitem comprimentos de onda próximos ao pico de cada clorofila (635 e 660 nm), enquanto o terceiro diodo é usado como referência interna para compensar a espessura das folhas (RIGON et al., 2013).

Para Brito et al. (2011) os medidores de clorofila são amplamente utilizados na agricultura por dois grandes motivos: praticidade e rapidez na obtenção dos resultados, tendo em vista o tamanho reduzido e o emprego da espectrofotometria. Os medidores de clorofila fornecem um método simples, rápido e não destrutivo para estimar o teor de clorofila nas folhas (XIONG et al., 2015). Em contrapartida, Rigon et al. (2013) ressaltam que a obtenção de resultados para clorofila por outros meios resulta no aumento do tempo da análise e na destruição das amostras.

O método de extração da clorofila em solvente orgânico, acarreta na destrutivas das amostras, maior complexidade operativa, maior morosidade e aumento dos custos (XIONG et al., 2015). Segundo Parry, Blonquist Jr e Bugbee (2014), sete solventes orgânicos têm sido amplamente empregados para a extração

de clorofila dentre eles cetona, metanol, etanol, clorofórmio, éter dietílico, dimetil-formamida (DMF) e dimetil sulfóxido (DMSO).

Aproximadamente 80% do nitrogênio foliar é alocado nos cloroplastos, onde metade do N está disposto na forma de proteínas fotossintetizantes (clorofilas) (XIONG et al., 2015). Neste contexto, Shah, Houborg e Mc Cabe (2017) afirmam que a precisa estimativa dos conteúdos de clorofila das folhas auxilia na gestão de sistemas agrícolas, servindo como indicativo do estado nutricional, sanitário e hídrico das plantas. Mesmo que amplamente empregados no monitoramento e no manejo do nitrogênio (N) foliar em sistemas agrícolas, ainda é desconhecido seu comportamento em meio aos fatores ambientais e as características das folhas (XIONG et al., 2015).

Apesar de bem reconhecida no diagnóstico da deficiência de N em cereais, as leituras dos clorofilômetros são altamente dependentes da estação, localização e cultivares (ZHAO et al., 2016). As leituras dos medidores de clorofila são grandemente influenciadas pela região específica da folha onde são feitas as medições, pois a clorofila não é distribuída uniformemente ao longo da lâmina foliar (YUAN et al., 2016). Resultados encontrados por Xiong et al. (2015) demonstraram que a relação entre as leituras e o teor de nitrogênio foliar por área foliar variaram entre as espécies, sendo afetada principalmente pelas características das folhas e pelos fatores ambientais.

No entendimento de Brito et al. (2011), para determinar a quantidade de clorofila em uma amostra, é necessário estabelecer a relação matemática entre as leituras do medidor e a concentração de clorofila na amostra de tecido (BRITO et al., 2011). Como alternativa, os medidores de clorofila, oferecem uma abordagem rápida e não destrutiva ao determinar valores relativos de clorofila, necessitando ser calibrado para medição em absoluto (SHAH; HOUBORG; MC CABE, 2017). Os modelos que descrevem a relação entre as leituras dos equipamentos portáteis variam para cada cultura e requerem calibração independente (UDDLING et al., 2007).

2.9 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)

Segundo Gao et al. (2017), em meio as técnicas agrícolas empregadas no monitoramento das culturas, o sensoriamento remoto (SR) tem se destacado com o

uso dos índices de vegetação (IV). Dentre os IV, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) tem sido o mais utilizado, devido à sua sensibilidade à presença dos pigmentos fotossintetizantes (FORMAGGIO; SANCHES, 2017). Quanto a aplicabilidade do NDVI, Bernardi et al. (2014) afirmam que o IV é amplamente utilizado na agricultura, devido à sua fácil aplicação, permitindo uma detecção rápida e eficiente das variações na vegetação.

Para Hall et al. (2002), o NDVI pode ser considerado um dos indicadores de vigor das plantas estando relacionado com a diferença entre a luz refletida nas regiões infravermelha próxima e vermelha, podendo variar entre -1 e +1 devido a quantificação da diferença relativa entre a refletância no infravermelho próximo 'pico' e a refletância vermelha 'vale' na assinatura espectral. Para alvos altamente vegetados, o nível de vigor é alto e o valor do NDVI está próximo de +1, enquanto para alvos não vegetados, o nível de vigor é baixo e o valor do NDVI é próximo de zero com os valores negativos raramente ocorrem em alvos naturais (TANDA; CHIARABINI, 2019).

Como o NDVI está relacionado ao índice de área foliar do dossel das plantas (IAF) e à quantidade de radiação absorvida pelo dossel, os mapas do NDVI podem ser usados para interpretar padrões espaciais de infestação de pragas e doenças, status da água, características da fruta e qualidade do vinho (Johnson et al., 2003). Neste contexto, Arnó et al. (2009) mencionam que o mapeamento do NDVI no vinhedo pode auxiliar na colheita seletiva de uvas, dividindo em zonas. Para Oldoni (2019), o NDVI pode ser considerado um indicador indireto de parâmetros da composição de bagas e da produção da videira.

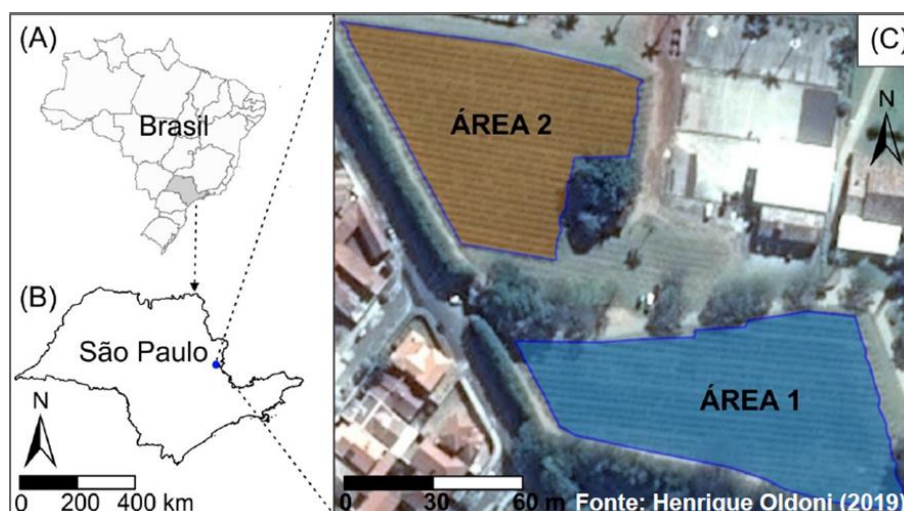
Em estudo realizado por King et al. (2014) em vinhedo irrigado sem estresse hídrico, foi possível constatar que as zonas de vigor vegetativo baseadas nos dados de NDVI, permitiram distinguir diferentes padrões de produção e qualidade da uva. Já Marciniak et al. (2015), observaram que as condições climáticas influenciam na relação entre o NDVI e os atributos de maturação tecnológica das bagas. Para GONZÁLEZ-FLOR et al. (2014), as mudanças climáticas (déficit hídrico) ocorridas dentre os ciclos de produção podem interferir na capacidade do NDVI em prever as características quantitativas e qualitativas do vinhedo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

O estudo foi desenvolvido no município de Espírito Santo do Pinhal, São Paulo (22° 10' 49,1" S, 46° 44' 28,4" O e altitude média de 875 m), em um vinhedo com a cv. Chardonnay enxertada sobre o porta-enxerto Paulsen 1103 subdividido em duas áreas contíguas que juntas somam 1,1 ha, implantado em 2008, com espaçamento de 2,5 m (entre fileiras) por 1,0 m (entre plantas) e fertirrigado por um sistema de irrigação localizada do tipo gotejamento (Figura 1). O sistema instalado na área opera com uma linha lateral por fileira e dois emissores por planta (0,5 m entre emissores), com vazão média de 1,83 e 1,99 L.h⁻¹ nas áreas 1 e 2, respectivamente. O sistema de sustentação das plantas é do tipo espaldeira, com condução das videiras em cordão Royat unilateral e orientação Leste-Oeste.

Figura 1 - Localização da área de estudo no Brasil (A), no estado de São Paulo (B) e disposição do vinhedo em área 1 e área 2 (C)



O solo do vinhedo é classificado como Cambissolo Háplico Tb, A moderado, e Neossolo Regolítico, A húmico, ambos eutróficos típicos, de textura argilosa (Tabela 1) com cascalho, apresentando na área 1 um complexo e na área 2 uma associação dos mesmos (OLDONI, 2019). Segundo a classificação de Köppen, o clima é Cwa, que se refere a climas subtropicais úmidos com invernos secos e verões quentes (ALVARES et al., 2013).

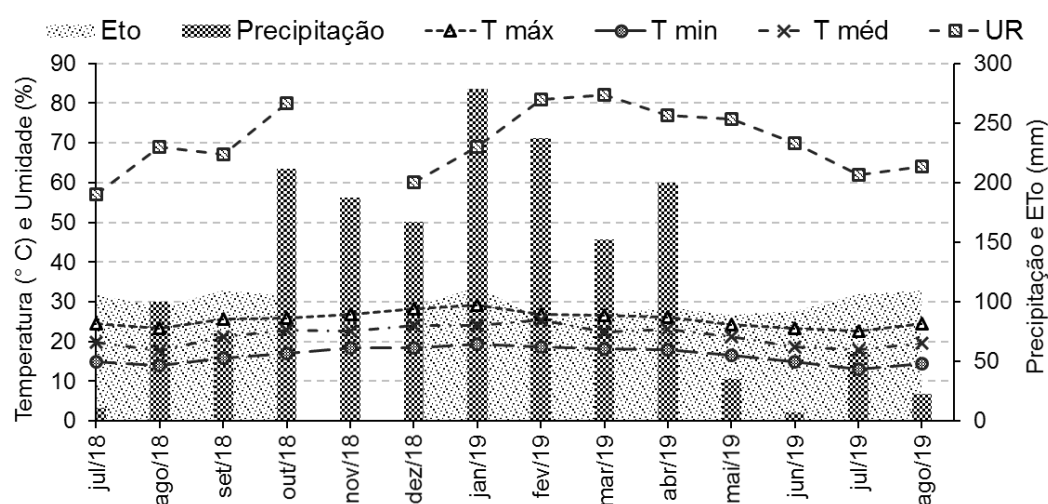
Tabela 1 - Atributos físico-hídricos do solo referentes às camadas de solo 0-0,20 e 0,20-0,40 m

Camada de solo	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	AD (mm)	APD (mm)
0 - 0,20 m	37,9	12,5	49,4	17,2	12,3
0,20 - 0,40 m	44,1	12,9	43,0	16,7	12,0

AD: água disponível; APD: água prontamente disponível Adaptado: Martins (2018)

O comportamento climático da área pode ser observado na Figura 2 por meio da representação gráfica dos os valores de precipitação mensal (mm), médias mensais da temperatura do ar máxima, média e mínima diária (T máx, T méd e T min, °C), evapotranspiração potencial mensal (ETo, mm) e umidade relativa do ar (UR, %) ocorridos entre no período de formação das plantas (07 de agosto de 2018 a 6 janeiro de 2019) e no período de produção de uvas para vinho (7 de janeiro a 17 de maio de 2019). Todas as informações foram adquiridas junto a uma estação meteorológica automática (EMA) instalada nas proximidades do vinhedo, sendo da marca DAVISTM, modelo Vantage Pro2 (Davis Instruments Corp., Hayward, CA, EUA).

Figura 2 - Comportamento agrometeorológico mensal observado durante o ciclo de formação de 2018 e de produção de 2019 da videira cv. Chardonnay no município de Espírito Santo do Pinhal, SP



T máx: temperatura máxima do ar; T méd: temperatura média do ar; T min: temperatura mínima do ar; ETo: evapotranspiração de referência; UR: umidade relativa do ar.

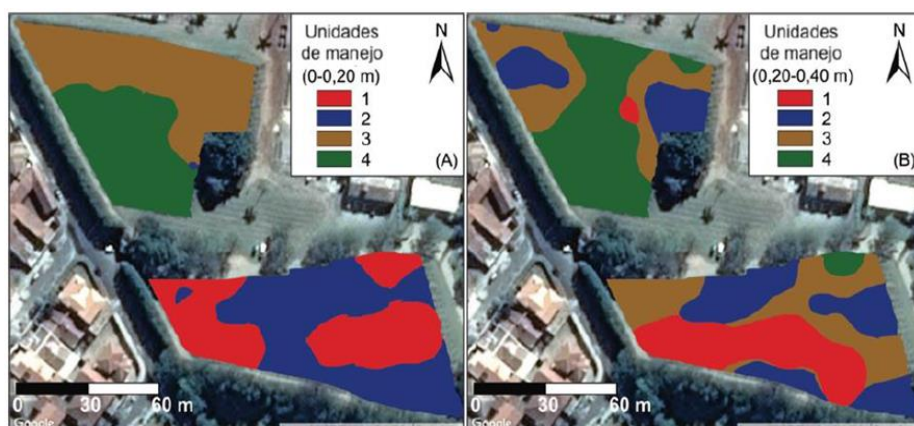
Vale ressaltar que no mês de novembro do ano de 2018 houve a interrupção dos dados referentes a umidade relativa do ar (UR). Devido a este motivo, as estimativas da evapotranspiração também foram afetadas.

3.2 Zonas homogêneas de solo

As zonas homogêneas de solo adotadas no presente estudo foram as mesmas definidas anteriormente por Martins (2018) (Figura 3), onde empregou uma malha de 54 pontos amostrais para a coleta de solo nas camadas de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m, totalizando 108 amostras, para determinação da fração granulométrica do solo (areia, silte e argila) pelo método do analisador granulométrico de raios gama proposto por Vaz et al. (1999).

Após a determinação dos parâmetros físicos dos solos existentes na área, os dados passaram por análises estatísticas dos tipos descritiva e geoestatística devido ao georeferenciamento de todos os pontos amostrados. Inicialmente, o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (K-S), ao nível de significância de 5%, foi aplicado para verificar a normalidade da distribuição de cada conjunto de dados, seguido pela análise geoestatística aplicada aos dados de fração granulométrica do solo para caracterização da distribuição espacial e interpolação dos mesmos por meio da krigagem ordinária e por fim, a análise de componentes principais (PCA) e a análise de agrupamento por meio do algoritmo fuzzy c-means (MARTINS, 2018).

Figura 3 - Mapas de zonas homogêneas da fração granulométrica do solo nas camadas de 0-0,20 m (A) e 0,20-0,40 m (B)



Fonte: Roberto Luvisutto Martins (2018)

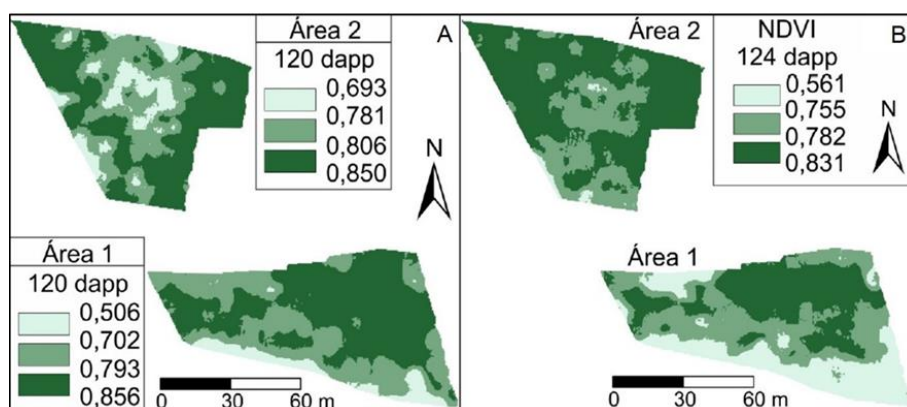
3.3 Zonas homogêneas de NDVI

Já as zonas homogêneas determinadas a partir do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), foram as mesmas outrora obtidas por Oldoni (2019).

Para a aquisição dos dados de reflectância, foram realizados caminhamentos por toda a área com o sensor (Crop Circle ACS-430) posicionado na parte superior do dossel das videiras a uma altura de aproximadamente 0,3 m do mesmo e com média de 10 aquisições por segundo Oldoni (2019). Posteriormente em posse dos dados de NDVI, foram realizadas análises estatísticas sendo uma delas o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (K-S) com correção de Lilliefors, ao nível de 5% de significância para cada um do conjunto de dados e posteriormente, a caracterização da distribuição espacial e interpolação dos dados por meio da krigagem (OLDONI, 2019).

A delimitação das classes (zonas homogêneas) de NDVI foi realizada pelo método de Otimização de Jenks (quebras naturais) (JENKS, 1963), sendo adotadas três classes como padrão para representação dos mapas de zonas homogêneas (OLDONI, 2019). Como demonstrado na Figura 4, existe uma maior estabilidade temporal da distribuição espacial dos dados de NDVI, em ambas as áreas do vinhedo, podendo ser adotado um mapa padrão determinado com base nos mapas de NDVI de 2017 e 2018 para os futuros ciclos de produção como o mencionado por Oldoni, (2019).

Figura 4 - Distribuição espacial do NDVI medido em videiras cv. Chardonnay referente aos anos de 2017 (A) e 2018 (B)



Fonte: Henrique Oldoni (2019)

Já no ciclo de produção de 2019, foram realizadas duas medidas do NDVI justamente nas datas propostas por Oldoni (2019). A primeira amostragem ocorreu aos 95 dias após a poda - dap (12 de abril) onde foram delimitadas as plantas que seriam amostradas ao longo da maturação para a determinação dos parâmetros de ponto de colheita. Consecutivamente, a segunda amostragem foi realizada aos 105

dap (22 de abril) onde foi observado um comportamento semelhante ao encontrado por Oldoni (2019), ao ponto de as plantas analisadas serem as mesmas estabelecidas anteriormente (2017 e 2018).

3.4 Calibração do sensor e monitoramento da umidade do solo

Com base nos mapas de zonas homogêneas de solo desenvolvidos por Martins (2018), foram alocados cinco pontos de monitoramento da umidade por zona, totalizando 20 pontos distribuídos em toda a área. A umidade do solo foi medida na camada 0,0-0,2 (m) por meio de sensor capacitivo com o equipamento HS2 HydroSense II (Campbell Scientific, Logan, UT, EUA). Foram realizadas 6 coletas de dados, as quais ocorreram em 7 de fevereiro, aos 31 dap (floração), 6 de março, aos 58 dap (baga no tamanho de chumbinho), 21 de março, aos 73 dap (baga no tamanho de ervilha), 12 de abril, aos 95 dap (maturação das bagas), 22 de abril, aos 105 dap (maturação das bagas), e 13 de maio de 2019, aos 126 dap (maturação das bagas).

Tendo em vista a variabilidade das características físicas e dos tipos de solo presentes na área foi realizada a coleta de solo da camada 0,0-0,2 m nos pontos localizados dentro de cada uma das zonas homogêneas para a realização da calibração do HS2 HydroSense II. As amostras de solo coletadas foram acondicionadas em tubos cilíndricos de PVC de aproximadamente 100 mm de diâmetro (Figura 5), com as densidades dos solos iguais a 1,09, 1,13, 1,10 e 1,09 g g⁻¹ correspondendo as Z1A1, Z2A1, Z1A2 e Z2A2 respectivamente. Posteriormente, foram umedecidas até o estabelecimento do ponto de saturação por água deionizada. Em seguida, foi dado início as medidas com o sensor HS2 seguido pela pesagem de cada cilindro. Todo o processo de medidas teve continuidade junto a perda gradativa da umidade do solo até o ponto em que as hastes do equipamento passaram a não penetrar.

Figura 5 - Sensor HS2 HydroSense II (Campbell Scientific, Logan, UT, EUA) na aquisição de dados de umidade (%) das amostras de solo



Fonte: Thassio Monteiro Menezes da Silva (2019)

Após a obtenção dos dados, as calibrações do equipamento foram feitas por meio da análise de regressão linear simples do conjunto de dados obtidos, considerando como variável independente a saída do sensor (período, μs) e dependente a umidade volumétrica do solo determinada em laboratório por meio do método das pesagens. A planilha eletrônica Microsoft Excel® foi utilizada para a análise.

3.5 Calibração do medidor portátil para clorofila

A distribuição espacial do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) do vinhedo, realizada nos ciclos de produção de 2017 e 2018, relacionou-se diretamente com o vigor vegetativo das videiras (OLDONI, 2019) e orientou os locais para a coleta de dados nos ciclos de produção de 2019, que teve a sua poda em 7 de janeiro e a colheita em 17 de maio (ciclo de produção de 130 dias). Em 7 de fevereiro floração, 22 de fevereiro (baga em tamanho de chumbinho), 21 de março (baga em tamanho de ervilha) e 22 de abril (maturação das uvas), correspondentes a 31, 46, 73 e 105 dap, foram realizadas leituras com o medidor portátil de clorofila ClorofiLOG CFL 1030 (Falker, Porto Alegre, Brasil) em 40 plantas por data de coleta com os estádios fenológicos seguindo a escala de Baggioolini (1952). Em cada planta foram selecionadas duas folhas totalmente expandidas, sem o indício do ataque de

pragas ou de doenças, com a realização das medidas sendo feitas em dois pontos na face adaxial de cada folha. Posteriormente, foram coletados de uma folha de cada planta dois discos com diâmetro de 1,55 cm, os quais foram armazenados em tubos cônicos de plástico contendo 2 mL de etanol 96% (v.v⁻¹) e armazenados em ambiente com baixa luminosidade e temperatura.

Para determinação do conteúdo de clorofila total (*a+b*) os discos coletados foram macerados em 2 mL de etanol 96% (v.v⁻¹) em almofariz, sob condições de baixa luminosidade, conforme descrito em Aidar (2010). Os extratos obtidos foram armazenados em tubos cônicos e centrifugados a 3000 rpm por 5 minutos. O sobrenadante foi analisado em espectrofotômetro de micro placa Biotek Epoch2 nos comprimentos de onda 649 e 665 nm. Para a quantificação dos pigmentos foram empregados os coeficientes de extinção, segundo Lichtenthaler e Wellburn (1983), sendo determinados com base no peso seco das amostras e expressos em $\mu\text{g.mL}^{-1}.\text{cm}^2$, considerando o volume de etanol utilizado na extração.

Os índices relativos de clorofila, obtidos com o clorofilômetro, foram relacionados com os teores absolutos de clorofila extraídos em laboratório, mediante análise de regressão ponderada e da medida de influência da distância desenvolvida por Cook (1977). Após a obtenção das funções de calibração, parte dos dados destinaram-se a validação do modelo, onde foram estimados os teores de clorofila pelos modelos e em seguida analisados os respectivos erros de predição. O programa utilizado para a realização das análises estatísticas e a obtenção das funções de ajuste dos modelos foi o R 3.3.3 (R CORE TEAM, 2017).

3.6 Calibração do medidor portátil para nitrogênio

Das duas folhas coletadas por planta no processo de calibração para clorofila, dois discos foliares de 1,55 cm de diâmetro eram utilizados na determinação da clorofila em laboratório, e o restante do material vegetal foi destinado para a calibração do clorofilômetro para teor de nitrogênio foliar. Entre as 40 plantas amostradas por data (160 no total), os teores de nitrogênio foram determinados em 10 plantas por data (40 no total). As plantas foram selecionadas baseado nos Índices de Clorofila (IC) fornecidos pelo clorofilômetro onde as 5 maiores e as 5 menores de cada data eram processadas para a determinação de nitrogênio total.

Após selecionadas, as folhas foram secas em estufa de circulação fechada a 65° C, moídas em moinho de facas e peneiradas em malha com diâmetro inferior a 2 mm. As amostras foram pesadas em balança analítica (0,00001 g) e alíquotas de aproximadamente 0,0095 g foram encapsuladas em folhas de estanho. Na determinação dos teores de nitrogênio foliar (NF) utilizou-se um analisador elementar CHN (carbono, hidrogênio e nitrogênio) modelo Perkin-Elmer CHN 2400, com metodologia descrita por Merlini et al. (2017). Durante o processo de análise as amostras foram decompostas em meio a alta temperatura em células ricas com oxigênio gerando gases que foram arrastados pelo gás hélio até o condutor de condutividade térmica do equipamento, realizando assim a determinação dos teores de nitrogênio em suas respectivas porcentagens com o limite de detecção de <0,03%.

Além da calibração do clorofilômetro, foi realizado a comparação entre dois métodos de determinação do teor de nitrogênio foliar (Kjeldahl e Dumas) onde as amostras foram posteriormente misturadas baseado no IC totalizando 23 amostras compostas em duplicata. As alíquotas resultantes foram analisadas pelos dois métodos e os seus resultados comparados não apresentando diferença significativa.

Assim como na calibração do clorofilômetro para clorofila, todas as análises estatísticas anteriormente citadas foram empregadas na calibração do clorofilômetro para o teor de nitrogênio foliar e para a comparação entre os métodos de determinação do nitrogênio.

3.7 Produtividade da videira e características das bagas

Para a análise da produtividade da área, as videiras foram avaliadas no dia da colheita (17 de maio de 2019, 130 dap) por meio da produção por planta (PP, kg planta⁻¹), produtividade (t ha⁻¹), número de cachos por planta (NC), massa média de cachos por planta (MC, kg cacho⁻¹) e massa fresca média dos ramos podados após a colheita (MF, Kg planta⁻¹). Tendo em vista o comportamento vegetativo apresentado pelas plantas e verificado por meio dos mapas de NDVI gerados durante o ciclo de produção de 2019, foi possível constatar que o vinhedo manteve suas características de forma semelhante ao evidenciado por Oldoni (2019), sendo assim, foram adotadas as mesmas plantas avaliadas nos anos anteriores de 2017 e 2018. Na tentativa de evitar que os dados de produtividade fossem influenciados

pela amostragem das bagas realizada no período de maturação, as plantas selecionadas para avaliação de produtividade estavam fora das parcelas. Ao colher os cachos de cada planta, os mesmos eram pesados em uma balança com precisão de 0,1 g e contados a fim de estimar a PP, NC e MC.

Com relação à maturação fisiológica das bagas, foram realizadas dez coletas de amostras durante a maturação das bagas em 23, 25 e 30 de abril e 3, 7, 8, 9, 13, 16 e 17 de maio (respectivamente, 106, 108, 113, 116, 120, 121, 122, 126, 129 e 130 dap) com o intuito de acompanhar o seu desenvolvimento até momento da colheita. Ao todo, foram amostras 20 plantas sendo uma planta por zona de vigor (alto e baixo) e por data. Na a maioria das datas, as amostras foram compostas por um cacho de uma planta pertencente a determinada zona de vigor, com exceção dos dias 120, 126 e 130 dap onde as amostras foram compostas por um total de 96 bagas colhidas dentre os cachos da planta selecionada.

Todas as amostras foram encaminhadas ao laboratório de enologia da vinícola, onde foram determinados o pH, o ácido málico (AM, g L⁻¹) e os sólidos solúveis (SS, °Brix). Os parâmetros da maturação foram determinados a partir da análise laboratorial do mosto advindo da maceração, sendo determinado o pH por meio do pHmetro de bancada, o AM pelo método enzimático e o SS pelo emprego do refratômetro digital.

Os dados referentes a produtividade da videira e características das bagas foram analisados estatisticamente por meio análise de variância (ANAVA). Quando apresentado significância do teste “F” para os tratamentos, foram aplicados nos mesmos o teste de Tukey a 10, 5 e 1%. Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa computacional Sisvar desenvolvido por Ferreira (2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Calibração da sonda para medida da umidade do solo

Mediante os resultados apresentados na Tabela 2, torna-se possível avaliar o comportamento estatístico dos modelos utilizados na calibração da sonda HydroSense II para a determinação da umidade do solo nas diferentes zonas homogêneas de frações granulométricas (texturas) presentes no vinhedo. Mesmo que em diferentes tipos de solo, a sonda apresentou quatro equações de primeiro grau (retas ascendentes), uma para cada condição testada.

Em relação aos valores de F de significância (valor p) apresentados na Tabela 2, é possível notar que os mesmos apresentaram resultados relativamente semelhantes entre si. Uma vez que o F de significância estipulada foi de 0,01, todos os modelos foram considerados significativos pois, são menores à medida que se aproximam de zero.

Tabela 2 - Análise de variância dos modelos lineares simples ajustados à relação entre os valores observados de umidade do solo ($\text{m}^3.\text{m}^{-3}$) em função dos períodos de reflectometria obtidos pelo HydroSense II (μs)

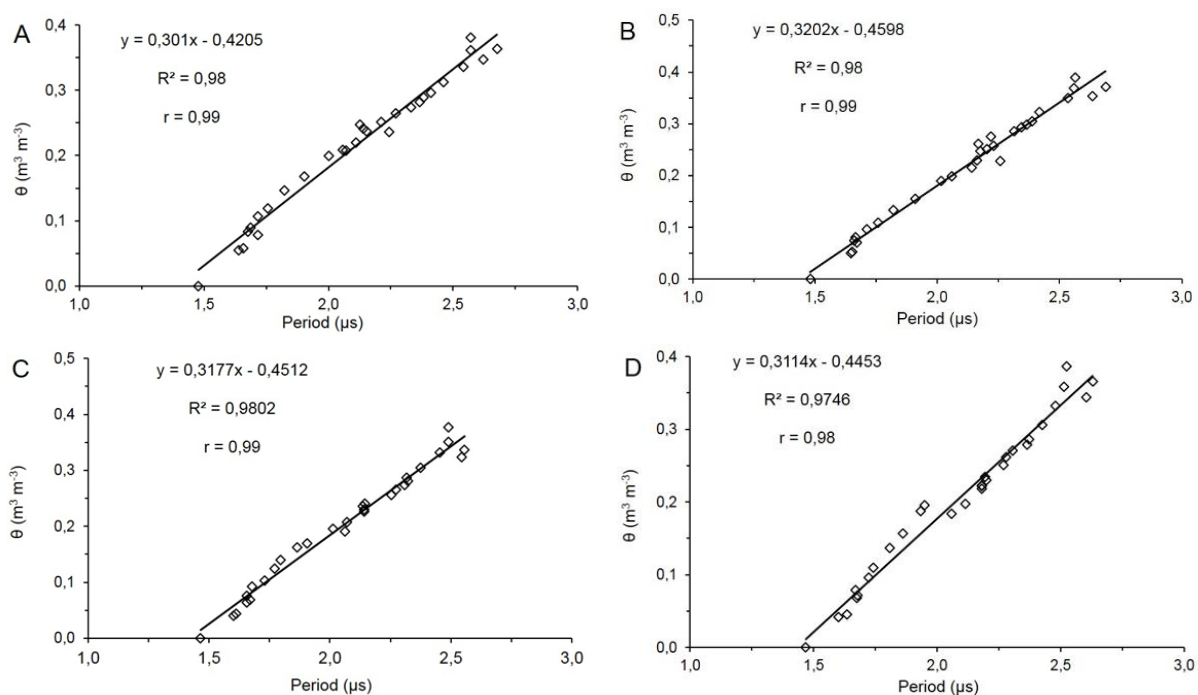
	FV	GL	SQ	MQ	F	F significação
ANOVA - Modelo linear						
Z1A1	Regressão	1	0,309	0,309	1313,467	$4,49^{-25}$
	Resíduo	28	0,006	0,0002		
	Total	29	0,316			
Z2A1	Regressão	1	0,351	0,351	1464,909	$1,01^{-25}$
	Resíduo	28	0,007	0,0002		
	Total	29	0,358			
Z1A2	Regressão	1	0,315	0,315	1386,614	$2,14^{-25}$
	Resíduo	28	0,006	0,0002		
	Total	29	0,322			
Z2A2	Regressão	1	0,319	0,319	1073,368	$7,13^{-24}$
	Resíduo	28	0,008	0,0003		
	Total	29	0,327			

FV: fontes de variação; GL: número de graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; MQ: quadrado médio; F: coeficiente calculado pela distribuição F e F significação: nível de significação para F; Z1A1: zona 1 da área 1; Z2A1: zona 2 da área 1; Z1A2: zona 1 da área 2; Z2A2: zona 2 da área 2

O comportamento dos conjuntos de dados referentes a calibração da sonda HydroSenseII para as quatro zonas homogêneas de solo podem ser compreendidas

a partir da Figura 6. É possível notar um comportamento mais dispersivo dos dados quando os valores de umidade são próximos ao ponto de saturação, sendo que o mesmo diminui com a redução da quantidade de água presente no solo. Este fenômeno pode estar ligado a condutividade elétrica (CE), ao conteúdo de argila e entre outros aspectos do solo, por interferirem na obtenção dos dados.

Figura 6 - Modelo de predição da umidade do solo em diferentes zonas de frações granulométricas, a partir dos períodos de reflectometria obtidos pela sonda HydroSense II



A: zona 1 da área 1; B: zona 2 da área 1; C: zona 1 da área 2; D: zona 2 da área 2; R^2 : coeficiente de determinação; r : coeficiente de correlação; θ : umidade do solo; Period: período de reflectometria

No entendimento de Asran (1998), os sistemas capacitivos normalmente são compostos por um invólucro no qual estão fixados eletrodos, em hastes dispostas de maneira paralela e em sentido longitudinal. Bogena et al. (2007) mencionam que os sensores capacitivos estão fundamentados no valor da permissividade dielétrica (ϵ) do meio e sua relação com a quantidade de água contida no solo. Segundo Säuberlich (2019) os sensores capacitivos apresentam como principal vantagem a simplicidade estrutural do equipamento, com as desvantagens se destacando quanto ao seu uso em meios salinos.

Umas das desvantagens na utilização destes sensores consistem na sensibilidade ao tipo de solo e textura, salinidade e a temperatura (SOUZA et al.,

2013). Em contrapartida, os sensores apresentam boa acurácia na leitura da umidade, quando utilizado equações de ajuste para cada tipo de solo e densidade, de forma a maximizar a precisão do aparelho (SENA et al., 2019).

Os parâmetros estatísticos presentes na Figura 6 ressaltam a uniformidade dos resultados encontrados na calibração à medida que são semelhantes entre si. Os coeficientes de determinação dos conjuntos de dados são iguais a 0,99 o que significa que em 99% dos pontos amostrados, a equação desenvolvida é capaz de predizê-los. Os coeficientes de determinação (R^2) das curvas são muito próximos, em torno de 0,98. Ao calibrar o sensor HydroSense II para três tipos de substrato de forma a aumentar o conteúdo de matéria orgânica, Júnior et al., (2017) obtiveram R^2 que variaram entre 0,95 e 0,93. Já Costa (2014), ao calibrar o sensor IRRIGAP obteve coeficientes de determinação para equações lineares e quadráticas, variando entre 0,76 a 0,99 e 0,94 a 0,99 respectivamente.

4.2 Monitoramento da umidade do solo

A compreensão da umidade do solo é um dos principais fatores para a tomada de decisão na agricultura. Neste sentido, foram realizadas ao longo do ciclo, medições da umidade do solo com a sonda HydroSense II no intuito de compreender as relações hídricas do vinhedo por meio do balanço hídrico da área. Sendo assim, na Figura 9 foi possível observar o comportamento da distribuição da água na cama de 0 a 20 cm do solo, com cada gráfico representando uma zona homogênea (Z1A1, Z2A1, Z1A2 e Z2A2).

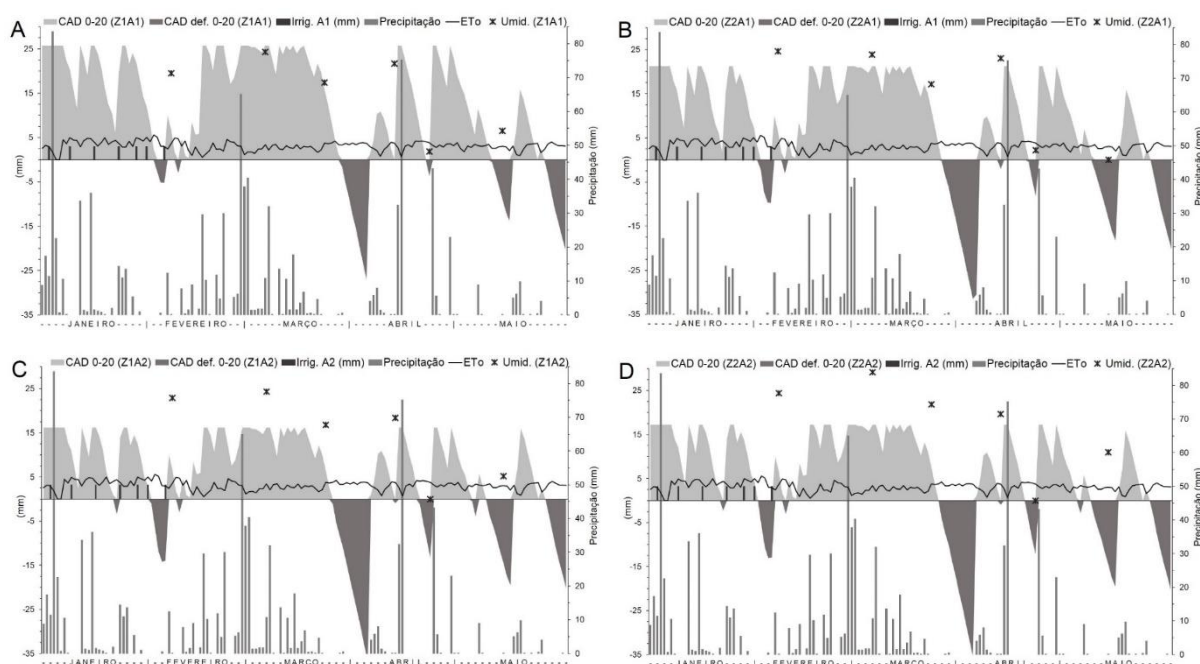
A principal diferença evidenciada entre as zonas homogêneas de solo são as suas respectivas capacidades de armazenamento de água (CAD). As Figuras 9A e 9B ilustram bem esta disparidade, com a primeira apresentando maior CAD em comparação a segunda. Os efeitos desta diferença foram sentidos pelas plantas na forma de um déficit hídrico mais acentuado em comparação com as demais. Em condições de baixa pluviosidade ou ausência de chuvas por curtos períodos de tempo (veranico), as reservas de água do solo tendem a reduzir gradativamente a medida que as demandas de evapotranspiração aumentam. Nestas condições, os solos com maior CAD tendem a manter as plantas em plena atividade fotossintética por mais tempo.

Para Keller (2015), a água influencia diretamente no rendimento e na composição das bagas, no aumento da parte aérea e no microclima da videira. No entendimento de Magalhães (2015), o estresse hídrico é uma condição onde a água é um fator limitante para a manutenção das atividades biológicas das plantas podendo ocorrer a partir do excesso ou da insuficiência. Segundo Deloire et al. (2004), quando ocorrido em determinadas fases fisiológicas, o estresse hídrico apresenta resultados positivos sobre os aspectos qualitativos como sólidos solúveis, pH, acidez, e compostos fenólicos do mosto resultante.

A resposta da cultura ao estresse hídrico vai depender da intensidade, duração e da fase do ciclo em que o mesmo ocorre (STEDUTO et al., 2012). Quando moderado, Pirata (2018) observou a redução no tamanho das bagas, maior concentração de sólidos solúveis e maior concentração de compostos fenólicos.

Com relação as medidas da umidade do solo expressas na Figura 7, foram realizadas cinco leituras para cada zona homogênea de solo resultando em uma média por data amostral. Os gráficos da Figura 7A e 7C indicaram maior homogeneidade das zonas, por possuírem médias mais próximas do predito pelo BH em comparação aos gráficos da Figura 7B e 7D.

Figura 7 - Monitoramento da umidade do solo em diferentes texturas a partir do balanço hídrico e dos índices de umidade obtidos pela sonda HydroSensell



CAD 0-20 (Z1A1): CAD da camada de 0 a 20 cm na zona 1 da área 1; CAD 0-20 (Z2A1): CAD da camada de 0 a 20 cm na zona 2 da área 1; CAD 0-20 (Z1A2): CAD da camada de 0 a 20 cm na zona 1 da área 2; CAD 0-20 (Z2A2): CAD da camada de 0 a 20 cm na zona 2 da área 2; CAD def. 0-20 (Z1A1): déficit hídrico da camada de 0 a 20 cm na zona 1 da área 1; CAD def. 0-20 (Z2A1): déficit hídrico da camada de 0 a 20 cm na zona 2 da área 1; CAD def. 0-20 (Z1A2): déficit hídrico da camada de 0 a 20 cm na zona 1 da área 2; CAD def. 0-20 (Z2A2): déficit hídrico da camada de 0 a 20 cm na zona 2 da área 2; Irrig A1: lâmina de irrigação, área 1; Irrig A2: lâmina de irrigação, área 2; Umid. (Z1A1): umidade média do solo, zona 1 da área 1; Umid. (Z2A1): umidade média do solo, zona 2 da área 1; Umid. (Z1A2): umidade média do solo, zona 1 da área 2; Umid. (Z2A2): umidade média do solo, zona 2 da área 2; ETo: Evapotranspiração de referência da área

4.3 Calibração do clorofilômetro para determinação do teor foliar de clorofila

Com base nos resultados apresentados na Tabela 3, é possível avaliar o comportamento estatístico dos modelos de calibração do clorofilômetro para a determinação dos teores de clorofila *a*, *b* e total em videiras cv. Chardonnay a partir da análise de variância. Entre os modelos obtidos, apenas a equação gerada para a estimativa da clorofila *b* apresentou comportamento linear. Semelhantemente, Filimon, Rotaru e Filimon (2016) obtiveram equações lineares ao avaliarem os teores de clorofila por métodos não destrutivos com o CCM-200 plus (Opti-Sciences, Tyngsboro, Mass). A similaridade apresentada entre os modelos gerados para a determinação da clorofila *a* e total está relacionada com a maior contribuição da clorofila *a* em relação a clorofila *b*.

Segundo Lichtenthaler et al. (1981), as clorofilas são componentes das membranas dos cloroplastos e ocorrem na razão (*a/b*) de aproximadamente 3/1. Hopkins e Hüner (2009) afirmam que os fotossistemas (PS) I e II apresentam razões (*a/b*) distintas com o PS I possuindo 4/1 e o PS II 1/2, sendo responsável por 50 a 60% da clorofila total.

Os valores de *F* (valor *p*) mostram a significância das correlações, uma vez que são próximos a zero e menores que o nível de significância estipulado (0,05) em análise. Assim como nos modelos de determinação, os valores de *F* (Tabela 3) para a clorofila *a* e total foram mais uniformes em comparação ao apresentado pela clorofila *b* ($1,31^{-9}$, $5,77^{-10}$ e $1,31^{-9}$ respectivamente).

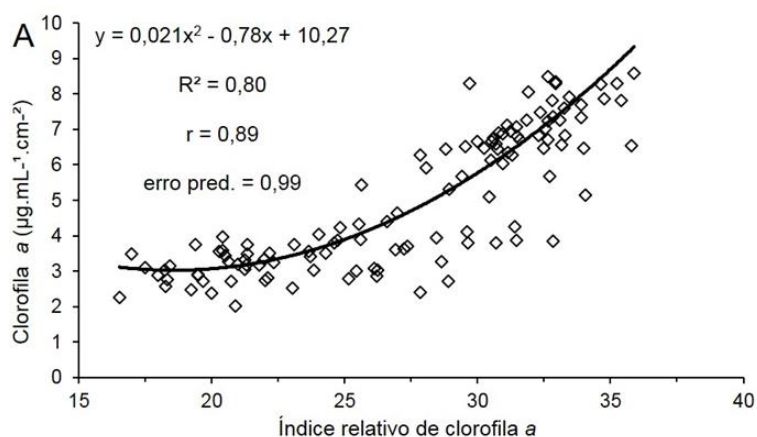
Tabela 3 - Análise de variância dos modelos gerados pela regressão ponderada ajustada à relação entre os valores observados de clorofila *a*, *b* e total em função dos índices de clorofila obtidos pelo clorofilômetro

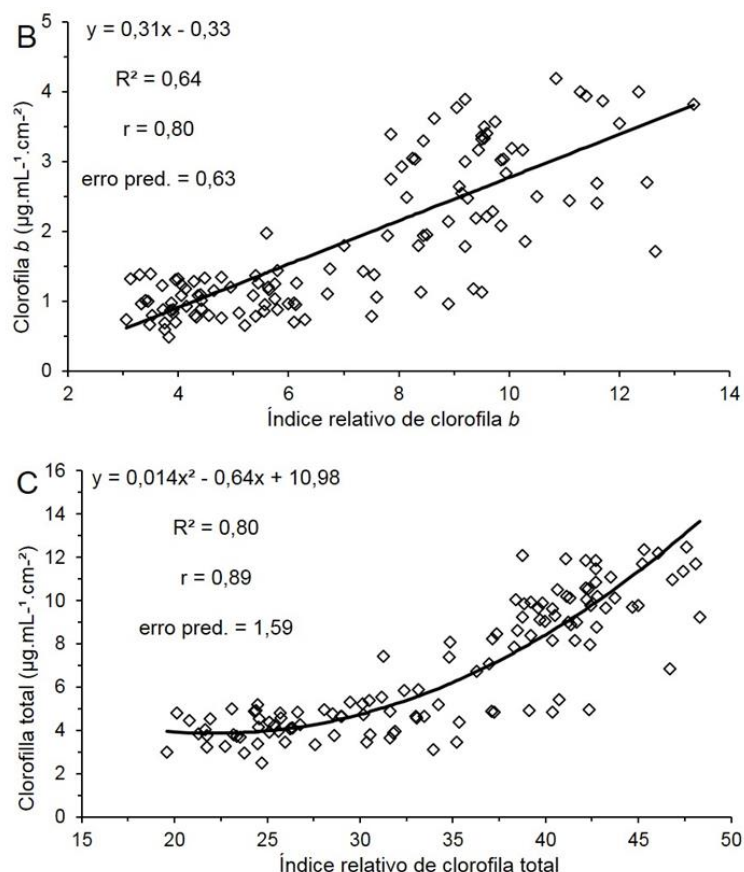
	FV	GL	SQ	MQ	F	F significação
ANOVA - Modelo linear ponderado						
Clorofila <i>a</i>	Regressão	1	0,043	0,435	43,650	1,31 ⁻⁹
	Resíduo	114	0,113	0,001		
	Total	115	0,157			
Clorofila <i>b</i>	Regressão	1	83,677	83,677	213,420	2,20 ⁻¹⁶
	Resíduo	118	46,266	0,392		
	Total	119	129,933			
Clorofila total	Regressão	1	0,061	0,061	45,897	5,77 ⁻¹⁰
	Resíduo	114	0,152	0,001		
	Total	115	0,213			

FV: fontes de variação; GL: número de graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; MQ: quadrado médio; F: coeficiente calculado pela distribuição F e F significação: nível de significação para F

Mediante os gráficos apresentados na Figura 8, é possível compreender o comportamento dos modelos de predição dos teores de clorofila foliar a partir de um método não destrutivo. As correlações apresentadas entre os índices e os teores de clorofila demonstraram em sua totalidade uma correlação positiva com as magnitudes variando entre forte (Figura 8B) e muito forte (Figura 8A e 8C), segundo a classificação de Franzblau (1958).

Figura 8 - Modelos de predição dos teores de clorofila *a*, *b* e total presentes nas folhas de videiras cv. Chardonnay a partir dos índices de clorofila *a*, *b* e total obtidos pelo clorofilômetro





R^2 : coeficiente de determinação; r : coeficiente de correlação; erro pred.: erro de predição

Ao analisarmos a modelagem representada na Figura 8A, nota-se a existência de uma relação muito forte com o coeficiente de correlação r , sendo igual a 0,89. Além disso, é possível afirmar por meio do coeficiente de determinação r^2 que a equação desenvolvida consegue representar 80% dos pontos analisados com um erro de predição de apenas 0,99. Já a Figura 8B, apresenta a calibração desenvolvida para a predição do teor de clorofila b , onde foram obtidos os valores de 0,80 para o coeficiente de correlação e de 0,64 para o coeficiente de determinação do modelo, com um erro de predição de 0,63.

Por ser o resultado da soma das clorofilas a e b , a determinação da clorofila total tende a apresentar maior semelhança com o componente majoritário, que neste caso, é a clorofila a . Nota-se por meio da Figura 8C, uma grande semelhança no comportamento dos dados da clorofila a e total. A principal distinção entre os conjuntos está no erro de predição, com a clorofila total apresentando 1,59 de erro.

Ao analisarem a calibração do SPAD-502 (Minolta Corp., Ramsey, NJ) para a determinação da clorofila total em videiras cv. Cabernet Sauvignon, Taskos et al. (2015) observaram resultados inferiores com os coeficientes de determinação

variando entre as datas amostradas de 79% a 57%. Já Filimon, Rotaru e Filimon (2016), obtiveram um coeficiente de determinação de 92% com o CCM-200 plus (Opti-Sciences, Tyngsboro, Mass) em videiras de mesa (cv. Gelu, cv. Milcov, cv. Cet no uia e cv. Napoca). Mesmo diante de maior variação dos dados devido ao aumento natural do teor de clorofila nas folhas, o modelo desenvolvido (Figura 8C) foi capaz de representar o comportamento da clorofila total nas folhas de videiras cv. Chardonnay.

Além dos parâmetros citados, nota-se a existência do aumento da distância entre as linhas de tendência (equações dos modelos) e os dados obtidos em análise. A medida que os índices relativos (leitura do equipamento) e os teores de clorofila aumentam, os pontos observados tendem a se distanciar dos modelos, resultando em acréscimos no erro de predição de forma gradativa. É provável que este comportamento dos dados esteja ligado as mudanças ocorridas no tecido foliar devido ao processo natural de desenvolvimento do órgão. Segundo Keller (2010), os teores de clorofila presentes nas folhas de videiras atingem a máxima concentração por volta da quinta ou sexta semana após a brotação, mantendo-se praticamente inalteráveis até o início da senescência, onde ocorre uma gradativa redução dos pigmentos.

Ao calibrarem o SPAD-502 (Minolta Corp., Ramsey, NJ) e o CCM-200 (Opti - Sciences, Tyngsboro, Massachusetts, EUA) para a determinação dos conteúdos de clorofila *a*, *b* e total, Richardson, Duigan e Berlyn (2002) encontraram comportamento semelhante com as estimativas apresentando menor precisão à medida que os valores de clorofila aumentavam. Rigon et al. (2016) outrora evidenciaram que o ClorofiLog CFL 1030 (Falker, Porto Alegre, Brasil) possui o mesmo padrão de erro quando empregado na cultura da soja (*Glycine max* L.).

Ao realizarem a calibração de três sensores (SPAD-502 (Minolta Corp., Ramsey, NJ), atLEAF+ (FT Green LLC, Wilmington, DE, EUA) e o MC-100 (Apogee Instruments Inc., Logan, UT, USA)) para a determinação da clorofila total em duas amplitudes (0-40 e 40-80), Padilla et al. (2018) evidenciaram uma drástica redução dos coeficientes de determinação (29-54% para 84-94%) e o aumento dos erros de predição para a clorofila total na cultura do pimentão doce (*Capsicum annuum* L.).

Além disso, Netto et al. (2005) e Jifon et al. (2005) notaram que existe uma tendência do equipamento em superestimar os índices de clorofila quando aferido em folhas mais espessas. Para Koundouras et al. (2009), as folhas das videiras

sofrem mudanças morfológicas à medida que se desenvolvem, tornando-se cada vez mais espessas até atingirem a maturidade. Ao analisarem a produtividade do nitrogênio em videiras cv. Cabernet Sauvignon e cv. Xinomavro, Taskos et al. (2015) notaram uma suposta interferência da espessura das folhas nos resultados para clorofila de modo que os índices relativos não acompanharam as variações dos teores de clorofila determinados em laboratório.

Segundo Terashima e Saeki (1983), uma outra possível explicação pode ser encontrada na distribuição dos teores de clorofila em folhas que apresentam altas concentrações, sendo menos uniformes quando comparadas as folhas com baixo teor de clorofila. Já Richardson, Duigan e Berlyn (2002), relatam uma terceira causa para a alteração no comportamento dos dados, mencionando que em altos níveis de clorofila, grande parte da luz (660 nm) é absorvida pela folha restando poucos fótons para serem medidos pelo sensor. Ainda Richardson, Duigan e Berlyn (2002), sugerem que sejam empregados comprimentos de onda mais longos com o intuito de melhorar a sensibilidade dos equipamentos portáteis.

Monje e Bugbee (1992) afirmam que os medidores de absorbância (clorofilômetros) tem demonstrado baixo desempenho ao estimarem altos índices de clorofila, com o fenômeno estando associado a relação existente entre a distribuição irregular da clorofila e o 'efeito peneira'. Para Richardson, Duigan e Berlyn (2002) é preciso levar em consideração o uso de índices relativos de reflectância ao estimar altos teores de clorofila, logo, acredita-se que possuam maior precisão na predição em relação aos clorofilômetros.

4.4 Calibração do clorofilômetro para a determinação do teor foliar de nitrogênio

Os resultados contidos na Tabela 4 representam a análise de variância da calibração do clorofilômetro para o teor de nitrogênio foliar presente nas videiras cv. Chardonnay. O comportamento dos dados foi melhor representado em forma de reta ascendente, a qual é matematicamente explicada por uma equação de primeiro grau. A significância existente na correlação é confirmada mediante o valor do F de significância (valor p), o qual é menor que o nível de significância estipulado (0,05), próximo a zero e igual a $5,88^{-05}$.

De maneira semelhante, Dilek e Sabir (2016) ao testarem diferentes tipos de adubos orgânicos em videiras cv. Narince, observaram um padrão linear entre os índices relativos de clorofila obtidos com o SPAD-502 (Minolta Corp., Ramsey, NJ) e os teores de nitrogênio foliar, quando determinados pelo método de Kjeldahl (AOAC, 2005). Já Zhang et al. (2017) e Hebbar et al. (2016), encontraram relações lineares em outras culturas como arroz e coco, ao compararem as respostas de diferentes cultivares a adubação nitrogenada. Diferentemente, Padilla et al. (2018) observaram padrões quadráticos na calibração do sensor atLEAF+ (FT Green LLC, Wilmington, DE, EUA) para a predição de nitrogênio foliar na cultura do pimentão doce.

Tabela 4 - Análise de variância do modelo linear e ponderado, ajustado à relação entre os valores observados de nitrogênio foliar em função dos índices relativos de clorofila obtidos pelo clorofilômetro

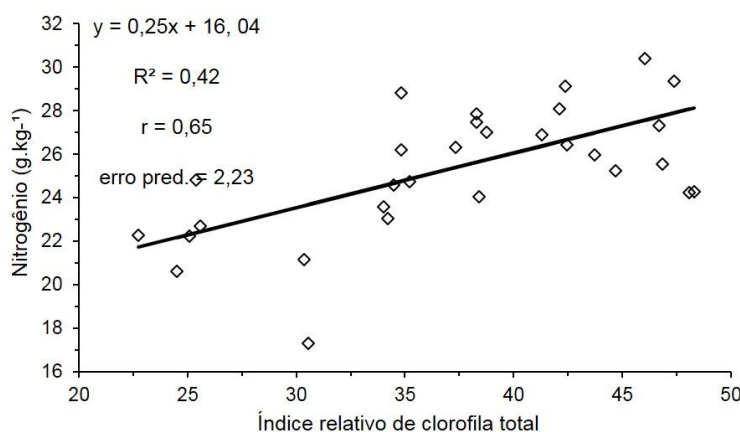
	FV	GL	SQ	MQ	F	F significação
ANOVA - Modelo linear ponderado						
	Regressão	1	0,094	0,094	22,326	5,88 ⁻⁰⁵
Clorofila total	Resíduo	28	0,118	0,004		
	Total	29	0,212			

FV: fontes de variação; GL: número de graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; MQ: quadrado médio; F: coeficiente calculado pela distribuição F e F significação: nível de significação para F

Os dados apresentados na Figura 9 são referentes ao modelo de predição do teor de nitrogênio foliar a partir do índice relativo de clorofila (leitura do equipamento). Com base nos resultados demonstrados, o coeficiente de determinação foi de 0,42, o que significa que o modelo adotado é capaz de explicar 42% dos resultados. O seu coeficiente de correlação foi de 0,65 o qual é classificado com magnitude forte segundo Franzblau (1958).

Em estudo desenvolvido da Grécia com videiras cv. Cabernet Sauvignon e cv. Xinomavro, Taskos et al. (2015) encontraram comportamentos semelhantes para o SPAD-502 com os coeficientes de determinação variando entre 0,44 a 0,74 e 0,15 a 0,52 respectivamente. Fazendo uso de um sensor do mesmo modelo, Dilek e Sabir (2016) obtiveram R^2 igual a 0,37 para a cv. Narince ao analisarem os efeitos da adubação orgânica na Turquia.

Figura 9 - Modelo de predição do teor de nitrogênio foliar em videiras cv. Chardonnay a partir do índice relativo de clorofila total obtido pelo clorofilômetro



R^2 : coeficiente de determinação; r : coeficiente de correlação; erro pred.: erro de predição

Já o erro de predição, foi o maior entre os parâmetros para os quais o clorofilômetro foi calibrado, apresentando um erro igual a 2,23. A partir do momento em que o erro de predição é consideravelmente grande, o usuário deve estar ciente que a faixa de ótima eficiência de nitrogênio na videira possui uma amplitude de aproximadamente 2 g.kg⁻¹, variando entre 25 e 27 g.kg⁻¹ segundo Malavolta et al. (1997). Para Taskos et al. (2015), à alta complexidade existente nas relações entre o nitrogênio e ambiente impossibilitam a sua compreensão por meio de um único modelo matemático, necessitando assim, de modelagens periódicas.

4.5 Avaliação dos parâmetros de solo e planta

4.5.1 Comportamento dos teores foliares de clorofila e nitrogênio ao longo do ciclo da videira cv. Chardonnay

A Figura 10 ilustra graficamente a variação de alguns parâmetros ao longo do ciclo produtivo, os quais podem ser relacionados com o estado nutricional das videiras Chardonnay. O índice relativo de clorofila *a*, *b* e total foram determinados concomitantemente aos teores de clorofila *a*, *b*, total e de nitrogênio foliar.

Assim como os índices relativos e os conteúdos de clorofila, o teor de nitrogênio foliar apresentou diferença significativa entre as datas amostradas. Ao

compararmos os resultados estáticos, podemos notar semelhança no comportamento dos dados entre o índice relativo de clorofila *a* e o teor de clorofila *a* determinado em laboratório. Tanto aos 31 como aos 46 dap, os resultados demonstram igualdade, diferenciando-se somente aos 73 e 105 dap.

Já os teores de clorofila *b* determinados em laboratório, apresentaram diferença significativa entre todas as datas amostradas. Diferentemente, o índice relativo de clorofila *b* só apresentou diferença aos 73 e 105 dap. Estas evidências dão consistência a contestação sobre a precisão do clorofilômetro em determinar o índice relativo de clorofila *b* à medida que a diferença estatística foi evidenciada no método laboratorial.

De maneira semelhante ao ocorrido na determinação da clorofila *b*, o índice relativo de clorofila total não foi representativo o suficiente para que os resultados estatísticos indicassem diferença significativa entre as duas últimas coletas (73 e 105 dap). As demais datas (31 e 46 dap) apresentaram comportamento semelhante ao ocorrido com o método de determinação em laboratório. Segundo Keller (2010), a quantidade de pigmento fotossintético na videira aumenta com a idade das folhas, atingindo um máximo aproximadamente cinco ou seis semanas após o desdobramento das folhas, diminuindo gradualmente a partir da senescência.

Ao investigarem o comportamento do teor de clorofila em videiras cv. Milcov e cv. Gelu, Filimon, Rotaru e Filimon (2016), observaram o acréscimo gradativo dos pigmentos fotossintetizantes, de modo que os resultados obtidos no início da maturação foram maiores que os encontrados na brotação, seguido pelo início da senescência foliar. De maneira a contrastar, Costa et al. (2019) observaram em videiras cv. Chardonnay a manutenção de altos valores de clorofila *a* mesmo após o início do estágio de maturação.

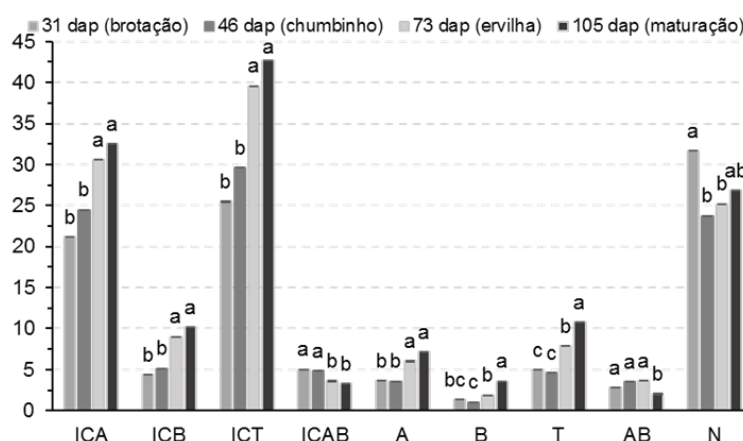
Tendo em vista a dificuldade enfrentada pelo equipamento na determinação da clorofila *b*, os resultados referentes a relação entre a clorofila *a* e *b* são afetadas diretamente. Segundo Filimon, Rotaru e Folimon (2016), os valores mais baixos da razão clorofila *a/b* são geralmente evidenciados no início do período vegetativo aumentando progressivamente até o amadurecimento da uva

Ao compararmos os resultados (Figura 10) dos teores de nitrogênio foliar encontrados em videiras Chardonnay, podemos identificar um comportamento semelhante ao da clorofila total determinada em laboratório. Com exceção do resultado encontrado aos 31 dap, os demais demonstraram similaridade. Ao

avaliarem a distribuição do nitrogênio foliar em videiras cv. Itália ao longo do ciclo, Ferrara et al. (2018) notaram uma redução gradativa do teor de N até a completa maturação das bagas, permanecendo praticamente estável (15,3-16,6 g.kg⁻¹) no estágio final próximo a colheita.

A grande diferença encontrada entre os teores de nitrogênio deve-se a realização de fertirrigação nitrogenada nos dias que antecederam a coleta das folhas.

Figura 10 - Comportamento dos conteúdos de clorofila e teores de nitrogênio foliar ao longo do ciclo da videira cv. Chardonnay



ICA: índice relativo de clorofila *a* (valor-*p* 0,01); ICB: índice relativo de clorofila *b* (valor-*p* 0,01); ICT: índice relativo de clorofila total (valor-*p* 0,01); ICAB: relação entre os índices relativos de clorofila *a* e *b* (valor-*p* 0,01); A: clorofila *a* (valor-*p* 0,01); B: clorofila *b* (valor-*p* 0,01); T: clorofila total (valor-*p* 0,01); AB: relação entre clorofila *a* e *b* (valor-*p* 0,05); N: teor de nitrogênio foliar (valor-*p* 0,05); dap: dias após poda

4.5.2 Influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de solo e planta

Ao analisar os resultados expressos nas Tabelas 5 e 6 referente as análises de variância, podemos observar a influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de solo e planta aos 73 e 105 dap. Os parâmetros analisados foram clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, NDVI (normalized difference vegetation index), NDRE (normalized difference red edge) e umidade do solo. Entre as variáveis analisadas, apenas a relação entre clorofila *a* e *b* apresentaram resultados com diferença significativa, além de demonstrar a manutenção do comportamento entre as datas. Resultados semelhantes foram encontrados por Nascimento et al., (2016), ao avaliar os índices de clorofila *a*, *b* e total aos 73, 101, 111 e 120 dap não

encontrando diferenças significativas entre as datas. Segundo Coelho et al., (2018), as plantas tendem a apresentar maior relação de clorofila *a/b* quando encontram-se em condição de estresse. Jabeen, Shahbaz e Ashraf (2008) encontram o mesmo comportamento quando avaliaram a cultura do milho (*Zea mays*), com as plantas sendo submetidas a déficits hídricos graduais.

Tabela 5 - Influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de solo e planta aos 73 dias após a poda de produção da videira cv. Chardonnay

Zona	A	B	T	AB	NDVI	NDRE	Umidade
Z1A1	6,93	3,37	10,30	2,06 b	0,75	0,28	0,17
Z2A1	7,27	3,45	10,72	2,11 ab	0,73	0,30	0,15
Z1A2	7,39	3,05	10,44	2,43 a	0,78	0,31	0,15
Z2A2	7,10	3,35	10,46	2,12 ab	0,79	0,27	0,17
CV %	10,41	8,48	8,93	8,93	5,82	14,07	14,09
valor-p	0,792	0,177	0,914	0,043 **	0,155	0,488	0,152

***: significância de 99%; **: significância de 95%; *: significância de 90%; A: clorofila *a*; B: clorofila *b*; T: clorofila total; AB: relação entre clorofila *a* e *b*; NDVI: normalized difference vegetation index; NDRE: normalized difference red edge; Umidade: umidade do solo estimada com a sonda HydroSense II; Z1A1: zona 1 da área 1; Z2A1: zona 2 da área 1; Z1A2: zona 1 da área 2; Z2A2: zona 2 da área 2

Tabela 6 - Influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de solo e planta aos 105 dias após a poda de produção da videira cv. Chardonnay

Zona	A	B	T	AB	NDVI	NDRE	UMIDADE
Z1A1	6,94	3,36	10,30	2,06 b	0,75	0,28	0,17
Z2A1	7,27	3,45	10,72	2,11 ab	0,73	0,30	0,15
Z1A2	7,39	3,05	10,44	2,43 a	0,78	0,31	0,15
Z2A2	7,10	3,36	10,46	2,12 ab	0,79	0,27	0,17
CV %	10,42	8,51	8,93	8,97	5,85	14,43	14,44
valor-p	0,792	0,179	0,914	0,043 **	0,163	0,517	0,169

***: significância de 99%; **: significância de 95%; *: significância de 90%; A: clorofila *a*; B: clorofila *b*; T: clorofila total; AB: relação entre clorofila *a* e *b*; NDVI: normalized difference vegetation index; NDRE: normalized difference red edge; Umidade: umidade do solo aferida com a sonda HydroSense II; Z1A1: zona 1 da área 1; Z2A1: zona 2 da área 1; Z1A2: zona 1 da área 2; Z2A2: zona 2 da área 2

4.5.3 Influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de planta e produção

Quando analisados os parâmetros das plantas da colheita (Tabela 7) em comparação as zonas homogêneas de solo, foi possível identificar diferença significativa entre as variáveis. Tanto o índice relativo de clorofila *b* como a relação entre clorofila *a* e *b* apresentaram diferenças significativas. Um outro parâmetro que apresentou diferença foi a massa fresca média dos ramos podados após a colheita que por sua vez, assemelha-se muito a distribuição da relação entre clorofila *a* e *b*. Este fenômeno ocorre por conta que a relação entre as clorofilas está diretamente ligada ao estado nutricional da videira. Uma vez bem nutrida, a planta concomitantemente irá apresentar maior produção dos ramos devido ao aumento do vigor vegetativo.

Além do estado nutricional das plantas, é possível que os resultados estejam ligados a disponibilidade hídrica, podendo ser compreendida pela capacidade de água disponível (CAD). Mitra et al. (2018) evidenciaram o efeito da CAD do solo na cultura da uva (cv. Summer Black) ao obterem maiores resultados (significativos estatisticamente) em condições de média disponibilidade. Ao submeterem videiras (*Vitis vinifera* L.) cv. 'Nero di Troia' a diferentes tratamentos de irrigação (plena e por déficit controlado), Tarricone et al. (2015) puderam observar diferença significativa para o peso de poda por videira, variando entre 555 e 726 g.planta⁻¹.

Segundo Coelho et al. (2018), o aumento do índice relativo de clorofila *b* e da relação entre a clorofila *a/b*, estão relacionados ao estresse hídrico sofrido pelas plantas ao final do ciclo. Jabeen, Shahbaz e Ashraf (2008) evidenciaram resultados semelhantes para a cultura do milho (*Zea mays*), com as plantas que sofreram déficit hídrico apresentando maiores relações entre as clorofilas *a* e *b*. A correlação entre a clorofila *b* e a razão *a/b*, demonstra a dependência de uma variável a outra, pois a medida que ocorre aumento da clorofila *b*, tem-se uma redução da razão *a/b* (THIESEN et al., 2017). Corroborando, Lakshmi, Vanangamudi e Thandapani (2011), observaram comportamento semelhante para a cultura do arroz (*Oriza sativa*) onde o acréscimo no teor de clorofila *b* desencadeou uma redução de clorofila *a/b*.

Tabela 7 - Influência das zonas homogêneas de solo nos parâmetros de planta e produção da videira cv. Chardonnay

Zona	ICA	ICB	ICT	ICAB	A	B	T
Z1A1	32,120	10,6 a	42,72	3,06 b	7,36	3,54	10,90
Z2A1	31,940	9,1 b	41,04	3,54 a	6,94	3,40	10,34
Z1A2	32,520	9,28 b	41,80	3,52 a	7,09	3,32	10,41
Z2A2	33,620	10,33 a	43,95	3,28 ba	7,58	3,33	10,91
CV %	4,96	11,66	6,18	7,88	8,39	11,79	8,31
<i>P</i>	0,3101	0,0932 *	0,2893	0,0196**	0,3068	0,7631	0,5456
Zona	AB	NC	PP	MC	MF		
Z1A1	2,08	16,50	0,94	0,058	0,37 a		
Z2A1	2,07	15,50	0,71	0,043	0,19 b		
Z1A2	2,14	19,67	0,97	0,048	0,32 ab		
Z2A2	2,29	19,17	0,78	0,04	0,35 ab		
CV %	9,75	23,37	35,91	32,61	33,93		
<i>P</i>	0,3152	0,2717	0,408	0,2318	0,0431 **		

***: significância de 99%; **: significância de 95%; *: significância de 90%; ICA: índice de clorofila a; ICB: índice de clorofila b; ICT: índice de clorofila total; ICAB: relação entre a clorofila a e b; A: clorofila a; B: clorofila b; T: clorofila total; AB: relação entre clorofila a e b; NC: número de cachos colhidos por planta; PP: produção por planta; MC: massa média dos cachos por planta; MF: massa fresca média dos ramos podados após a colheita; Z1A1: zona 1 da área 1; Z2A1: zona 2 da área 1; Z1A2: zona 1 da área 2; Z2A2: zona 2 da área 2

4.5.4 Influência das zonas homogêneas de NDVI nos parâmetros de planta e produção

Entre as variáveis analisadas (Tabela 8), destaca-se o teor de nitrogênio presente nas folhas, que apresentou diferença significativa (valor-*p* 0,1) entre as zonas de NDVI. As maiores concentrações de nitrogênio foram encontradas na zona de menor NDVI. Muito provavelmente, esta condição é proveniente de outras interações entre a planta e o ambiente, como por exemplo, a CAD do solo que pode ter influenciado na atividade fotossintética das plantas mesmo que em plenas condições nutricionais. Ao combinarem a fertirrigação de taxa variável com a utilização de adubos nitrogenados de liberação controlada, Gatti et al. (2020) não observaram diferença significativa quanto ao teor do nitrogênio foliar entre as zonas de vigor. O mesmo comportamento pode estar ocorrendo nas áreas do estudo tendo em vista o alto nível tecnológico empregado pela vinícola.

Já as variáveis referentes as características de produção do vinhedo, apresentaram altos coeficientes de variação demonstrando baixa relação entre as zonas de NDVI e os parâmetros produtivos de cada videira. Diferentemente dos

resultados encontrados por Oldoni (2019), os parâmetros quantitativos relacionados a produção não apresentaram diferença significativa em virtude das zonas de NDVI.

Tabela 8 - Influência das zonas homogêneas de NDVI nos parâmetros de planta e produção da videira cv. Chardonnay

Zona de NDVI	ICA	ICB	ICT	ICAB	A	B	T
Alto	31,9	10,13	42,03	3,27	6,36	3,19	9,55
Baixo	31,720	9,12	40,83	3,51	7,28	3,36	10,64
CV %	7,71	16,04	9,35	6,79	15,93	18,21	16,63
<i>P</i>	0,935	0,505	0,741	0,345	0,408	0,752	0,508
Zona de NDVI	AB	N	NC	PP	MC	MF	
Alto	1,98	26,04 b	14,33	0,87	0,061	0,41	
Baixo	2,17	27,95 a	16,67	0,83	0,049	0,24	
CV %	2,98	1,94	20,57	69,11	68,04	56,79	
<i>P</i>	0,068	0,047 **	0,465	0,941	0,697	0,362	

***: significância de 99%; **: significância de 95%; *: significância de 90%; ICA: índice de clorofila a; ICB: índice de clorofila b; ICT: índice de clorofila total; ICAB: relação entre a clorofila a e b; A: clorofila a; B: clorofila b; T: clorofila total; AB: relação entre clorofila a e b; N: teor de nitrogênio foliar; NC: número de cachos colhidos por planta; PP: produção por planta; MC: massa média dos cachos por planta; MF: massa fresca média dos ramos podados após a colheita; NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

4.5.5 Influência das zonas homogêneas de NDVI nos parâmetros de maturação tecnológica da uva

Ao analisarmos a Figura 11A e 11B, podemos compreender o comportamento do potencial hidrogênionico (pH), do ácido málico e do grau brix presente nas bagas de videiras cv. Chardonnay ao longo do período de maturação (91 a 130 dap). Entre os parâmetros analisados, o pH foi o único que demonstrou uniformidade quando comparadas as zonas de homogêneas de NDVI. Os valores de pH inicialmente foram próximos a 3, passando posteriormente a apresentar um acréscimo de menos de 0,5 ao longo do período de maturação. Diferentemente, os valores observados por Oldoni (2019) nos anos de 2017 e 2018 para o pH variaram de 3,47 a 3,55 entre os dois anos. Ao realizar o monitoramento da maturação das bagas baseado nas zonas de alto, médio e baixo vigor vegetativo, Gatti et al. (2020) encontraram valores médios de pH iguais a 3,22, 3,17 e 3,19 respectivamente.

Já os resultados para o ácido málico, inicialmente apresentaram semelhança havendo diferenciação das zonas apenas nas ultimas três datas analisadas. A partir

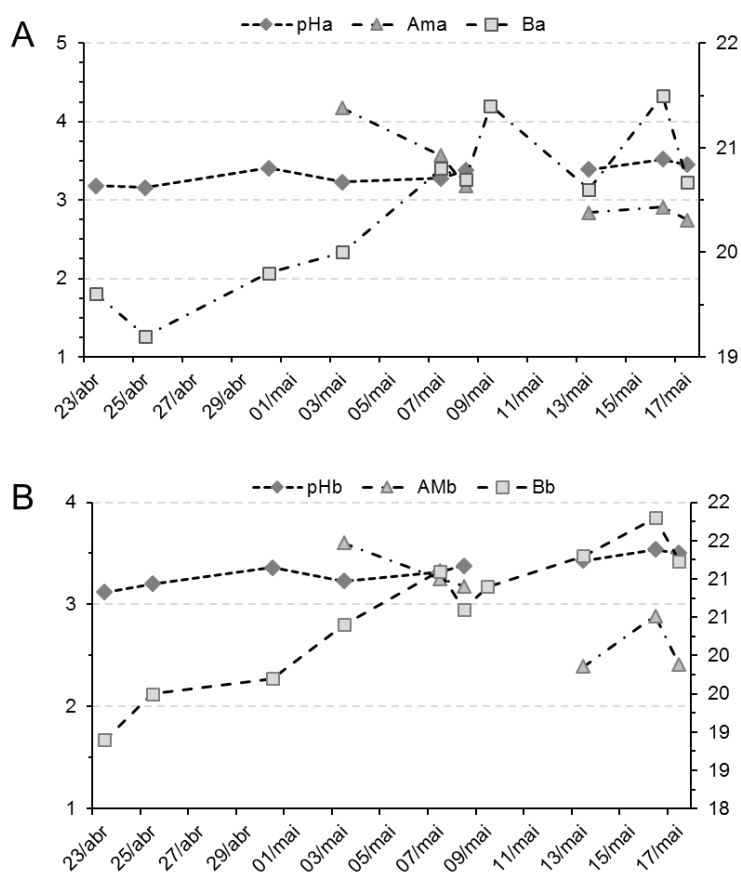
dos 126 dap, os valores de ácido málico mantiveram-se próximos a 3 % e permaneceram praticamente inalteráveis nas zonas homogêneas de alto NDVI. O mesmo não foi notado nas zonas de baixo NDVI, com os dados indicando grande alteração na penúltima data analisada. Acredita-se que esta alteração se deva a ocorrência de chuvas que no período da maturação, já que a degradação do ácido málico está ligada a incidência de raios solares os quais acabam sendo interceptados pelas nuvens em dias chuvosos ou nublados. Em princípio, um período de maturação mais ensolarado e com temperaturas mais elevadas determinam maior degradação do ácido málico, por meio da combustão respiratória e, por conseguinte, uvas menos ácidas e mais maduras (RIZZON; SGANZERLA, 2007).

De modo geral, houve maior degradação do ácido málico nas zonas de baixo NDVI como pode ser evidenciado na Figura 11. É possível que seja reflexo da menor taxa de interceptação dos raios solares pelas folhas, já que as zonas de baixo NDVI possuem menor área foliar e uma maior quantidade luz chega as bagas. Segundo Romero et al. (2010), o ácido málico diminui nas videiras mais expostas aos raios solares devido à temperatura geralmente mais alta das bagas em copas abertas. De forma semelhante, Oldoni (2019) obteve valores inferiores para o ácido málico nas zonas de baixo NDVI quando comparados com os resultados encontrados para as zonas de alto NDVI.

Ao comparar os resultados de grau brix expressos na as Figuras 11A e 11B, podemos notar comportamentos distintos. O grau brix possuiu ao longo da maturação acréscimos contínuos nas duas zonas, havendo grande mudança a partir dos 120 dap. Nas zonas de baixo NDVI, nota-se certa continuidade no aumento do grau brix de forma quase que contínua, ocorrendo uma redução nos dias que antecederam a colheita. Já as zonas de alto NDVI, após os 120 dap passaram a apresentar um comportamento distinto, alternando entre acréscimos e reduções consecutivas do grau brix. Este tipo de comportamento é reflexo das chuvas ocorridas ao final ciclo, de modo que as videiras de alto NDVI tinham maior capacidade de absorção de água em comparação com as de baixo NDVI. Ao absorver mais água, ocorre a redução da concentração de açúcares nas bagas devido a diluição dos sólidos solúveis, refletindo diretamente nos resultados do grau brix.

Neste sentido, Oldoni (2019) observou resultados distintos entre as zonas de baixo e de alto vigor para o grau brix, variando de 20,7 a 21,9 em 2017 e de 23,2 a 25,2 em 2018. Comportamento semelhante foi encontrado entre as zonas de NDVI por Gatti et al. (2020), com os maiores valores do grau brix (23,5) sendo encontrados nas zonas de maior vigor. Segundo González-Flor et al. (2014), os efeitos do déficit hídrico na produção e composição de bagas são mais pronunciados em videiras de menor vigor.

Figura 11 - Influência das zonas homogêneas de vigor nos parâmetros de maturação da uva cv. Chardonnay



pHa: potencial hidrogeniônico do alto NDVI; pHb: potencial hidrogeniônico do baixo NDVI; AMa: concentração de ácido málico (g.L⁻¹) do alto NDVI; AMb: concentração de ácido málico (g.L⁻¹) do baixo NDVI; Ba: grau brix do alto NDVI (%); Bb: grau brix do baixo NDVI (%)

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na calibração do clorofilômetro (CloroFilog CFL 1030) para os teores de clorofila permitem afirmar que o equipamento é capaz de estimar com precisão satisfatória os teores de clorofila *a*, *b* e total com a partir dos modelos gerados. Já para os teores de nitrogênio foliar, o equipamento apresentou menor precisão.

Mediante os resultados apresentados na calibração do HydroSense II, pode-se afirmar que é possível estimar com precisão a umidade do solo de forma indireta por meio dos modelos matemáticos geradas.

As zonas homogêneas de solo apresentaram grande influência sob o conteúdo de água no solo, refletindo diretamente nos parâmetros da planta e da produção.

As zonas homogêneas de NDVI apresentaram pouca influência sob os parâmetros da planta analisados, estando mais relacionado aos aspectos qualitativos do vinhedo.

Existe a ocorrência de interação entre os pigmentos fotossintetizantes e os teores de nitrogênio foliar, sendo mais evidente quando observado entre as zonas homogêneas de solo.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO-OPAZO, C.; ORTEGA-FARIASA, S.; FUENTES, S. Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 97, p 956-964, jul. 2010. doi: 10.1016 / j.agwat.2010.01.025
- AIDAR, S. T. **Implicações da maturação ou perda da clorofila na tolerância à dessecação de tecidos vegetativos de *Anemia flexuosa* (Schizaeaceae) e *Pleurostima purpúrea* (Velloziaceae)**. 171p. Tese (Doutorado em Ciências - Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.
- ALMEIDA, P. F.; BONOMO, R.; DOS REIS, F. O.; BARROCA, M. V.; DE SOUZA, J. M. CALIBRAÇÃO DE SONDA TDR E DESEMPENHO DE MODELOS PARA DETERMINAÇÃO DE UMIDADE EM ARGISSOLO. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 2, p. 2468, 2018. doi: 10.7127/rbai.v12n200756
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, n. 6, p. 711–728, jan. 2014. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507.
- AOAC. Em Horwitz, W.; Latimer, G. W. (Eds.). **De fi métodos oficiais de análise da AOAC Internacional**. p. 2200, 18a ed. Gaithersburg: 2005.
- ASHLEY, R. **Grapevine nutrition-an Australian perspective**. Foster's Wine Estates Americas, p. 62-70, 2011.
- BERENDSE, F.; AERTS, R. Nitrogen-use-efficiency: a biologically meaningful definition?. **Functional Ecology**. v. 1, n. 3, p. 293-296, 1987.
- BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. **Bioquímica**. 5ª ed. New York: WH Freeman Imprensa, 2002.
- BLANKENSHIP, R. E. Fotossíntese: As Reações Luminosas. In: TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p.147-181.
- BOHN, T., & WALCZYK, T. Determination of chlorophyll in plant samples by liquid chromatography using zinc-phthalocyanine as an internal standard. **Journal of chromatography A**. v. 1024, p. 123-128, jan. 2004. doi: 10.1016 / j.chroma.2003.10.067.
- BREMNER, J. M.; EDWARDS, A. P. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: I. Apparatus and procedure for distillation and determination of ammonium 1. **Soil Science Society of America Journal**. v. 29, n. 5, p. 504-507, 1965. doi: 10.2136 / sssaj1965.03615995002900050011x.
- BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; LOURENZI, C. R.; FURLANETTO, V. MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva.

Ciência Rural, Santa Maria, v.37, n.2, p.389-393, mar-abr, 2007. doi: 10.1590/S0103-84782007000200014.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W.; GIROTTI, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p 2035-2041, out, 2009. doi: 10.1590/S0103-84782009005000162.

BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W.; BRUNNING, F.; MALLMANN, F. J. K. DESTINO DO NITROGÊNIO EM VIDEIRAS 'CHARDONNAY' E 'RIESLING RENANO' QUANDO APLICADO NO INCHAMENTO DAS GEMAS. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 497-500, dez, 2006. doi: 10.1590/S0100-29452006000300034.

BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B.; TOSELLI, M.; QUARTIERI, M.; TAGLIAVINI, M. THE ROLE OF MINERAL NUTRITION ON YIELDS AND FRUIT QUALITY IN GRAPEVINE, PEAR AND APPLE. **Rev. Bras. Fruticultura**, Jaboticabal, v. 3, n. 4, p. 1089-1104, dez. 2015. doi: 10.1590/0100-2945-103/15.

Campbell. **CS615 Water content reflectometer - instruction manual**. Logan, 1996, 11 p.

CARVALHO, M. A. C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M. E.; PAULINO, H. B.; BUZETTI, S. DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E TEORES FOLIARES DESTE NUTRIENTE E DE CLOROFILA EM FEIJOEIRO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 445-450, mai/jun. 2003. doi: 10.1590/S0100-06832003000300006.

CHADHA, K. L.; SHIKHAMANY, S. D. **The grape**. improvement, production and post-harvest management. New Delhi: Malhotra Publishing House, 1999. 579p.

CHAVES, M.; SANTOS, T.; SOUZA, C.; ORTUÑO, M.; RODRIGUES, M.; LOPES, C.; PEREIRA, J. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. **Annals of Applied Biology**. v. 150, n. 2, p. 237–252, 2007. doi: 10.1111/j.1744-7348.2006.00123.x.

COELHO, A. P.; DE FARIA, R. T.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; ZANINI, J. R. Clorofilômetro portátil como forma de manejo da irrigação e adubação nitrogenada em aveia-branca. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 12, n. 2, p. 2542, 2018. doi: 10.7127/rbai.v12n200803.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo – CQFS RS/ SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS, 2004.

COOK, R. D. Detection of influential observation in linear regression. **Technometrics**, v. 19, n. 1, p. 15-18, 1977.

COSTA, B. R. S. **CALIBRAÇÃO DE SENSOR DE CAPACITÂNCIA PARA MEDIDA DA UMIDADE EM SOLOS DO SEMIÁRIDO**. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, 2014.

COSTA, B. R.; OLDONI, H.; SILVA, W. A.; MARTINS, R. L.; BASSOI, L. H. TEMPORAL VARIATION AND SPATIAL DISTRIBUTION OF RELATIVE INDICES OF LEAF CHLOROPHYLL IN GRAPEVINE cv. CHARDONNAY. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. SPE, p. 74-84, set. 2019. doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v39nep74-84/2019.

DALTON, F. N. Development of time domain reflectometry for measuring soil water content and bulk soil electrical conductivity. In: TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D.; Green, R. E. (Eds.), **Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice**. Madison: Soil Science Society of America, 1992.

DEBASTIANI, G.; LEITE, A. C.; WEIBER JUNIOR, C. A.; BOELHOUWER, D. I. CULTURA DA UVA, PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE VINHOS NO BRASIL: ORIGEM, REALIDADES E DESAFIOS. **Revista Cesumar Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, v.20, n.2, p. 471-485, jul/dez. 2015.

DELGADO, R.; MARTÍN, P.; ÁLAMO, M.; GONZÁLEZ, M. Changes in the phenolic composition of grapeberries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilisation rates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, n. 7, p. 623-630, 2004. doi: 10.1002/jsfa.1685.

DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A.; WANG, Z.; OJEDA, H. Vine and water: a short review. **Journal International Des Sciences de la Vigne et Du vin**, Bordeaux, v. 38, n. 1, p.1-13, 2004.

DILEK, M.; SABIR, A. Response of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves to different leaf fertilizers under a semi-arid condition. **Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus**, v. 15, n. 5, p. 145-155, 2016.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: irrigação e drenagem, 33).

EIJCKELHOFF, C.; DEKKER, J. P. A routine method to determine the chlorophyll a, pheophytin a and β -carotene contents of isolated Photosystem II reaction center complexes. **Photosynthesis Research**. v. 52, n. 1, p. 69-73, 1997.

EVANS, J. R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. **Oecologia**, v. 78, n. 1, p. 9-19, 1989.

FERRARA, G.; MALERBA, A. D.; MATARRESE, A. M. S.; MONDELLI, D.; MAZZEO, A. Nitrogen Distribution in Annual Growth of 'Italia' Table Grape Vines. **Frontiers in plant science**, v. 9, 2018. doi: 10.3389/fpls.2018.01374

FILIMON, R. V.; ROTARU, L.; FILIMON, R. M. Quantitative investigation of leaf photosynthetic pigments during annual biological cycle of *Vitis vinifera* L. table grape cultivars. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 37, n. 1, p. 1-14, 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.21548/37-1-753>

FRANZBLAU, A. N. A primer of statistics for non-statisticians. **Harcourt Brace & Compant**, New York, 1958.

GATTI, M.; SCHIPPA, M.; GARAVANI, A.; SQUERI, C.; FRIONI, T.; DOSSO, P.; PONI, S. High potential of variable rate fertilization combined with a controlled

released nitrogen form at affecting cv. Barbera vines behavior. **European Journal of Agronomy**, v. 112, p. 125-149, 2020. doi: 10.1016/j.eja.2019.125949.

GONZÁLEZ-FLOR, C.; SERRANO, L.; GORCHS, G.; PONS, J.M. Assessment of Grape Yield and Composition Using Reflectance Based Indices in Rainfed Vineyards. **Agronomy Journal**, v.106, n.4, p.1309–1316, 2014. doi: 10.2134/agronj13.0422

HEBBAR, K. B.; SUBRAMANIAN, P.; SHEENA, T. L.; SHWETHA, K.; SUGATHA, P.; ARIVALAGAN, M.; VARAPRASAD, P. V. Chlorophyll and nitrogen determination in coconut using a non-destructive method. **Journal of Plant Nutrition**, v. 39, n. 11, p. 1610-1619, 2016. doi.org/10.1080/01904167.2016.1161781

HOLM-HANSEN, O.; LORENZEN, C. J.; HOLMES, R. W.; STRICKLAND, J. D. H. Fluorometric determination of chlorophyll. **J. Cons. Int Explor Mer.** v. 30, p. 3-15, 1965.

HOOK, W. R.; FERRÉ, T. P. A.; LIVINGSTON, N. J. The effects of salinity on the accuracy and uncertainty of water content measurement. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 1, p. 47-56, 2004.

HOPKINS, W. G; HÜNER, P. A. N. **Introduction to plant physiology**. 4 ed, New York. John Wiley & Sons, 2009.

HUNTER, J. J.; VOLSCHEK, C. G.; NOVELLO, V.; PISCIOTTA, A.; BOOYSE, M.; FOUCHÉ, G. W. Integrative effects of vine water relations and grape ripeness level of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz/Richter 99. II. grape composition and wine quality. **South African Journal of Enology and Viticulture**. Stellenbosch, v. 35, n. 2, p. 359-374 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, mai/2019. Rio de Janeiro: Diretoria de Pesquisas, Coordenação Agropecuária, 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF VINE AND WINE. **Statistical Report on World Vitiviniculture**. Paris, 23 p. 2019.

JABEEN, F.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Discriminating some prospective cultivars of maize (*Zea mays* L.) for drought tolerance using gas exchange characteristics and proline contents as physiological markers. **Pakistan journal of Botany**, v.40, n.6, p. 2329-2343, 2008.

JEFFREY, S. W. Spectrophotometric and fluorometric equations in common use in oceanography. **Phytoplankton pigments in oceanography**, p. 597-615, 1997.

JENKS, G. F. Generalization in statistical mapping. **Annals of the Association of American Geographers**, v.53, n.1 p.15–26, 1963.

JIFON, J. L.; SYVERTSEN, J. P.; WHALEY, E. The growth environment and leaf anatomy affect non-destructive estimates of chlorophyll and nitrogen in leaves of *Citrus* sp. **Journal of the American Horticultural Science Society**, v. 130, p. 152-158, 2005.

JÚNIOR, R. D. S. N.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; CHRISTO, B. F.; VINCO, J. S.; XAVIER, T. M. T. CALIBRAÇÃO DE SONDA TDR PARA A ESTIMATIVA DA UMIDADE EM DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATOS. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 8, p. 21-32, 2017. doi: 10.7127/rbai.v11n800694

KELLER, M. **The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology**. 2ª ed. WA, USA: Academic Press. 2015.

KELLER, M. **The science of grapevines: Anatomy and physiology**. Elsevier, Burlington. 2010.

KELLER, M.; KUMMER, M.; VASCONCELOS, M. C. Soil nitrogen utilisation for growth and gas exchange by grapevines in response to nitrogen supply and rootstock. **Australian journal of grape and wine research**, v. 7, n. 1, p. 2-11, 2001. doi: 10.1111/j.1755-0238.2001.tb00187.x.

KLEIN, V. A. **Física do Solo**. Passo Fundo: Ed. UPF, 2008.

KOUNDOURAS, S.; HATZIDIMITRIOU, E.; KARAMOLEGKOU, M.; DIMOPOULOU, E.; KALLITHRAKA, S.; TSIALTAS, J. T.; ZIOZIOU, E.; NIKOLAOU, N.; KOTSERIDIS, Y. Irrigation and rootstock effects on the phenolic concentration and aroma potential of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon grapes. **J. Agric. Food Chem.** v. 57, p. 7805-7813. 2009. doi: 10.1021/jf901063a.

LAKSHMI, P. M.; VANANGAMUDI, M.; THANDAPANI, V. Effects of low light on yield and physiological attributes of rice. **International Rice Research Notes**, v. 29, n. 2, p. 71-73. 2011.

LECO. 2008. **Organic application notes**. Disponível em [http:// www.leco.com/](http://www.leco.com/), acessado em 18/12/2019.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C.; DÖLL, M.; FIETZ, H. J.; BACH, T.; KOZEL, U.; RAHMSDORF, U. Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. **Photosynthesis research**, v. 2, n. 2, p. 115-141, 1981.

LICHTENTHALER, H. K.; WELLBURN, A. R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Soc. Trans.** v. 11, pp. 591-592. 1983.

LÓPEZ-URREA, R.; MONTORO, A.; MAÑAS, F.; LÓPEZ-FUSTER, P.; FERERES, E. Evapotranspiration and crop coefficients from lysimeter measurements of mature 'Tempranillo' wine grapes. **Agricultural Water Management**. v. 112, p. 13-20, set 2012. doi: 10.1042/bst0110591.

LORENSINI, F. **ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRAS JOVENS E EM PRODUÇÃO**. 55p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

MAGALHÃES, N. **Tratado de Viticultura - A Videira, A Vinha e O Terroir**. Lisboa, Chaves Ferreira - Publicações S.A., 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed., Piracicaba, POTAFOS, 1997.

MAPA. **Determinação de Nitrogênio Total em Leite e derivados Lácteos pelo método de Micro-Kjedahl**. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivosmetodos-da-area-poa-iaq/met-poa-11-02-proteinas.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

MARTINS, R. L. **ESTABELECIMENTO DE UNIDADES PARA O MONITORAMENTO DA ÁGUA NO SOLO EM VITIVINICULTURA**. 53 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista, Unesp, Botucatu, 2018.

MELLO, L. M. R. **Vitivinicultura Brasileira: panorama 2014**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 12 p, 2015.

MELO, G. W. B.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A.; RHEINHEIMER, D. S. **Adubação Nitrogenada em Videiras Jovens e em Fase Produtiva: Recuperação e Distribuição na Planta do Nitrogênio Adicionado no Solo**. Bento Gonçalves, Comunicado Técnico-EMBRAPA, dez 2005.

MELO, G. W. B.; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A. **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, p. 138, 2016.

MERLINI, C.; BARRA G. M. O.; CUNHA, M. D. P. P.; RAMÔA, S. D. A. S.; SOARES, B. G.; PEGORETTI, A. Compósitos eletricamente condutivos de poliuretano derivados do óleo de mamona com fibras de palma de pêssego revestidas com polipirrol. **Compósitos de polímeros**, v.38, n.10, p. 2146-2155, 2017.

MITRA, S.; IRSHAD, M.; DEBNATH, B.; LU, X.; LI, M.; DASH, C. K.; RIZWAN, H. M.; QIU, Z.; QIU, D. Effect of vineyard soil variability on chlorophyll fluorescence, yield and quality of table grape as influenced by soil moisture, grown under double cropping system in protected condition. **Peer Journal**, v. 6, p.55-92, 2018.

MONJE, O. A.; BUGBEE, B. Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meters: a comparison of two types of meters. **Hort science** v. 27, p. 69– 71, 1992.

MOONEY, H. A.; GULMON, S. L. Environmental and evolutionary constraints on the photosynthetic characteristics of higher plants. In: **Topics in plant population biology**. Palgrave, London. p. 316-337. 1979.

MPELASOKA, B. S.; SCHACHTMAN, D. P.; TREEBY, M. T.; THOMAS, M. R. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Australian Journal of grape and wine research**, v. 9, n. 3, p. 154-168, 2003. doi: 10.1111/j.1755-0238.2003.tb00265.x

MURAKAMI, K. R. N. **Caracterização fenológica da videira cv. Itália (*Vitis vinifera* L.) sob diferentes épocas de poda na região Norte do Estado do Rio de Janeiro**. 56 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ. 2002.

NASCIMENTO, R. L.; da SILVA, J. A. B.; BASSOI, L. H.; PEREIRA, G. E.; COSTA, B.; OLIVEIRA, V. D. S. Trocas gasosas e composição físico-química de vinhos em função de estratégias de irrigação. **Irriga, Botucatu**, Edição Especial, p. 205-217, 2016.

NETTO, A. T.; CAMPOSTRINI, E.; DE OLIVEIRA, J. G.; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 2, p.199-209, 2005. doi: 10.1016 / j.scienta.2004.08.013.

OJEDA, H.; ANDARY, C.; KRAEVA, E.; CABONNEAU, A.; DELOIRE, A. Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. Am. **J. Enol. Vitic.**, v. 53, p. 261–267, 2002.

OLDONI, H. ZONAS HOMOGÊNEAS DE ATRIBUTOS DE PLANTA E DO SOLO EM VINHEDO IRRIGADO. 106 p. Tese (Doutorado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista, Unesp, Botucatu, 2019.

PADILLA, F. M.; DE SOUZA, R.; PEÑA-FLEITAS, M. T.; GALLARDO, M.; GIMÉNEZ, C.; THOMPSON, R. B. Different responses of various chlorophyll meters to increasing nitrogen supply in sweet pepper. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1752, 2018. doi: 10.3389/fpls.2018.01752.

PEREIRA, M.; PIRES, V. M.; SIMÕES, G.; MOURA, C. J. M. Levantamento das espécies de insetos praga associados à viticultura no município de São Roque (SP). **Scientia Vitae**, v. 7, n. 24, abr/jun 2019.

PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P.; GARDE-CERDÁN, T.; GARCÍA-ESCUADERO, E.; MARTÍNEZ-VIDAURRE, J. M. Effect of two doses of urea foliar application on leaves and grape nitrogen composition during two vintages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 8, p. 2524-2532, 2017. doi: 10.1002/jsfa.8069.

PIRATA, M. S. **ESTUDO STRESS HÍDRICO DA VINHA - CASTAS ARAGONÊS E TRINCADEIRA**. 156 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Ambientais) – Instituto de Investigação e Formação Avançada, Universidade de Évora. Évora, 2018.

PONI, S.; INTRIERI, C.; SILVESTRONI, O. Interactions of leaf age, fruiting, and exogenous cytokinins in Sangiovese grapevines under non-irrigated conditions. II. Chlorophyll and nitrogen content. **American journal of enology and viticulture**, v. 45, n. 3, p. 278-284, 1994.

PRADO, R. M. Nitrogênio. In: Prado, R. M. **Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora UNESP, p. 83-119. 2008.

PROTAS, J. F. S.; CAMARGO, U. A.; MELO, L. M. R. **A vitivinícola brasileira: realidades e perspectivas**. Bento Gonçalves, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2002. Disponível em: <www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1052798/a-vitivinicultura-brasileira-realidade-e-perspectivas> Acessado em 09 de Outubro de 2019.

- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- REICHARDT, K.; SILVA, A. L.; FENILLI, T. A. B.; TIMM, L. C.; BRUNO, I. P.; VOLPE, C. A. Relação entre a adubação nitrogenada e as condições hídricas do solo para um cafezal de Piracicaba, SP. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 41-55, jan./jun. 2009.
- RICHARDSON, A. D.; DUGAN, S. P.; BERLYN, G. P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New phytologist**, v. 153, n. 1, p. 185-194, 2002.
- RIGON, J. P. G.; CAPUANI, S.; FERNANDES, D. M.; GUIMARÃES, T. M. A novel method for the estimation of soybean chlorophyll content using a smartphone and image analysis. **Photosynthetica**, v. 54, n. 4, p. 559-566, 2016. doi: 10.1007/s11099-016-0214-x.
- RIZZON, L. A.; SGANZERLA, V. M. A. Ácidos tartárico e málico no mosto de uva em Bento Gonçalves-RS. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 911-914, 2007. doi: 10.1590/S0103-84782007000300053.
- ROBINSON, D. A.; BELL, J. P.; BATCHELOR, C. H. Influence of iron minerals on the determination of soil water content using dielectric techniques. **Journal of Hydrology**, v. 161, p. 169-180, 1994.
- ROMERO, E.; FERNÁNDEZ-BAYO, J.; DÍAZ, J. M. C.; NOGALES, R. Enzyme activities and diuron persistence in soil amended with vermicompost derived from spent grape marc and treated with urea. **Applied Soil Ecology**, v. 44, n. 3, p. 198-204, 2010. doi: 10.1016 / j.apsoil.2009.12.006.
- ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K. A.; KIEWER, W. M. Nitrogen metabolism in grapevine. **Horticultural Reviews**, Hoboken, v. 4, p.408-452, 1992.
- SCHWARTZ, S. J.; LORENZO, V. Chlorophylls in foods. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 29, p. 1-17, 1990.
- SERRANO, L.; GONZÁLEZ-FLOR, C.; GORCHS, G. Assessing vineyard water status using the reflectance based Water Index. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 139, n. 4, p. 490-499, dez. 2010. doi: 10.1016 / j.agee.2010.09.007.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.
- SILVA, J. A. M. **IRRIGAÇÃO LATERALMENTE ALTERNADA E COM DÉFICIT CONTROLADO NA VIDEIRA cv. PETITE SYRAH**. 92 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- SILVA, S. P.; VIANA, J. G. A.; MORAES, M. R. E. O mercado vitivinícola Brasileiro: uma análise a partir do comércio exterior. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 4, n. 5, Edição Especial, p. 2059-2080, ago. 2018.
- SIMONNEAU, T.; BEBON, E.; COUPEL-LEDRU, A.; MARGUERIT, E.; ROSSDEUTSCH, L.; OLLAT, N. Adapting plant material to face water stress in

vineyards: which physiological targets for an optimal control of plant water status? **OENO One**, v. 51, n. 2, p. 167–179, 2017.

STEDUTO, P.; HSIAO, T.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop yield response to water**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012.

SOUBEYRAND, E.; BASTEAU, C.; HILBERT, G.; LEEUWEN, C.; DELROT, S.; GOMÈS E. Nitrogen supply affects anthocyanin biosynthetic and regulatory genes in grapevine cv. Cabernet-Sauvignon berries. **Phytochemistry**, v. 103, p. 38-49, 2014. doi: 10.1016/j.phytochem.2014.03.024.

SOUZA, J. M.; REIS, E. F.; BONOMO, R.; PEREIRA, L. R. Calibração de sonda TDR em um Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 6, p. 1049 - 1055, 2016. doi: 10.7127/rbai.v10n600504.

SPAYD, S. E.; WAMPLE, R. L.; EVANS, R. G.; STEVENS, R. G.; SEYMOUR B. J.; NAGEL, C. W. Nitrogen fertilization of white Riesling grapes in Washington. Must and wine composition. **Am. J. Enol. Vitic**, n. 45, p. 34-42, 1994.

SUDO, T.; IGARASHI, S. Homogeneous liquid-liquid extraction method for spectrofluorimetric determination of chlorophyll a. **Talanta**, v. 43, n. 2, p. 233-237, 1996.

TARRICONE, L.; ALBA, V.; DI GENNARO, D.; AMENDOLAGINE, A. M.; GENTILESCO, G.; MASI, G. Grape and wine quality of Vitis vinifera 'Nero di Troia' in response to moderate deficit irrigation. In: **VIII International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops** v. 1150. p. 485-492, 2015.

TASKOS, D. G.; KOUNDOURAS, S.; STAMATIADIS, S.; ZIOZIOU, E.; NIKOLAOU, N.; KARAKIOULAKIS, K.; THEODOROU, N. Using active canopy sensors and chlorophyll meters to estimate grapevine nitrogen status and productivity. **Precision agriculture**, v. 16, n. 1, p. 77-98, 2015. doi: 10.1007/s11119-014-9363-8.

TERASHIMA, I.; SAEKI T. Light environment within a leaf. **Plant and Cell Physiology** v. 24 p.1493–1501, 1983.

THIESEN, L. A.; PINHEIRO, M. V. M.; HOLZ, E.; FONTANA, D. C.; DOS SANTOS, J. Correlação de Pearson entre pigmentos fotossintetizantes e fitomassa de plantas de Aloysia triphylla. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 249-257, 2017. doi: 10.24221/jeap.2.3.2017.1450.249-257.

THOMPSON, M.; OWEN, L.; WILKINSON, K.; WOOD, R.; DAMANT, A. A comparison of the Kjeldahl and Dumas methods for the determination of protein in foods, using data from a proficiency testing scheme. **Analyst**, v. 127, n. 12, p. 1666-1668, 2002. doi: 10.1039/b208973b.

TOKOVÁ, L.; IGAZ, D.; AYDIN, E. Measurement of Volumetric Water Content by Gravimetric and Time Domain Reflectometry Methods at Field Experiment with Biochar and N Fertilizer. **Acta Horticulturae et Regiotecturae**, v. 22, n. 2, p. 61-64, 2019. DOI: 10.2478 / ahr-2019-0011.

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.

UMENYIORA, C. A.; DRUCE, R. L.; CURRY, R. D.; NORGARD, P.; MCKEE, T.; BOWDERS, J. J.; BRYAN, D. A. Dielectric constant of sand using TDR and FDR measurements and prediction models (timedomain reflectometry)(frequency-domain reflectometry)(Technical report). **IEEE Transactions on Plasma Science**, v. 40, n. 10, p. 2408-2416, 2012. doi: 10.1109/TPS.2012.2205588.

VAN LEEUWEN, C.; TRÉGOAT, O.; CHONÉ, X.; BOIS, B.; PERNET, D.; GAUDILLÈRE, J. 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? **Journal international des sciences de la vigne et du vin**, v. 43, n. 3, p. 121-134. 2009.

VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; MACEDO, A. Soil particle size fractions determined by gamma-ray attenuation. **Soil Science, Baltimore**, v.164, n.6, p.403–410, 1999. doi: 10.1097/00010694-199906000-00004.

VAZ, M.; COELHO, R.; RATO, A.; SAMARA-LIMA, R.; SILVA, L. L.; CAMPOSTRINI, E.; MOTA, J. B. Adaptive strategies of two Mediterranean grapevines varieties (Aragonez syn. Tempranillo and Trincadeira) face drought: physiological and structural responses. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**. v. 28, ed. 2, p. 205-220, Jun. 2016. doi: 10.1007/s40626-016-0074-6.

VIEIRA, A. F.; CASTAGNARA, D. D.; DAL ZOTTO, C. S. M; FRAPORTI, L.; MALAGUEZ, E. G.; HOCH, G. C. METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DE NITROGÊNIO. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2, 2016. Disponível em: <<http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/18314>>. Acesso em: 01 dez. 2019.

WATSON, M. E.; GALLIHER, T. L. Comparison of Dumas and Kjeldahl methods with automatic analyzers on agricultural samples under routine rapid analysis conditions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, p. 13-14, 2001.

WOOD, C. W.; REEVES, D. W.; HIMELRICK, D. J. Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. **Proceedings Agronomy Society of New Zealand**, v. 23, p. 1-9, 1993.

ZHANG, K.; GE, X.; LIU, X.; ZHANG, Z.; LIANG, Y.; TIAN, Y.; LIU, X. Evaluation of the chlorophyll meter and GreenSeeker for the assessment of rice nitrogen status. **Advances in Animal Biosciences**, v. 8, n. 2, p. 359-363, 2017. doi:10.1017/S2040470017000917.

Arnó J, Martínez-Casasnovas JA, Ribes-Dasi M and Rosell JR 2009 Review. Precision Viticulture. Research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management Spanish Journal of Agricultural Research 7 779–790

Bernardi, A. C. de C.; Rabello, L. M.; Inamasu, R. Y.; Grego, C. R.; Andrade, R. G. Variabilidade espacial de parâmetros físico-química do solo e biofísicos de superfície em cultivo do sorgo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.623-630, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000600009>

Formaggio, A. R.; Sanches, I. del A. Sensoriamento remoto em agricultura. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 288p.

Gao, F.; Anderson, M. C.; Zhang, X.; Yang, Z.; Alfieri, J. G.; Kustas, W. P.; Mueller, R.; Johnson, D. M.; Prueger, J. H. Toward mapping crop progress at field scales through fusion of Landsat and MODIS imagery. *Remote Sensing of Environment*, v.188, p.9-25, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.11.004>

GONZÁLEZ-FLOR, C.; SERRANO, L.; GORCHS, G.; PONS, J.M. Assessment of Grape Yield and Composition Using Reflectance Based Indices in Rainfed Vineyards. *Agronomy Journal*, v.106, n.4, p.1309–1316, 2014. doi: 10.2134/agronj13.0422

Hall A, Lamb DW, Holzapfel B and Louis J 2002 Optical remote sensing applications in viticulture – a review *Australian Journal of Grape and Wine Research* 8 36–47

Johnson, LF, Roczen, DE, Youkhana, SK, Nemani, RR e Bosch, DF (2003). Mapeando a área das folhas do vinhedo com imagens de satélite multiespectrais. *Computers and Electronics in Agriculture*, 38 , 33-44.

KING, P. D.; SMART, R. E.; McCLELLAN, D. J. Within-vineyard variability in vine vegetative growth, yield, and fruit and wine composition of Cabernet Sauvignon in Hawke's Bay, New Zealand. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v.20, n.2, p.234-246, 2014.

MARCINIAK, M.; BROWN, R.; REYNOLDS, A.; JOLLINEAU, M. Use of remote sensing to understand the terroir of the Niagara Peninsula. Applications in a Riesling vineyard. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, v.49, n.1, p.1– 26, 2015.

TANDA, G.; CHIARABINI, V. Use of multispectral and thermal imagery in precision viticulture. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2019. p. 012034. Vol. 1224, No. 1, p. 012034 doi:10.1088/1742-6596/1224/1/012034

BRITO, G. G., SOFIATTI, V., BRANDÃO, Z. N., SILVA, V. B., SILVA, F. M., & SILVA, D. A. Non-destructive analysis of photosynthetic pigments in cotton plants. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 4, p. 671-678, 2011. doi: 10.4025/actasciagron.v33i4.10926

KALAJI, H. M., DĄBROWSKI, P., CETNER, M. D., SAMBORSKA, I. A., ŁUKASIK, I., BRESTIC, M., ... & PANCHAL, B. M. A comparison between different chlorophyll content meters under nutrient deficiency conditions. *Journal of Plant Nutrition*, v. 40, n. 7, p. 1024-1034, 2017. doi: 10.1080/01904167.2016.1263323

PARRY, C.; BLONQUIST JR, J. M.; BUGBEE, B. In situ measurement of leaf chlorophyll concentration: analysis of the optical/absolute relationship. *Plant, cell & environment*, v. 37, n. 11, p. 2508-2520, 2014. doi: 10.1111/pce.12324

Rigon, J. P. G., Capuani, S., de Brito Neto, J. F., & de Macêdo Beltrão, N. E. Indirect measurement of photosynthetic pigments in the leaves of *Jatropha curcas*. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 2, p. 669-674, 2013. doi: 10.5433/1679-0359.2013v34n2p669

SHAH, S. H., HOUBORG, R., & MCCABE, M. F. Response of chlorophyll, carotenoid and SPAD-502 measurement to salinity and nutrient stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*, v. 7, n. 3, p. 61, 2017. doi: 10.3390/agronomy7030061.

UDDLING, J.; GELANG-ALFREDSSON, J.; PIKKI, K.; PLEUEL, H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Journal Photosynthesis Research*, Netherlands, v. 91, n. 1, p. 37-46, 2007. doi: 10.1007/s11120-006-9077-5

XIONG, D., CHEN, J., YU, T., GAO, W., LING, X., LI, Y., ... & HUANG, J. SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Scientific reports*, v. 5, p. 13389, 2015. doi: 10.1038/srep13389.

Yuan, Z., Cao, Q., Zhang, K., Ata-Ul-Karim, S. T., Tian, Y., Zhu, Y., ... & Liu, X. Optimal leaf positions for SPAD meter measurement in rice. *Frontiers in plant science*, 7, 719, 2016. doi: 10.3389/fpls.2016.00719

ZHAO, B., LIU, Z., ATA-UL-KARIM, S. T., XIAO, J., LIU, Z., QI, A., ... & DUAN, A. Rapid and nondestructive estimation of the nitrogen nutrition index in winter barley using chlorophyll measurements. *Field crops research*, v. 185, p. 59-68, 2016. doi: 10.1016/j.fcr.2015.10.021.

Andrés-Lacueva, C.; Gallart, M.; López-Tamames, E.; Lamuela-Raventós, R.M. Influence of Variety and Aging on Foaming Properties of Sparkling Wine (Cava). *J. Agric. Food Chem.* 1996, 44, 3826–3829.

Buxaderas S and López-Tamames E. (2012). Sparkling wines: Features and trends from tradition. *Advances in Food and Nutrition Research* 66: 1–45. doi: 10.1016/B978-0-12-394597-6.00001-X

Cauduro Girardello, R., Rich, V., Smith, R. J., Brenneman, C., Heymann, H., & Oberholster, A. The impact of grapevine red blotch disease on *Vitis vinifera* L. Chardonnay grape and wine composition and sensory attributes over three seasons. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 100, n. 4, p. 1436-1447, 2020.

GIOVANINNI, E.; MANFROI, V. *Viticultura e enologia: elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros*. Bento Gonçalves: IFRS, 2009.

Jones, J.E.; Kerslake, F.L.; Close, D.C.; Dambergs, R.G. Viticulture for sparkling wine production: A review. *Am. J. Enol. Vitic.* 2014, 65, 407–416. [CrossRef]

Kemp B, Alexandre H, Robillard B, et al. (2015). Effect of production phase on bottle-fermented sparkling wine quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63: 19–38.

Regina, M. D. A., do Carmo, E. L., Fonseca, A. R., Purgatto, E., Shiga, T. M., Lajolo, F. M., ... & da Mota, R. V. Altitude influence on the quality of 'Chardonnay' and 'Pinot Noir' grapes in the state of Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 1, p. 143-150, 2010.

CAMARGO, U.; NACHTIGAL, A. Cultivares. IN: NACHTIGAL, J. C.; SCHNEIDER, E. P DE. *Recomendações para produção de videiras em sistemas de base ecológica*. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2007, 68 p.

GUTIÉRREZ-GAMBOA, G.; GÓMEZ-PLAZA, E.; BAUTISTA-ORTÍN, A. B.; GARDE-CERDÁN, T.; MORENO-SIMUNOVIC, Y.; MARTÍNEZ-GIL, A. M. Rootstock effects on grape anthocyanins, skin and seed proanthocyanidins and wine color and phenolic compounds from *Vitis vinifera* L. Merlot grapevines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 99, p, 2846-2854, 2018.

MIELE, Alberto; RIZZON, Luiz Antenor. Rootstock-scion interaction: 1. Effect on the yield components of Cabernet Sauvignon grapevine. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 39, n. 1, 2017. DOI 10.1590/0100-29452017820

MIELE, Alberto; RIZZON, Luiz Antenor; GIOVANNINI, Eduardo. Efeito do porta-enxerto no teor de nutrientes em tecidos da videira "cabernet sauvignon". *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, n. 4, p. 1141-1149, 2009.

MORENO, Y; VALLARINO, J. *Manual de consulta de cultivares y portainjer-tos de vides para vinificación*. Origo Editores, Santiago. 2011.

Mota, R. V. D., Souza, C. R. D., Favero, A. C., Silva, C. P. C., Carmo, E. L. D., Fonseca, A. R., & Regina, M. D. A. Produtividade e composição físico-química de bagas de cultivares de uva em distintos porta-enxertos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 6, p. 576-582, 2009.

SANTOS, L. F. QUALIDADE E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DURANTE A MATURAÇÃO DA UVA 'BRS MAGNA' EM FUNÇÃO DE PORTAENXERTOS NAS CONDIÇÕES TROPICAIS DO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, AREIA–PB 2019, 124 pág.

BAGGIOLINI, M. Lês stades repères dans le développement annuel de la vigne. *Revue Romande: Revue mensuelle d'agriculture, de viticulture et d'arboriculture*, Lausanne, v.8, n.1, p.4-5, 1952.

FERREIRA, D. F. *SISVAR Versão 5.3*. Lavras: UFLA, 2010.

Aguiar, T., Gonçalves, C., Paterniani, M., Tucci, M., & Castro, C. Boletim 200: instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. (2014)

ASRAN, A. "Development of A Multi-Interface Level Measurement System Using A Segmented Capacitance Sensor", Dissertação de mestrado em Engenharia elétrica e eletrônica, University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST), 1998.

SÄUBERLICH, A. O. Sensor capacitivo multieletrodo para monitoramento de nível em separadores multifásicos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.

BOGENA, H.R.; HUISMAN, J.A.; OBERDÖRSTER, C.; VEREECKEN, H.

Evaluation of a low-cost soil water content sensor for wireless network applications. Journal of Hydrology, Amsterdam, v.344, p.32-42, 2007.

SOUZA, C.F.; PIRES, R.C.M.; MIRANDA, D.B.; VARALLO, A.C.T. Calibração de sondas FDR e TDR para a estimativa da umidade em dois tipos de solo, Irriga, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 597-606, 2013.

SENA, C. C. R., NETO, L. R. G., ALVES JR, J., EVANGELISTA, A. W. P., BATTISTI, R., & CASAROLI, D. CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE UMIDADE DO SOLO DSMM500 EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO. GLOBAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, v. 12, n. 2, 2019.