

**JUCIANE MARIA SANTOS SOUSA VIEIRA**

**CONTROLE DA UMIDADE DO SOLO NA COMPOSIÇÃO DA UVA CABERNET  
SAUVIGNON CULTIVADA NA REGIÃO SERRANA DE SC**

Tese apresentada ao programa de Pós Graduação  
em Ciência do Solo, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo,  
da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Jackson Adriano  
Albuquerque

**LAGES  
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com auxílio do programa de geração automática da Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Vieira, Juciane Maria Santos Sousa  
Controle da umidade do solo na composição da uva cabernet sauvignon cultivada na região serrana de sc / Juciane Maria Santos Sousa Vieira. - Lages, 2018.  
121 p.

Orientador: Jackson Adriano Albuquerque  
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2018.

1. Capacidade de campo. 2. Composição química. 3. Vinho. I. LEO RUFATO, JACKSON ADRIANO ALBUQUERQUE. II. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação. III. Título.

**JUCIANE MARIA SANTOS SOUSA VIEIRA**

**CONTROLE DA UMIDADE DO SOLO NA COMPOSIÇÃO DA UVA CABERNET  
SAUVIGNON CULTIVADA NA REGIÃO SERRANA DE SC**

Tese apresentada ao programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca examinadora:

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Jackson Adriano Albuquerque  
CAV/UDESC

Coorientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Leo Rufato  
CAV/UDESC

Membros internos

Membro externos

---

Paulo Cezar Cassol

---

Marlise Nara Ciotta

---

Júlio César Pires Santos

---

Maria Sueli Herbele Mafra

Lages, 22 de maio de 2018



Dedico aos leões e a Ciência. Que os dados gerados nesse trabalho tenham ampla utilidade científica e possam contribuir e agregar conhecimento aos vitivinicultores.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela inspiração, força e fé que me conduziu a concluir este trabalho e a emanação e proteção do meu fiel anjo da guarda.

Agradeço à minha família que me apoiou e me deu o suporte físico, emocional e mental sempre, principalmente estes anos longe de casa no cotidiano do desconhecido.

Agradeço a oportunidade ter conhecido pessoas maravilhosas que meu coração agregou como família.

Agradeço a oportunidade de amizades novas que foram consolidadas nas adversidades, pois é assim que se reconhece um verdadeiro amigo.

Agradeço ao meu orientador Jackson Adriano Albuquerque que me deu suporte para realização deste trabalho, por suas contribuições, orientações e confiança na minha capacidade de realizá-lo em meio a tantas dificuldades que vivenciei ao longo do mesmo, sendo passível de paciência, otimismo e realismo.

Agradeço aos colegas de pesquisa por todo apoio e ajuda que me foi condicionada pela boa vontade e sede de experiência.

Agradeço aos funcionários que foram solícitos e agradáveis. A vinícola Suzin por ceder área experimental.

Manifesto aqui minha eterna gratidão a todos os professores que tive a honra de conhecer por ocasião deste Doutorado e eventos dos quais participei, e que contribuíram com minha ciência profissional e principalmente de vida, transformando em mim o desejo de crescer intelectualmente com humildade e principalmente com humanidade.

Meus agradecimentos a CAPES, ao CNPq e a FAPESC pelo apoio financeiro, a UDESC e ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Meu muito obrigada a todos que me encorajaram em todos os aspectos de minha vida, em especial aqueles que me apoiaram incondicionalmente e consistentemente quando tudo não eram “flores”

Muito Obrigada!



“Crê em ti mesmo, age e verá os resultados. Quando te esforças, a vida também se esforça para te ajudar”.

Chico Xavier



## RESUMO

O controle da umidade do solo pode modificar a produtividade das videiras e a composição da uva. O objetivo deste estudo foi analisar a produtividade e composição química e fenólica da uva e do vinho da variedade ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade do solo. O experimento foi realizado no município de São Joaquim, em Santa Catarina, em videiras da variedade ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida no sistema espaldeira, em duas safras (2015/16 e 2016/17). Os tratamentos foram: (i) Sem irrigação, com volume de precipitação pluviométrica natural (SEMIRRIG); (ii, iii e iv) irrigação com níveis de umidade mantidos a 100, 85 e 70% da capacidade de campo (100CC, 85CC e 70CC). Estes tratamentos foram mantidos do estádio fenológico *Veraison* até a colheita, através da irrigação por gotejamento. As variáveis avaliadas foram: componentes de produtividade, composição química e fenólica da uva e do vinho. Os atributos relacionados aos rendimentos foram sensíveis aos níveis de umidade do solo, sendo que o nível mais restritivo (70CC) afetou negativamente, enquanto os níveis 100CC e 85CC afetaram positivamente estes componentes. Os atributos químicos do mosto foram influenciados pelo nível de umidade do solo, mas foram dependentes da safra e não houve uma resposta clara entre os tratamentos. A composição fenólica e atributos da cor do mosto da uva e do vinho foram afetados positivamente pelo menor nível de umidade do solo. Portanto, a deficiência hídrica severa no NITOSSOLO BRUNO é favorável a composição fenólica do mosto e do vinho, mas é prejudicial ao rendimento da uva.

**Palavra-chave:** Capacidade de campo. Composição química. Vinho.



## ABSTRACT

Controlling soil moisture can modify grapevine productivity and grape composition. The objective of this study was to analyze the productivity and chemical and phenolic composition of grape and wine of the 'Cabernet Sauvignon' variety under soil moisture levels. The experiment was carried out in the municipality of São Joaquim, in Santa Catarina, on vines of the Cabernet Sauvignon variety conducted in the espaldeira system, in two harvests (2015/16 and 2016/17). The treatments were: (i) No irrigation, with natural rainfall volume (SEMIRRIG); (ii, iii and iv) irrigation with humidity levels maintained at 100, 85 and 70% field capacity (100CC, 85CC and 70CC). These treatments were maintained from the Veraison phenological stage until harvest, through drip irrigation. The evaluated variables were: components of productivity, chemical and phenolic composition of grape and wine. The attributes related to the yields were sensitive to soil moisture levels, and the most restrictive level (70CC) affected negatively, while levels 100CC and 85CC positively affected these components. The chemical attributes of the must were influenced by soil moisture level, but were crop dependent and there was no clear response between the treatments. The phenolic composition and color attributes of grape must and wine were positively affected by the lower level of soil moisture. Therefore, severe water deficiency in NITOSOLO BRUNO favors the phenolic composition of the must and wine, but is detrimental to the yield of the grape.

**Keywords:** Field capacity. Chemical composition, Wine.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da área experimental no pomar comercial da vinícola Suzin no município de São Joaquim- SC.....	35
Figura 2 -	Precipitação, temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar e insolação no ano 2016 e 2017 no município de São Joaquim-SC.....	37
Figura 3 -	Perfil: NITOSSOLO BRUNO distroférreo típico, fotografia da área onde foi descrito e de formas da estrutura do solo (Descrição completa emAPÊNDICE I).....	38
Figura 4 -	Desenho esquemático da distribuição dos tratamentos na unidade experimental, São Joaquim- SC;.....	41
Figura 5 -	Curva de retenção de água no solo. Vinícola Suzin, São Joaquim- SC. A linha tracejada na vertical indica a umidade do solo na capacidade de campo na tensão de 10kPa.....	42
Figura 6 -	Correlação de Pearson entre os métodos de secagem de solo: Método da estufa a 105°C x método de Microondas.....	43
Figura 7 -	Esquema representativo da cobertura do solo feito com a lona plástica para restringir a entrada de água da chuva. Tratamento= Solo com lona, SEMIRRIG= solo sem lona.....	45
Figura 8 -	Lona plástica preta utilizada para cobrir o solo das parcelas experimentais com níveis de umidade.....	46
Figura 9 -	Ilustração da área experimental com os tratamentos de níveis de umidade isolado com lona plástica preta e sistema de gotejamento em subsuperfície. São Joaquim- SC.....	47
Figura 10 -	Ilustração de avaliação das características físicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas sob níveis de umidade.....	49
Figura 11 -	Avaliação das características físico-químicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas sob níveis de umidade em NITOSSOLO BRUNO distroférreo típico.....	50
Figura 12 -	Ilustração dos procedimentos de extração de cascas para determinação de antocianinas e polifenóis da uva ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas sob níveis de umidade.....	51
Figura 13 -	Ilustração dos procedimentos de microvinificação e análises do vinho da uva ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas sob níveis de umidade. (A- Colheita; B- Desengace; C e D- Pé de cuba; E- Fermentação alcoolica; F- Pressagem da baga; G e H- Fermentação malolática; I- Estabilização tartárica; J- Envase; L- Análises do vinho).....	54
Figura 14 -	Precipitação mensal acumulada para município de São Joaquim-SC referente a safra de 2015/16 e 2016/17, respectivamente.....	56
Figura 15 -	Precipitação diária do período de janeiro (mudança de cor) a abril (Colheita) para município de São Joaquim-SC referente a safra de 2015/16.....	57
Figura 16 -	Precipitação diária do período de janeiro (mudança de cor) a abril (Colheita) para município de São Joaquim-SC referente a safra de 2016/17.....	58
Figura 17 -	Monitoramento da umidade volumétrica do solo nas unidades experimentais no período de novembro a abril antes da implantação dos tratamentos e após a implantação dos níveis de umidade.....	60
Figura 18 -	Características físicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob três	63

níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).....	
Figura 19 - Massa de 100 bagas, massa de 10 cascas e relação casca/baga da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).....	68
Figura 20 - Rendimentos da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob três níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).....	70
Figura 21 - Efeitos de níveis de umidade nos cachos de uva ‘Cabernet Sauvignon’ no município de São Joaquim-SC, safra 2016/17.....	71
Figura 22 - Curva de maturação da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida com níveis de umidade controlada no município de São Joaquim-SC. Linhas seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).....	75
Figura 23 - Características físico-químicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob três níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).....	79
Figura 24 - Componentes fenólicos e cor do mosto da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob três níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).....	84
Figura 25 - Atributos físicos-químico do vinho da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob três níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).....	91

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Granulometria e características físicas para as profundidades 0-20 e 20-40 cm do NITOSSOLO BRUNO no município de São Joaquim-SC.....	39
Tabela 2 -	Atributos químicos do Nitossolo Vermelho na vinícola Suzin no município de São Joaquim- SC.....	40
Tabela 3 -	Resumo da análise de variância para as características físicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade cultivadas no município de São Joaquim-SC.....	61
Tabela 4 -	Resumo da análise de variância para os componentes de rendimento da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade cultivadas no município de São Joaquim-SC.....	66
Tabela 5 -	Resumo da análise de variância para os componentes de produtividade da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade cultivadas no município de São Joaquim-SC.....	69
Tabela 6 -	Resumo da análise de variância para as características físico-químicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade no município de São Joaquim-SC.....	78
Tabela 7 -	Resumo da análise de variância para os componentes fenólicos e atributos de cor da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade cultivadas no município de São Joaquim-SC.....	82
Tabela 8 -	Resumo da análise de variância para os componentes fenólicos, atributos de cor da e características físicos químicas do vinho da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade cultivadas no município de São Joaquim-SC.....	86



## LISTA DE ABREVIATURAS

SEIRRIG	Tratamento SEMIRRIG
100CC	Tratamento com umidade a 100% da capacidade de campo
85CC	Tratamento com umidade a 85% da capacidade de campo
70CC	Tratamento com umidade a 70% da capacidade de campo
COMPC	Comprimento do cacho (cm)
DIAMB	Diâmetro médio da baga (cm)
MASSAC	Massa do cacho (g)
MASSAR	Massa da ráquis (g)
NBAC	Número de bagas/cacho (g)
IC	Índice de compactação
MASS100B	Massa de 100 bagas (g)
MASS100C	Massa de 100 cascas (g)
NCACHOS	Número de cachos/planta
NRAMOS	Número de ramos por planta
Prod./PLANT	Produtividade/planta (kg)
BRIX	Concentração de sólidos solúveis (°BRIX)
pH	Potencial hidrogeniônico
AT	Acidez titulável
ANT	Antocianinas
POLT	Polifenois totais
INT	Referente à cor: Intensidade
TON	Referente à cor: Tonalidade
IPT	Índice de polifenois totais



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	23
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	27
2.1	CULTURA DA VIDEIRA.....	27
2.2	CLIMA E SOLO NA PRODUÇÃO DAS VIDEIRAS.....	28
2.3	FISIOLOGIA SOB DÉFICIT HÍDRICO .....	30
2.3.1	Impacto do estresse hídrico nas plantas.....	30
2.3.2	Estresse hídrico: Metabólitos secundários das plantas.....	32
2.3.3	Déficit hídrico na videira.....	33
<b>3</b>	<b>MATERIAL E METÓDOS.....</b>	35
3.1	ÁREA DO ESTUDO.....	35
3.1.1	Local.....	35
3.1.2	Clima.....	35
3.1.3	Solo.....	38
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	40
3.3	DEFINIÇÃO DOS TRATAMENTOS E DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO.....	42
3.4	MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....	42
3.5	MONITORAMENTO DA UMIDADE.....	47
3.6	ANÁLISE NAS UVAS.....	48
3.6.1	Análises físicas na uva.....	48
3.6.2	Análises físico-química na uva.....	49
3.6.3	Variáveis de maturação fenólica.....	50
3.7	MICROVINIFICAÇÕES.....	52
3.8	ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS.....	54
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	55
4.1	REGIME DE CHUVAS DURANTE O EXPERIMENTO.....	55
4.2	UMIDADE DO SOLO.....	59
4.3	ANÁLISES FÍSICAS DA UVA.....	61
4.3.1	Rendimento da uva.....	69
4.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	73
4.4.1	Evolução da maturação.....	73
4.4.2	Características físico-químicas na colheita.....	78
4.5	COMPOSTOS FENÓLICOS E COR DO MOSTO.....	81
4.6	COMPONENTES FENÓLICOS, ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS E COR DO VINHO.....	86
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	93
	<b>REFERENCIAS.....</b>	94
	<b>APÊNDICE A</b> - Série histórica de 29 anos para os dados climáticos de precipitação, umidade relativa do ar e temperatura do município de São Joaquim -SC.....	109
	<b>APÊNDICE B</b> - Posição da folha da uva ‘Cabernet Sauvignon’ para quantificação do estado nutricional a pleno florescimento.....	110
	<b>APÊNDICE C</b> - Teores de macronutrientes na folha da uva ‘Cabernet Sauvignon’ em pleno florescimento, em São Joaquim-SC.....	110
	<b>APÊNDICE D</b> - Teores de micronutrientes na folha da uva ‘Cabernet Sauvignon’ em pleno florescimento, em São Joaquim-SC.....	111
	<b>APÊNDICE E</b> - Representação da quantificação da umidade do solo a campo	111

pelo método de microondas.

<b>APÊNDICE F</b> - Procedimento a campo utilizado para determinação da lâmina de reposição de água no solo pelo método de microondas.....	112
<b>APÊNDICE G</b> - Dinâmica do monitoramento da umidade do solo a campo pelo método de secagem via microondas.....	112
<b>APÊNDICE H</b> - Distribuição do sistema radicular da videira cultivada em NITOSSOLO BRUNO distroférrico típico, no município de São Joaquim/ SC. Estudo com níveis de umidade.....	113
<b>APÊNDICE I</b> - Descrição geral do perfil.....	114
<b>APÊNDICE J</b> - Bagas de uva Cabernet Sauvignon com sintomas de com doença fúngicas (possivelmente Oídio).....	118
<b>APÊNDICE L</b> - Avaliações fisiológicas na safra 2015/16. Determinação de trocas gasosas na uva ‘Cabernet Sauvignon’, sob níveis de umidade do solo.....	119
<b>APÊNDICE M</b> - Avaliações fisiológicas na safra 2015/16. Determinação do potencial foliar na uva ‘Cabernet Sauvignon’, sob níveis de umidade do solo.....	120
<b>APÊNDICE N</b> - Avaliações fisiológicas na safra 2015/16. Determinação do potencial foliar na uva ‘Cabernet Sauvignon’, sob níveis de umidade do solo. Sauvignon.....	121

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Planalto Catarinense tem sido considerado uma região promissora para a vitivinicultura no Brasil, pois essa região dispõe de elevada altitude e baixas temperaturas, que no âmbito de produção de vinhos pode resultar em melhoria na composição da uva.

As condições edafoclimáticas exercem grande impacto no desenvolvimento da videira, na composição dos frutos e ainda condicionam o "efeito *terroir*" (REYNARD et al., 2011). De acordo com White et al. (2009), solos e clima têm sido apontados como o principal fator para a produção de vinhos de alta qualidade, e o conteúdo de água no solo pode ser o fator chave desta interação com a videira. As propriedades do solo desempenham um papel importante no rendimento e composição da uva (HAO et al., 2016; GUTIÉRREZ-GAMBOA et al., 2018). A disponibilidade hídrica afeta características sensoriais dos vinhos (COSTANTINI et al., 2010), a cor, aroma (SEBASTIAN et al., 2015), diâmetro das bagas e rendimento da cultura (UBALDE et al., 2010).

A falta de umidade no solo é responsável pelo desenvolvimento lento da videira, baixa produtividade, alto teor de açúcar e falta de acidez nos vinhos (BÖHM, 2013). Em contrapartida, nos solos com maior suprimento de água, o diâmetro das bagas é maior e o teor de açúcar nas bagas é menor, devido a diluição dos sólidos solúveis (VAN LEEUWEN et al., 2009). Portanto, o controle do suprimento de água em vinhedos desempenha papel importante no desenvolvimento da videira (BÖHM, 2013).

A alta competição no setor vinícola resultou em mudanças significativas nas estratégias de gestão de vinhedos. A principal mudança nos últimos dez anos têm sido a priorização da produção de vinhos de alta qualidade através de melhorias de gestão no manejo do solo e das videiras, entre elas o uso de irrigação (ACEVEDO-OPAZO et al., 2010).

Déficit hídrico gerido de forma eficiente é benéfico à cultura e pode aumentar a biossíntese de antocianinas e taninos (CASASSA et al., 2015). A irrigação deficitária é comumente usada para melhorar a composição da uva (ROMERO et al., 2013). Se imposta antes da frutificação tem o potencial de controlar o diâmetro das bagas e reduzir o vigor da videira (KELLER, 2005). Se aplicado na maturação tem o potencial de aumentar a concentração de antocianinas e outros compostos fenólicos (CASTELLARIN et al., 2007a; PINILLOS et al., 2016). De acordo com Ramos et al. (2015), o controle da umidade do solo através da irrigação é necessário para obter vinhos de qualidade elevada.

A irrigação com déficit regulado (IDR) é uma estratégia de fornecimento de água que mantém as plantas em algum grau de déficit hídrico fixo por estações definidas, com o intuito

de controlar o crescimento, desenvolvimento reprodutivo e melhorar a eficiência do uso da água (KRIEDEMANN; GOODWIN, 2004), assim como sua influencia na composição fenólica da uva (CACERES-MELLA et al., 2017).

Várias pesquisas têm utilizado essa prática na gestão de vinhedos de alta performance, com o intuito de analisar o impacto do uso da água no rendimento, composição da baga e atributos do vinho (ACEVEDO-OPAZO et al., 2010; SANTESTEBAN et al., 2011; ROMERO et al., 2013; EDWARDS; CLINGELEFFER, 2013; FACI et al., 2014, ROMERO et al., 2015). Contudo, a irrigação em uvas viníferas em regiões úmidas e temperadas ainda é controversa entre produtores de uva e vinho (REYNOLDS; BALINT, 2017), pois o excesso ou o déficit hídrico tem efeitos negativos na composição da uva (VAN LEEUWEN; SEGUIN, 1994).

As condições climáticas da região Sul do Brasil geralmente dispensam a necessidade de irrigação, pois no que concerne a necessidade de regiões áridas e semiáridas de suplementar o abastecimento de água com intuito de sustentar a produtividade, o excesso de pluviosidade da região Sul do Brasil torna-se uma desvantagem para exploração da vitivinicultura.

Dados de precipitação de uma série histórica registrada ao longo de 10 anos obtidos para o município de São Joaquim em Santa Catarina (**APÊNDICE N**), demonstra um tendência climática típica de elevação nos índices médios de precipitação nos meses de janeiro e fevereiro, período da virada de cor até a maturação da uva. A composição química da uva é melhorada mediante as condições de seca ocorrentes na fase inicial de maturação, mas faltam informações sobre a intensidade do estresse hídrico. Situações assim trazem incertezas sobre quanto de água no solo é necessário para obter vinhos finos com composição química maximizada. Reynolds e Balint, (2017) ressaltam que isso requer conhecimento sobre cultivar, níveis de produtividade esperado, método e equipamento de irrigação, bem como as implicações financeiras e econômicas das práticas de irrigação.

Posto isso, a ideia deste estudo surgiu a partir da necessidade de controlar o volume excedente de água oriundo de eventos de precipitação, visto que alguns estudos abordam que o excesso de pluviosidade da região Sul do Brasil constitui a principal desvantagem da vitivinicultura da região. Sob essa perspectiva a irrigação controlada constitui uma ferramenta útil, pois o excesso chuvas dessa região coincidente com o período de plena maturação dilui os compostos que melhoram a composição química e fenólica da uva e do vinho.

A hipótese é que um déficit hídrico modifica a composição fenólica da uva, pois aumenta a concentração de polifenóis e antocianinas na casca da uva e no vinho. O objetivo

deste estudo foi analisar a produtividade e composição química e fenólica da uva e do vinho da variedade ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade do solo.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DA VIDEIRA

A videira (*Vitis* sp.) é uma planta da família das Vitaceaes, que surgiu no período terciário, provavelmente na atual Groelândia, embora não se possa afirmar com certeza (GIOVANNINI, 2005). A espécie *Vitis vinifera* L. foi introduzida no novo mundo pelos colonizadores, missionários espanhóis e portugueses por volta do ano de 1500 (LEÃO, 2010). No Brasil foi introduzida em 1532 por Martim Afonso de Souza que trouxe as primeiras videiras de *V. vinifera* L. para a capitania de São Vicente, atual Estado de São Paulo (LEÃO, 2010). Desde então a vitivinicultura ganhou importância no mercado mundial, sendo amplamente difundida nas regiões tropicais e subtropicais (CATALUÑA, 1991).

No que concerne a produção total global de uvas, no ano de 2018, o Brasil apresentou uma área plantada de aproximadamente 75.000 ha com produção de média de 1,4 milhão de toneladas com produtividade de 18.647 kg/ha (IBGE, 2018).

As principais regiões vitivinícolas no Brasil estão no Sul, Sudeste e Nordeste do país. Na região Sul os fatores edafoclimáticos são favoráveis a obtenção de uvas com elevada acidez e vinhos de alta qualidade (MAPA, 2015). O Estado de Santa Catarina aparece no ranking nacional como o sexto maior produtor de uva, atrás dos Estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Pernambuco, Paraná e Bahia, com uma participação de 6,2%. Em Santa Catarina, no ano de 2016, a área cultivada com videiras foi de 4.832 hectares, com uma produção aproximada de 37 mil toneladas (IBGE, 2016).

A cadeia vitivinícola de Santa Catarina apresenta expressão econômica, principalmente na Região do Vale do Rio do Peixe e no Meio-Oeste do estado, onde a produção é mais concentrada. Recentemente, a região do Planalto Sul de Santa Catarina tem sido cultivada com videiras. Desde o ano de 2000, têm-se verificado um aumento na implantação de vinhedos *V. vinifera*, com a variedade 'Cabernet Sauvignon' (DUARTE, 2013). O município de São Joaquim, situado no Planalto Catarinense possui 85 % da área com vinhedos cultivada com esta variedade (FALCÃO, 2007).

A 'Cabernet Sauvignon' tem origem em Bordeaux, França. Tem folhas verdes escuras, cachos pequenos e cilíndricos, grãos pequenos, esféricos e de sabor meio amargo (CATALUÑA, 1991). O vinho da 'Cabernet Sauvignon' é encorpado, de sabor herbáceo e de agradável buquê, sendo considerado um dos melhores vinhos tintos do mundo, requer amadurecimento e envelhecimento, mas também pode ser consumido jovem (CATALUÑA,

1991; RIZZON; MIELE, 2002b). Os cachos da 'Cabernet Sauvignon' pesam em média 150 g (SANTOS et al. 2010), e a produtividade por planta alcança, em alguns casos, 4,5 kg. O rendimento total em média varia de 15 a 20 Mg ha<sup>-1</sup>, no entanto, produtividade entre 7 e 13 Mg ha<sup>-1</sup> já foram relatadas em trabalhos realizados em Santa Catarina, como resultado de 'Cabernet Sauvignon' enxertada sobre diferentes porta-enxertos (BRIGHENTI et al., 2011).

O Planalto Catarinense tem sido considerado uma região promissora para a vinicultura no Brasil. Esta região dispõe de altitudes entre 900 e 1300 m, com temperaturas mais baixas e um comportamento peculiar de clima, que é a elevada amplitude térmica diária (LOSSO; PEREIRA, 2014).

## 2.2 CLIMA E SOLO NA PRODUÇÃO DAS VIDEIRAS

A videira tem ampla adaptabilidade e pode ser cultivada em várias altitudes, diferentes tipos de relevo, requer solos profundos, bem drenados e média a alta fertilidade. Em geral, a videira prefere clima seco, com precipitações entre 400 a 600 mm anuais, e médias de temperatura ideal em torno de 25°C, mínima está entre 7 e 9°C e máxima de 40°C (GIOVANNINI, 2005). O efeito do clima na vitivinicultura tem sido amplamente documentado (JACKSON, 2014), pois as condições climáticas exercem grande impacto na composição da uva, no entanto, a qualidade do vinho não está unicamente limitada a este fator (PEREIRA et al., 2006).

Solo, clima e relevo influenciam diretamente o crescimento da videira e a composição química dos frutos, de modo que, estes elementos combinados, condicionam o "efeito *terroir*" (REYNARD et al., 2011).

Incontestavelmente, o clima exerce a maior influência sobre a adequação do ambiente para exploração da cadeia vitivinícola e produção de vinhos de qualidade (HALL; JONES, 2010; LUCIANO et al., 2013). Dentre os fatores climáticos, a temperatura tem efeito significativo sobre o crescimento e a composição da uva, e esta tem sido uma vertente amplamente estudada em regiões com potencial para vitivinicultura (DUCHÊNE; SCHNEIDER, 2005; SZENTELEKI et al., 2011; BONADA et al., 2015).

O clima afeta quase todas as variáveis de composição da uva, assim como a velocidade de maturação das bagas (BÖHM, 2013). A videira requer, do início ao fim do período vegetativo, temperaturas médias, que vão de 12 a 23°C. Temperaturas inferiores a 10°C estagnam o crescimento e acima de 39° C é prejudicial à cultura (CATALUÑA, 1991). Temperaturas altas afetam também a síntese de açúcar e outros componentes de grande

importância como características de cor e aroma dos frutos (BÖHM, 2013). A síntese de flavonóides é condicionada pelo fator temperatura, e esta favorece a concentração de antocianinas, protoantocianinas e vários compostos de aroma (TARARA et al., 2008).

Fernandes de Oliveira et al. (2013) destacam que em condições climáticas com altas temperaturas durante a maturação dos frutos o acúmulo de antocianinas, pigmentos responsáveis pela cor vermelha na pele da baga, é inibida. No entanto, em condições de temperaturas mais amenas o efeito da amplitude térmica tem relevância para biossíntese de polifenóis (SANTOS et al., 2010). Estas condições, somadas a uma boa distribuição de chuvas, influenciam a composição da uva. Esse efeito é comumente observado para a região Sul do Brasil, enquadrando essa região como promissora para a vitivinicultura, obstante a distribuição de chuvas que configura uma desvantagem (JACKSON, 1994). Conforme Borghezan et al. (2011) a menor precipitação pluviométrica e a maior amplitude térmica é favorável à composição da uva e ao comportamento vegetativo e produtivo de variedades de videira Cabernet Sauvignon. Potencializa a pigmentação fenólica e resulta em maior complexidade do vinho em sabor e aroma (SANTOS et al., 2010).

Outras variáveis climáticas como radiação solar e disponibilidade hídrica são importantes para o desenvolvimento ideal e agregação de cor e aroma durante a maturação (SEBASTIAN et al., 2015; GREGAN et al., 2012) e podem afetar o diâmetro das bagas e o rendimento da cultura (UBALDE et al., 2010).

O clima e o solo são essenciais para o pleno desenvolvimento de vinhedos com produção eficiente e composição adequada (RAMOS; MARTÍNEZ-CASASNOVAS et al. 2010). Alguns estudos têm demonstrado a relação entre as propriedades do solo e as características da uva e vinho, em particular, as propriedades físicas do solo, que essencialmente governam o volume do solo a ser explorado pelas raízes, e este por sua vez, afeta o desempenho da cultura mediante suas potencialidades e/ou limitações (RAMOS; MARTÍNEZ-CASASNOVAS et al. 2010; BÖHM, 2013).

As características físicas do solo têm influência sobre o desempenho de videiras. Em estudo conduzido por Ramos et al. (2015) observaram que solos com maior percentual de argila atrasam o calendário fenológico da cultura. Em contrapartida, ciclo mais curto foi relatado em solo mais arenoso. Os autores explicaram esta diferença como resultado da capacidade de retenção de água, menor nos arenosos e maior nos argilosos.

Segundo Renouf et al. (2010), a vinha quando cultivada em solos arenosos apresentam maior equilíbrio na composição química, menor vigor vegetativo e peso das bagas e menor

teor de antocianinas. Estes benefícios estão relacionados com o menor armazenamento de água em função da maior macroporosidade, favorável a drenagem natural do perfil.

A textura e a porosidade do solo afetam de forma direta as propriedades físicas como: resistência a penetração; aeração; dinâmica de água; condições de drenagem; e relações com os atributos químicos do solo (LANYON et al., 2004; DEXTER, 2004).

Solos profundos e bem drenados são preferíveis para o cultivo da videira. A videoproduzem menos, entretanto os mais férteis promovem o vigor excessivo com prejuízos a composição da uva (BÖHM, 2013).

Solos bem drenados tendem a produzir os melhores vinhos, com acidez equilibrada, baixo concentração de taninos e mais suaves em comparação a vinhas produzidas em solo com maior teor de argila e mais férteis, que muitas vezes são consideradas impróprios para a viticultura (RAMOS et al., 2015).

Solos com um elevado conteúdo de material orgânico melhoram a intensidade da cor e aumentam os teores de tanino, em contrapartida aumenta o vigor vegetativo. O crescimento da videira em solos com pH extremamente ácidos ou alcalinos também podem prejudicar o desenvolvimento da uva (BÖHM, 2013), por causar desequilíbrio nutricional.

Dessa forma, a caracterização do solo é de extrema importância na gestão de vinhedos, pois as características físicas e químicas dos solos influenciam a composição química da uva e a qualidade dos vinhos (LUCIANO et al., 2013).

## 2.3 FISIOLOGIA SOB DÉFICIT HÍDRICO

### 2.3.1 Impacto do estresse hídrico nas plantas

O estresse de uma cultura é definido como reação/resposta a um estímulo de “perturbação” ao equilíbrio natural. Assim, pode-se dizer, que toda vez que o sistema é afetado, o mesmo responde por meio de tensão refletido como estresse (LARCHER, 1987). O estresse hídrico é descrito como um desequilíbrio entre o abastecimento e a demanda de água da safra, o mesmo resulta em deficiências morfológicas e metabólicas que por sua vez causam distúrbios ao desenvolvimento da planta (KÖGLER; SÖFFKER, 2017).

Nas plantas os principais processos fisiológicos envolvidos no crescimento e reprodução são: absorção, transporte de água e nutrientes, transpiração, fotossíntese, respiração e atividades metabólicas (KÖGLER; SÖFFKER, 2017). Logo, a água exerce papel fundamental na fisiologia da planta sendo responsável por aproximadamente 80 a 95% dos

tecidos em crescimento. Sua importância varia desde permitir o movimento apoplasto e simiplasto, assim como influencia na estrutura e estabilidade de moléculas (HERRERA-HERNÁNDEZ et al., 2018).

A água atua como solvente e reagente, sendo também responsável pelo turgor e pelo fenômeno de homeostase da planta (KÖGLER; SÖFFKER, 2017). A água está envolvida em muitos processos fisiológicos que são severamente afetados se a planta estiver exposta a condições de deficiência hídrica (JONES, 2014). Zonia e Munnik (2007), destacam que tais processos fisiológicos são: crescimento, exocitose, endocitose, alterações na forma celular, sinalização hormonal, metabolismo, excitabilidade, migração celular, coleta de nutrientes, filtração de resíduos, necrose e apoptose, os quais são regulados pelo volume celular e pela hidrodinâmica da água.

Por essa razão, a importância da água nas plantas está muito relacionada com quantidade, seja ela limitada ou excessiva, pode indicar um fator que induz situações adversas estressantes, fazendo com que a planta emita respostas adaptativas e produtos de metabolismo secundários de proteção (HERRERA-HERNÁNDEZ et al., 2018).

De acordo com Kögler e Söffker (2017), a sensibilidade da planta estressada condiciona a mesma a apresentar distúrbios físicos que são considerados como indicador ao estresse sofrido. À medida que ocorre a supressão de água no solo há um declínio no potencial de água no tecido da planta, e a partir disso várias rotas metabólicas são afetadas. Dentre os distúrbios morfológicos, a expansão celular é considerada o processo mais sensível ao déficit hídrico, enquanto que a condutância estomática e senescência apresentam-se mais resistentes ao declínio de água (STEDUTO et al., 2009).

A nível metabólico uma das principais respostas ao estresse hídrico é a modificação da expressão gênica, relacionada à produção de enzimas chave na via da síntese osmólita, pela produção de proteínas com função protetora, enzimas antioxidantes, fatores de transcrição e outras proteínas envolvidas nas respostas ao estresse hídrico (XIONG et al., 2002).

As proteínas mais importantes sintetizadas pela resposta do estresse hídrico são as LEA (Proteínas Abundantes de Embriogênese Tardia), que atuam como antioxidantes que super expressam durante o estresse hídrico (LALOI et al., 2004). Essas proteínas, juntamente com compostos não proteicos, desintoxicam as plantas dos radicais totais como o superóxido e peróxido de hidrogênio, gerados devido a um aumento na taxa de  $O_2$  e fotorredução em cloroplastos (ROBINSON; BUNCE, 2000).

Apel e Hirt (2004) ressaltam que as principais enzimas resultantes da ação de desintoxicação as plantas são: a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato

peroxidase (APX), peroxidase (POD), glutationa redutase (GR) e monodesidroascorbato redutase (MDAR) e os fitoquímicos que dentre os antioxidantes não enzimáticos, são usados na neutralização de espécies reativas oxidativas induzidas por estresse (ZOBAYED et al., 2007).

### 2.3.2 Estresse hídrico: Metabólitos secundários das plantas

O estresse hídrico afeta consideravelmente a síntese e acúmulo de fitoquímicos. Dada uma condição de seca a planta, no processo de aclimatação e adaptação a condições ambientais adversas, ativa mecanismos de respostas fisiológicas e moleculares específicas para minimizar os danos induzidos pelo estresse (HERRERA-HERNÁNDEZ et al., 2018). Nagpal et al. (2018) destacam que a regulação osmótica é um dos mecanismos bioquímicos utilizados pelas plantas para se aclimatar às condições de seca e esta envolve a acumulação ou a síntese de novos solutos dentro da célula que causam uma alteração no potencial osmótico intracelular. Sob essas condições, o metabolismo secundário também é ativado e induz o acúmulo de metabólitos e/ou moléculas sinalizadoras. Alguns efeitos positivos sobre a qualidade das culturas podem ser esperados a partir dessas manifestações, como maior acúmulo de açúcar e aumento da atividade antioxidante (fitoquímicos) (HERRERA-HERNÁNDEZ et al., 2018).

De acordo com Herrera-Hernández et al. (2018), os fitoquímicos são produtos dos metabólitos secundários das plantas, compostos bioativos de baixo peso molecular que são divididos de acordo com suas estruturas e características funcionais. São classificados principalmente em categorias amplas, como polifenóis, terpenos, compostos contendo nitrogênio e compostos organosulfurados (LU; ZHAO, 2017). São derivados das vias do ácido chiquímico e do ácido malônico e são subdivididos em grupos caracterizados pelo número de anéis fenólicos e pelos elementos estruturais que ligam estes anéis: (1) Ácidos fenólicos com as subclasses derivadas de ácidos hidroxibenzóicos, como o ácido gálico e ácido hidroxicinâmico; (2) Subclasse de flavonóides, que inclui flavonóis, flavonas, isoflavonas, flavanonas, antocianidinas e flavanóis; (3) estilbenos; e (4) lignanas e ligninas poliméricas (TSAO, 2010; HERRERA-HERNÁNDEZ et al., 2018).

A baixa umidade no solo influencia o metabolismo destes fitoquímicos através de dois mecanismos principais que podem até interagir entre si simultaneamente (FANCIULLINO et al., 2014). No primeiro mecanismo, o estresse hídrico tipicamente diminui a condutância estomática foliar e a fotossíntese líquida. A diminuição na fotossíntese líquida pode resultar

em um transporte reduzido de metabólitos primários para os frutos que são a principal fonte de precursores para a biossíntese de compostos fenólicos, carotenóides e ascorbato. Em segundo lugar, a seca pode agravar o estresse oxidativo / sinalização oxidativa (HERRERA-HERNÁNDEZ et al., 2018).

O estresse oxidativo é conhecido por influenciar direta e indiretamente as vias biossintéticas desses compostos fitoquímicos. Ambos os mecanismos parecem estar intimamente ligados, porque o acúmulo de carboidratos pode exacerbar o estresse foto-oxidativo em órgãos fotossintetizantes, como folhas (URBAN; ALPHONSOUT, 2007), enquanto o segundo mecanismo pode influenciar o metabolismo primário em frutas (POIROUX-GONORD et al., 2012).

### 2.3.3 Déficit hídrico na videira

A umidade do solo é uma variável importante no setor agrícola, pois afeta o crescimento e o rendimento das culturas (HAO et al., 2016). Em geral, a disponibilidade de água está associada a condição climática, e o conteúdo de água no solo tem relação direta com as propriedades físicas do solo (VAN LIER, 2010).

De modo geral, a ocorrência de déficit hídrico em plantas cultivadas prejudica o crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR; SINCLAIR, 1996). Tanto a deficiência como o excesso hídrico afetam de maneira marcante o comportamento dos estádios fenológicos da videira (TEIXEIRA et al., 1999).

De acordo com Taiz e Zeiger (2017), fisiologicamente ocorre conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> para produção de carboidratos. Assim, a baixa disponibilidade de água no solo influencia vários processos metabólicos tais como: fechamento estomático, declínio na taxa de crescimento, acúmulo de solutos e de antioxidantes e a expressão de genes específicos de estresse.

O declínio da fotossíntese é uma das primeiras respostas fisiológicas à condição de seca (MEDRANO et al., 2003). Sob ligeiro a moderado déficit hídrico, a transpiração e assimilação são diminuídos devido à regulagem estomática (CHAVES et al., 2002). A diminuição da assimilação de carbono tem um efeito significativo sobre a produtividade da vinha, bem como sobre o crescimento vegetativo (ZSÓFI et al., 2011). Contudo, na videira o estresse hídrico pode ser benéfico, principalmente quando a produção é destinada à elaboração de vinhos (ZSÓFI et al., 2009). Alguns autores têm relatado que déficit hídrico de intensidade leve a moderada no *pré veraison* (virada de cor) tem efeito positivo na

composição dos frutos e vinho (ZSÓFI et al., 2011). Outros evidenciaram que a concentração de compostos fenólicos na baga (antocianinas e taninos) é maior em videiras que são expostas a déficit hídrico moderado (ROBY et al., 2005), bem como, exerce efeito sobre as características sensoriais do vinho (CASTELLARIN et al., 2007b).

A concentração de açúcar na fruta também é influenciada pela disponibilidade de água (ZSÓFI et al., 2011). Déficit hídrico severo diminui a concentração de açúcar, como resultado da assimilação restrita de carbono (SANTESTEBAN; ROYO, 2006). Em regiões com precipitação elevada a maturação da uva é inferior quando comparada a climas mais secos (JACKSON; CHERRY, 1988). Em regiões de clima temperado, que geralmente não são afetadas pela seca, o estresse hídrico no período de maturação é favorável para a qualidade sensorial do vinho (HUGLIN; SCHNEIDER, 1998).

A regulação do abastecimento de água no solo é determinante para a obtenção de uvas com composição adequada (ACEVEDO-OPAZO et al., 2010). O déficit hídrico melhora a composição da uva, especialmente em níveis moderados (CARBONNEAU, 1998). A supressão da água em cultivos de vinha através de práticas culturais como a irrigação por déficit regulado (IDR) é necessária para produção de uvas de alta qualidade e produção de vinhos finos (OJEDA et al., 2002; PELLEGRINO et al., 2005). Trégoat et al. (2002) e Koundouras et al. (2006) ressaltaram que os efeitos positivos do déficit hídrico nas videiras estão diretamente relacionados com componentes de qualidade do vinho como cor, sabor e aroma.

Em videiras para produção de vinho, é importante definir os efeitos de irrigação na produtividade e na composição da uva (ABRISQUETA et al., 2016). A irrigação com déficit regulado pode resultar em melhorias substanciais na composição dos frutos através de diminuição do diâmetro e rendimento da baga (PETERLUNGER et al., 2002; OJEDA et al., 2002; PELLEGRINO et al., 2005). Ojeda et al. (2002) e Van Leeuwen et al. (2004) verificaram que a irrigação com déficit regulado (IDR) tem um efeito positivo na síntese e concentração de compostos fenólicos, sólidos solúveis e antocianinas.

A IDR em uvas para vinho é comumente aplicada durante dois períodos, a fim de melhorar a composição da uva (ROMERO et al., 2013). Uma delas é a aplicação de déficit hídrico no início da frutificação com o objetivo de controlar o diâmetro das bagas e reduzir o vigor da videira (MCCARTHY et al., 2002; KELLER, 2005). A outra é a aplicação de déficit de água no Pós *Véraison*, durante a maturação dos frutos, com a finalidade de aumentar a biossíntese de antocianinas e outros compostos fenólicos (KENNEDY et al., 2002; CASTELLARIN et al., 2007a; CASTELLARIN et al., 2007b).

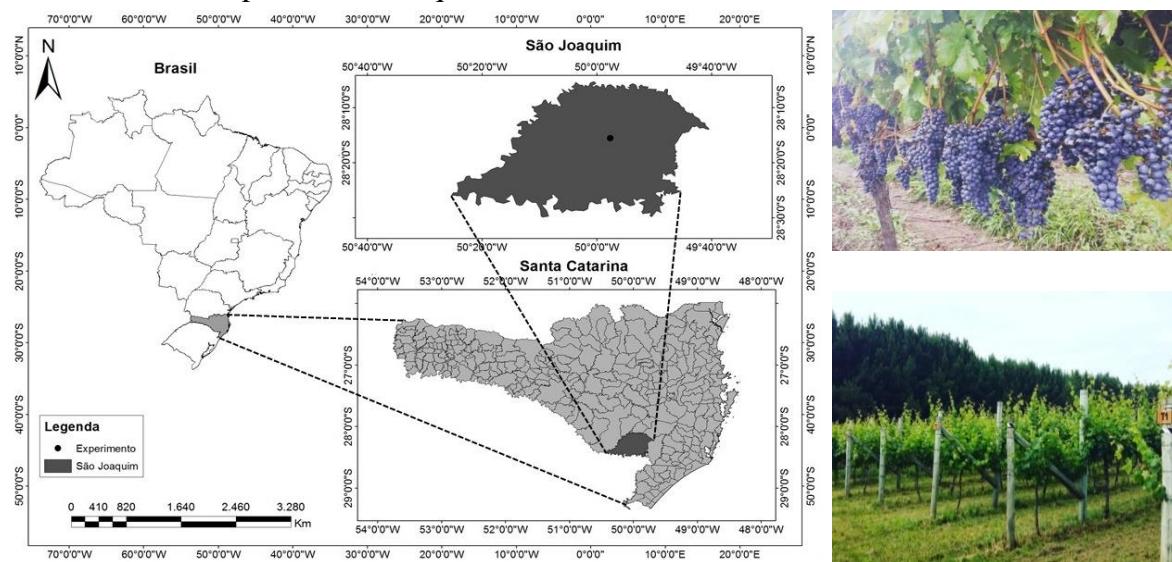
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DO ESTUDO

##### 3.1.1 Local

O experimento foi implantado no vinhedo comercial da Vinícola Suzin (Latitude 28°15'32" S; Longitude 49°57'35" W; e Altitude de 1.260 m) no município de São Joaquim, localizado no Planalto Sul Catarinense. A variedade estudada foi a Cabernet Sauvignon enxertada sobre Paulsen 1103 (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) no sistema de condução espaldeira (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área experimental no pomar comercial da vinícola Suzin no município de São Joaquim- SC.



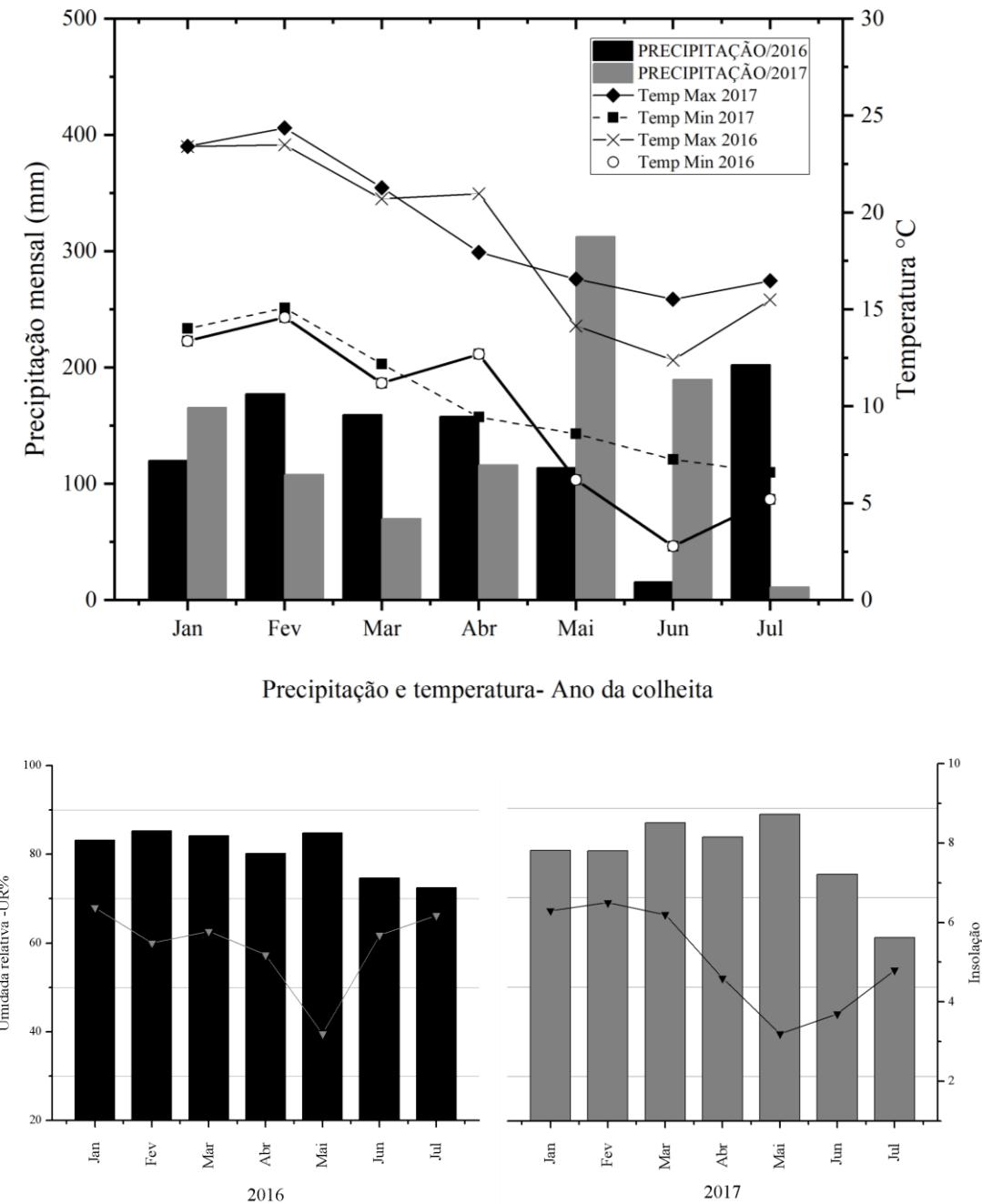
Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

##### 3.1.2 Clima

O clima do local, segundo a classificação de Köppen (1928) é Cfb, mesotérmico, constantemente úmido, sem estação seca, com verão fresco (< 22° C). A temperatura média anual é de 14°C, com máximas entre 19,4 a 22,3 °C e mínimas entre 9,2 a 10,8 °C. Julho é o mês mais frio com temperatura média histórica de 9,9 °C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.800 mm, com total anual médio de 135 dias de chuva; umidade relativa normal

do ar varia de 80 a 83%; e insolação anual total entre 1.824 a 2.083 horas (BDMEP, 2017). Os dados climáticos referentes aos anos de estudo são apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Precipitação, temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar e insolação no ano 2016 e 2017 no município de São Joaquim-SC.



Fonte: Adaptado de EPAGRI/CIRAM (2018).

### 3.1.3 Solo

O solo da área experimental é um NITOSSOLO BRUNO distroférreo típico (Figura 3), formado da alteração do Basalto, com ação de deposição coluvial e materiais pré intemperrizados advindo de partes mais altas do relevo. O material de origem faz parte da formação Serra Geral, com período cronológico Jurocretácio. A paisagem tem relevo suave ondulado local e relevo ondulado regional. Trata se de um solo com características de boa/moderada drenagem que está situada em campo subtropical com Araucárias.

Figura 3 – Perfil: NITOSSOLO BRUNO distroférreo típico, fotografia da área onde foi descrito e de formas da estrutura do solo (Descrição completa em **APÊNDICE I**).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O solo apresenta horizonte superficial pouco espesso com aporte de material orgânico e indícios de mobilização antrópica. Topo de horizonte B mais escurecido, com presença de horizontes transicionais (AB) e sub horizontes do B.

O perfil apresenta horizonte A proeminente, baixo gradiente textural, superfícies brilhosas principalmente quando o solo está úmido e forte retração da massa do solo quando seco. O horizonte subsuperficial é B Nítico caracterizado pela textura argilosa a muito argilosa que apresenta estrutura moderadamente desenvolvida em prismas que se desfaz em bloco subangulares. Nas superfícies das unidades estruturais ocorrem superfícies brilhantes ou foscas, características estas que são admitidas para a classe dos Nitossolos.

A caracterização física e química do solo da área experimental para as profundidades 0-20 e 20-40 cm está na Tabela 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Granulometria e características físicas para as profundidades 0-20 e 20-40 cm do NITOSSOLO BRUNO no município de São Joaquim-SC.

Prof.	Granulometria				Densidade			Aeração			
	AT	AF	AG	Argila	Silte	DMP	Ds	Dp	Pt	Mac	
	dag kg <sup>-1</sup>				g cm <sup>-3</sup>			cm <sup>-3</sup> cm <sup>-3</sup>			
0-20	18	8	10	46	36	5,9	1,06	2,60	0,67	0,13	0,54
20-40	16	6	10	49	35	5,6	1,13	2,67	0,63	0,08	0,55

AT: areia total; AG: areia grossa; AF: areia fina; DMP: diâmetro médio ponderado; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partículas; Pt: porosidade total; Mac: Macroporosidade; Mic: Microporosidade.

Observa-se que o solo tem predomínio de frações finas com percentuais de argila de 46 e 49 dag kg<sup>-1</sup> e de silte de 36 e 35 dag kg<sup>-1</sup> nas camadas de 0-20 e 20 a 40 cm, respectivamente. Com isso, o volume de microporos e da porosidade total é elevado. A estabilidade de agregados do Nitossolo foi elevada, já que variou de 5,6 a 5,9 mm, numa escala que varia de 0,12 a 6,3 mm.

Quanto aos atributos químicos, o solo apresenta pH (água) moderada, em função de práticas de manejo como a calagem. O solo apresenta altos teores de Ca<sup>2+</sup> e de Mg<sup>2+</sup>, com CTC média, com o cátion Ca<sup>2+</sup> ocupando maior parte do complexo de troca. O solo apresenta saturação por bases superior a 50%, sendo correspondente aos valores de pH encontrados, reflexo das práticas de manejo realizados no parreiral. Com teores médios de matéria orgânica e concentração de P alto no horizonte superficial como consequência do aporte de matéria orgânica, e baixo em subsuperfície pelo declínio da mesma (CQFS, 2016), (Tabela 2).

Tabela 2 – Atributos químicos do NITOSSOLO BRUNO na vinícola Suzin no município de São Joaquim- SC.

Prof. (cm)	pH H <sub>2</sub> O	CE dS m <sup>-1</sup>	Complexo Sortivo						V <sup>3</sup> %	M.O g/kg	P mg/kg		
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SB <sup>1</sup> cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	AL <sup>3+</sup>	H+AL	CTC <sup>2</sup>			
0-20	6,0	0,32	8,4	3,0	0,05	0,3	11,8	0,05	4,8	16,7	71	39	11
20-40	5,8	0,20	5,9	2,2	0,05	0,2	8,35	0,13	5,7	14,0	59	34	5

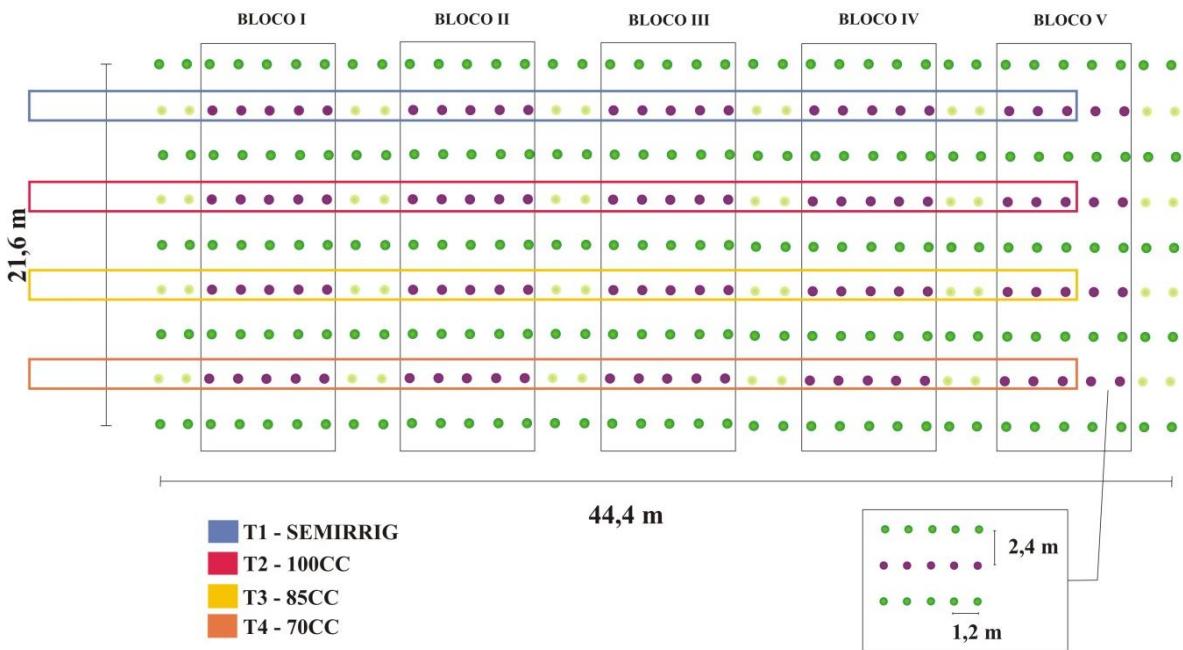
<sup>(1)</sup> Soma de bases, <sup>(2)</sup> Capacidade de troca de cátions, <sup>(3)</sup> Saturação por bases.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O estudo foi realizado nas safras de 2015/2016 e 2016/2017 e compreendeu quatro tratamentos, conduzido na fase de maturação da cultura da uva (*Pós-Veraison*). Os tratamentos envolvendo lâminas de irrigação foram calculados com base na umidade volumétrica atual do solo e em níveis baseados na capacidade de campo.

A umidade do solo foi mantida em três diferentes níveis em relação a capacidade de campo do solo e um tratamento adicional, sem irrigação, correspondente a precipitação ocorrida na safra. A irrigação foi iniciada na fase de maturação e controlada semanalmente até a colheita. Para evitar a infiltração da água da precipitação o solo foi mantido coberto com lona plástica preta. O experimento foi em delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições (Figura 4).

Figura 4 – Desenho esquemático da distribuição dos tratamentos na unidade experimental, São Joaquim- SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

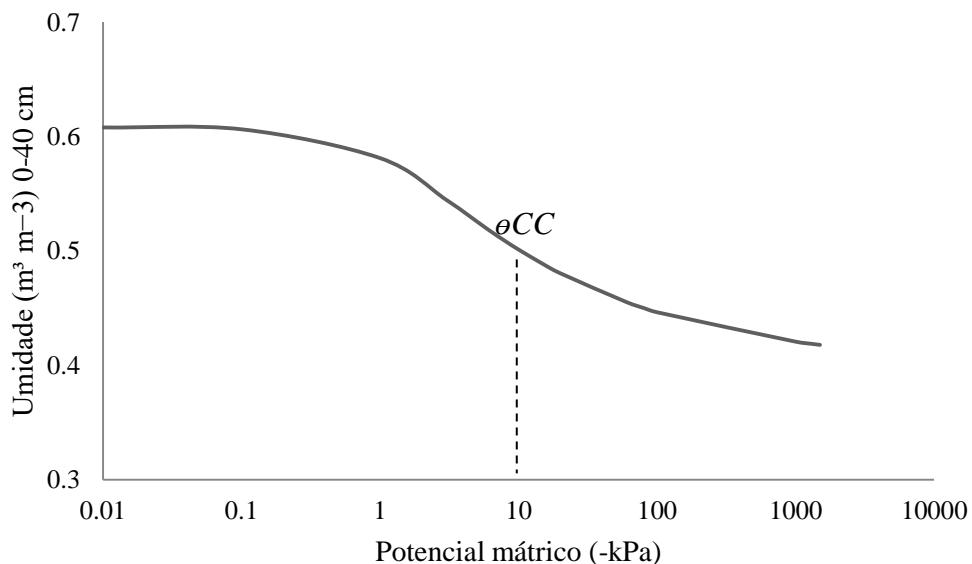
Em uma área de 959 m<sup>2</sup> foram alocados cinco blocos para controlar a variação do solo na área. Entre cada bloco foi deixado um espaço de 2,4 m, correspondente a duas plantas de uva. Em cada bloco foram alocadas as quatro parcelas experimentais com os tratamentos. Cada parcela foi composta por cinco plantas espaçadas entre si 1,2 m. O espaçamento das plantas foi de 1,2 x 2,4, totalizando aproximadamente 3500 plantas/ha com 100 plantas na área experimental.

### 3.3. DEFINIÇÃO DOS TRATAMENTOS E DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO

Os tratamentos foram definidos com base na capacidade de campo (a -10 kPa) do Nitossolo que é de  $0,53\text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (Figura 5). Foram estabelecidos percentuais de 100, 85 e 70% da capacidade de campo do solo. Assim, a umidade volumétrica planejada para definição e estabelecimento dos tratamentos a campo foram de:

- sem irrigação – corresponde a precipitação normal da safra;
- $0,53 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para o tratamento de 100% da capacidade de campo;
- $0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para o tratamento de 85% da capacidade de campo;
- $0,37 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para o tratamento de 70% da capacidade de campo.

Figura 5 – Curva de retenção de água no solo. Vinícola Suzin, São Joaquim- SC. A linha tracejada na vertical indica a umidade do solo na capacidade de campo na tensão de 10kPa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

### 3.4 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

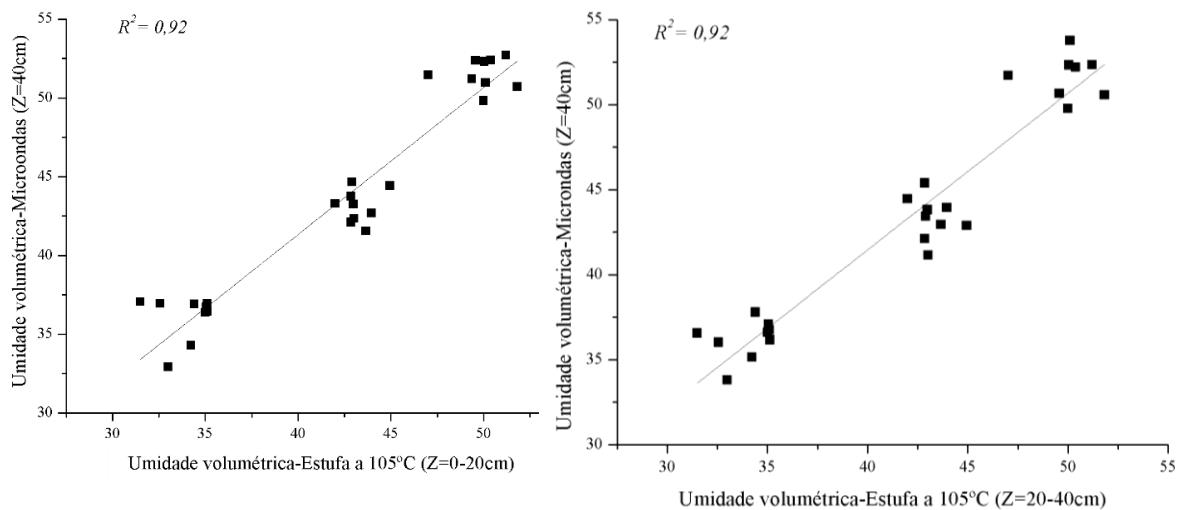
Neste estudo foi utilizado o microondas para as determinações da umidade do solo a campo, para determinar a lâmina de irrigação de reposição de cada tratamento.

Semanalmente, foram coletadas subamostras de  $\geq 30$  gramas, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em duas repetições por parcela. As subamostras foram homogenizadas, formando

uma amostra composta de  $\approx 60$  gramas (APÊNDICE – E). O material foi submetido à radiação eletromagnética no microondas, a alta potência, por 8 minutos. Após o resfriamento da amostra, o material foi pesado, e em seguida calculado o percentual de umidade com base em volume. A partir disso, foi estabelecida a lâmina de reposição de água dos tratamentos com níveis de umidade (APÊNDICE – F).

Foi realizada a correlação de Pearson entre os métodos de determinação da umidade: Microondas x Estufa a 105°C. Na figura 6, é possível observar que existe concordância entre a umidade estimada pelo método do forno microondas em relação ao método padrão de estufa-105°C. Isso pode ser comprovado pelo elevado valor do  $R^2$  (0,92).

Figura 6 – Correlação de Pearson entre os métodos de secagem de solo: Método da estufa a 105°C x método de Microondas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Com esta informação e, considerando o volume de solo a ser irrigado, foi calculada a lâmina de água aplicada. O volume de solo entre plantas a ser irrigado foi de  $0,48 \text{ m}^3$ , no qual foi estabelecida com base na profundidade do sistema radicular da uva ( $Z=0,4 \text{ m}$ ), largura unilateral (1 m) da lona plástica preta (conforme definido abaixo) e pelo espaçamento entre plantas (1,20 m):

$$Volume_{solo} = 0,4 \times 1 \times 1,2$$

$$Volume_{solo} = 0,48 \text{ m}^3$$

Eq (1)

O tempo de irrigação foi calculado para cada aplicação, de acordo com a umidade determinada no dia da coleta. Para isso foram utilizadas estas equações:

$$LB = \frac{\left( \frac{U_{Trat} - U_{coleta}}{10} \right) * Z}{Efic.}$$

Eq (2)

$$T = \left( \frac{LB * E_e * E_l}{q_e} \right)$$

Eq (3)

Onde:

*LB*: Lâmina bruta (mm)

*U<sub>Trat</sub>*: Umidade estabelecida pelo tratamento (%)

*U<sub>coleta</sub>*: Umidade no dia da coleta (%)

*Z*: Profundidade do sistema radicular da videira (cm)

*T*: Tempo de irrigação (horas)

*Efic.*: Eficiência do Sistema (%)

*E<sub>e</sub>*: Espaçamento entre emissores (m)

*E<sub>l</sub>*: Espaçamento entre linhas (m)

*q<sub>e</sub>*: Vazão do emissor (L/h)

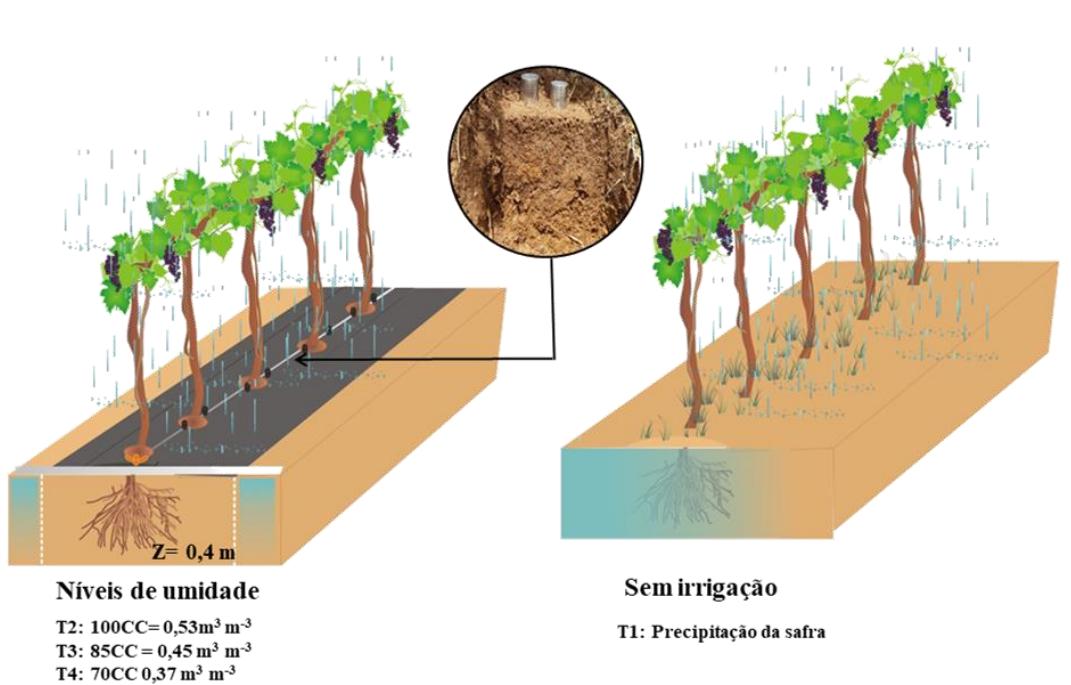
O controle da umidade do solo nas linhas de cultivo foi feito por meio da cobertura do solo com lona plástica (estilo mulching preto), a fim de evitar a infiltração de água oriunda de eventos pluviométricos durante a fase de maturação, conforme a ilustração adiante (Figura 7). Cada fileira correspondente ao tratamento com níveis de umidade foi isolada com lona plástica preta. A lona plástica utilizada para recobrir o solo tem espessura média de 150 micra e coloração preta (Figura 8).

Foi coberto uma área de 40 metros de extensão longitudinal a linha de cultivo e as laterais foram cobertas com 1 metro para cada lado. Foram colocadas duas faixas partindo do centro da planta, sobrepondo-se em duas camadas de lona, de forma a isolar o encaixe da planta, totalizando assim uma área coberta de 2 metros de largura. Procedeu-se as bordaduras, com enterro da lona com solo para evitar sua remoção com o vento (Figura 9).

Foi realizado o monitoramento da temperatura do solo a fim de observar o efeito da cobertura plástica. O tratamento SEMIIRIG, com ausência da cobertura plástica, apresentou

diferença de  $\geq 1^{\circ}\text{C}$  na temperatura do solo em relação aos tratamentos cobertos (100CC, 85CC e 70CC). Essa dinâmica de temperatura foi observada durante quatro avaliações que foram realizadas da maturação até a colheita (16, 23, 30 de março e 04 de abril) SEMIRRIG ( $\geq 19,9^{\circ}\text{C}$ ) e 100CC, 85CC e 70CC ( $\geq 21,4^{\circ}\text{C}$ ) em épocas mais quentes. No fim do ciclo, na data de 04 de abril, foram registradas temperaturas do solo mais baixas, SEMIRRIG ( $\geq 17,6^{\circ}\text{C}$ ) e 100CC, 85CC e 70CC ( $18,9^{\circ}\text{C}$ ).

Figura 7 – Esquema representativo da cobertura do solo feito com a lona plástica para restringir a entrada de água da chuva. Tratamento= Solo com lona, SEMIRRIG= solo sem lona.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 8 – Lona plástica preta utilizada para cobrir o solo das parcelas experimentais com níveis de umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 9 – Ilustração da área experimental com os tratamentos de níveis de umidade isolado com lona plástica preta e sistema de gotejamento em subsuperfície. São Joaquim-SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

### 3.5 MONITORAMENTO DA UMIDADE

A umidade do solo nos tratamentos foi monitorada nos períodos de 16 de novembro de 2015 até a colheita, 05 de abril de 2016, e de 11 de novembro de 2016 até a colheita, 08 de abril de 2017. Em ambas as safras o método abordado para quantificação da umidade foi através do método gravimétrico com auxílio de Estufa a 105 °C, comumente usado para secagem de solo em laboratório. O método de secagem no microondas foi usado apenas para secar as amostras em campo com a finalidade específica de calcular a lâmina de irrigação.

Em ambas as safras, em meados de novembro foi iniciado monitoramento de água no solo, desde então, semanalmente foram coletadas amostras de solo em duas camadas (0-20 e 20-40) com duas repetições por parcela. Com a determinação da densidade do solo foi calculada a umidade volumétrica.

Por ocasião da mudança de cor os níveis de umidade foram estabelecidos com a implantação da lona e restrição de água oriunda de eventos chuvosos. A reposição de água

sob a lona foi realizada por meio da irrigação por gotejamento com base na lâmina de água calculada através da determinação da umidade a campo pelo método de microondas. A umidade foi quantificada em duas camadas (0-20 e 20-40 cm) do solo, nas quais, fez-se a subtração do volume de água existente no solo pelo conteúdo em déficit com base no volume planejado. Assim, o método de microondas apresentou esta dinâmica de umidade no solo durante todo o período de monitoramento (**APÊNDICE – G**).

### 3.6 ANÁLISES NAS UVAS

Foram realizadas avaliações nas bagas durante a fase de maturação da uva e ao término do experimento por ocasião da colheita. A curva de maturação foi realizada aproximadamente aos 37 dias após a mudança de cor em ambas as safras, na qual foram selecionadas semanalmente a partir dessa data 50 bagas/parcela de tratamento das quais foram conduzidas avaliações de Brix e Acidez total.

Por ocasião da colheita foram coletados 5 cachos por parcela, acondicionados em sacos plásticos, armazenados em caixas plásticas e levadas ao Laboratório do Núcleo de Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages (NUTA) para as análises físicas, físico-químicas e os componentes fenólicos.

#### 3.6.1 Análises físicas na uva

As análises físicas avaliadas foram: massa do cacho (MASSC), massa da ráquis (MASSR), massa de 100 bagas (MASS<sub>100B</sub>), número de bagas por cacho (NBAC), comprimento do cacho (COMPC) e diâmetro da baga (DIAMB) e índice de compactação (IC) e número de cachos (NCACHOS) (Figura 10).

Figura 10 – Ilustração de avaliação das características físicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas sob níveis de umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A massa do cacho, massa da ráquis e a massa de 100 bagas foram determinadas com o uso de balança analítica com precisão de 0,01 g. O comprimento do cacho foi determinado com o uso de uma régua graduada em milímetros. O diâmetro médio das bagas foi realizado com régua graduada mensurando a largura média de 10 bagas. O índice de compactação foi obtido pela razão número de bagas por comprimento do cacho. Para contagem dos cachos foram selecionadas duas plantas por parcela. A produtividade das safras foi estimada pelo número de cachos por planta e pela massa média dos cachos, multiplicada pelo número de plantas por hectare.

### 3.6.2 Análises físico-química na uva

As análises físico-químicas avaliadas foram: sólidos solúveis ( $^{\circ}\text{BRIX}$ ), acidez total (AT) e potencial de hidrogênio (pH) (Figura 11).

A partir do mosto das bagas foi determinado o teor de sólidos solúveis (SS) utilizando um refratômetro digital para açúcar modelo ITREFD-45 e os resultados expressos em  $^{\circ}\text{Brix}$ , com base nos principais carboidratos presentes nos vacúolos celulares das bagas D-glicose e D-frutose, segundo metodologia proposta por Amarine (1976) e Ribéreau-Gayon et al. (1998).

Figura 11 – Avaliação das características físico-químicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas sob níveis de umidade em NITOSSOLO BRUNO distroférrico típico.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Para determinação da acidez foi feita a titulação do mosto com solução alcalina padronizada de Hidróxido de Sódio 0,1N e como indicador azul de bromotimol, o qual vira a pH<sub>7</sub>, como previsto na metodologia proposta por Ribéreau-Gayon et al. (1998), e os resultados foram expressos em meq L<sup>-1</sup>.

Para determinação do pH, foi utilizado um potenciômetro digital, equipado com eletródo de vidro e calibrado com solução-padrão de pH 3 e pH 4 (MIELE; RIZZON, 2006).

### 3.6.3 Variáveis de maturação fenólica

Os componentes fenólicos avaliados foram: polifenóis totais (PT), antocianinas (ANT), e a partir dos procedimentos também foram determinados atributos de cor como: Tonalidade (TON) e Intensidade (INT), tanto para o mosto da uva quanto para o vinho. Para a extração das cascas, foram pesadas 40g de cascas frescas e colocadas num frasco Erlenmeyer. Neste recipiente, foram adicionados 16 ml de uma solução de álcool metílico 50% vv<sup>-1</sup>. Os frascos foram vedados com papel filme e permaneceram em BOD à temperatura de 30°C ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) durante 24 horas. Após este período, o extrato “a quente” foi separado em frasco de vidro (Figura 12).

Figura 12 – Ilustração dos procedimentos de extração de cascas para determinação de antocianinas e polifenóis da uva ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas sob níveis de umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nas cascas, após a separação foram adicionados 4 ml da solução de metanol, para lavagem das cascas, e este volume também foi adicionado ao frasco com o extrato pronto. Em seguida, mais 16 ml de solução hidroalcoólica foram adicionados aos Erlenmeyers, para então as cascas passarem pela extração a frio, em BOD a 0°C ( $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ), por 24 horas. Após esta extração, o extrato “a frio” foi homogeneizado com o extrato a quente, repetindo-se o enxágue das cascas. Ao final do processo, obteve-se aproximadamente 40 ml para cada amostra.

O extrato obtido passou pelas análises de polifenóis totais, antocianinas totais, tonalidade e intensidade de cor, de acordo com as metodologias abaixo:

1 Polifenóis totais: Conforme metodologia de Singleton e Rossi (1965), que utiliza o reagente de Folin-Ciocalteau e uma curva de calibração com ácido gálico. Para a construção da curva de calibração, 1g de ácido gálico foi secada em estufa a 105°C por 2 horas. Após a secagem, foram elaboradas soluções com as concentrações de 100, 200, 300, 400, 500, 600 e 1000 mg L<sup>-1</sup> de ácido gálico, utilizando-se balança analítica e balões volumétricos de 10 ml. Em seguida, reagiram com o Folin-Ciocalteau.

Em um tubo de ensaio, foi adicionado 7,9 mL de água destilada, 0,1 mL da solução padrão, 0,50 mL do reagente de Folin-Ciocalteau, e após 3 minutos, 1,50 mL de solução de

carbonato de sódio a 20%. As amostras foram homogeneizadas e permaneceram no escuro por 2 horas, para completar a reação. Após 2 horas foram realizadas as leituras da absorbância das amostras em espectrofotômetro, em um comprimento de onda de 760 nm.

Para as leituras obtidas, foi ajustada a curva de regressão linear. As leituras obtidas com os extratos foram interpoladas na curva padrão, e os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico L<sup>-1</sup>.

2 Antocianinas totais: Conforme metodologia descrita por Ribéreau-Gayon (1998). O método químico é baseado na propriedade característica das antocianinas, que variam sua cor de acordo com o pH. O método mensura a diferença da densidade óptica na absorbância da onda de 520 nm,  $\Delta d' = d'1 - d'2$ , em uma cubeta de quartzo de 10,01 mm de percurso óptico. Este método prevê a preparação das amostras para leitura em espectrofotômetro d'1 e d'2. A primeira amostra (d'1), é composta por 1 mL de solução extrato, 1 mL de etanol, 0,1% HCl e 10 mL de HCl 2% (pH = 1), A segunda (d'2) contém 1 mL de solução extrato, 1 mL de etanol 0,1% HCl e 10 mL de solução tampão (pH = 3,5), Mediante a fórmula AE (mg L<sup>-1</sup>) = 388\*  $\Delta d'$ , obtém-se a quantidade de antocianinas extraíveis em mg L<sup>-1</sup> (O mesmo procedimento foi realizado para o vinho).

3 Intensidade de cor: As análises referentes à cor dos extratos foram efetuadas segundo Iland et al. (2004). O extrato foi diluído na proporção 1:10 e analisado em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 420, 520 e 620 nm. A intensidade de cor foi obtida através da fórmula  $Abs420 + Abs520 + Abs620$  e a tonalidade obtida pela razão  $Abs420 / Abs520$  (O mesmo procedimento foi realizado para o vinho).

### 3.7 MICROVINIFICAÇÕES

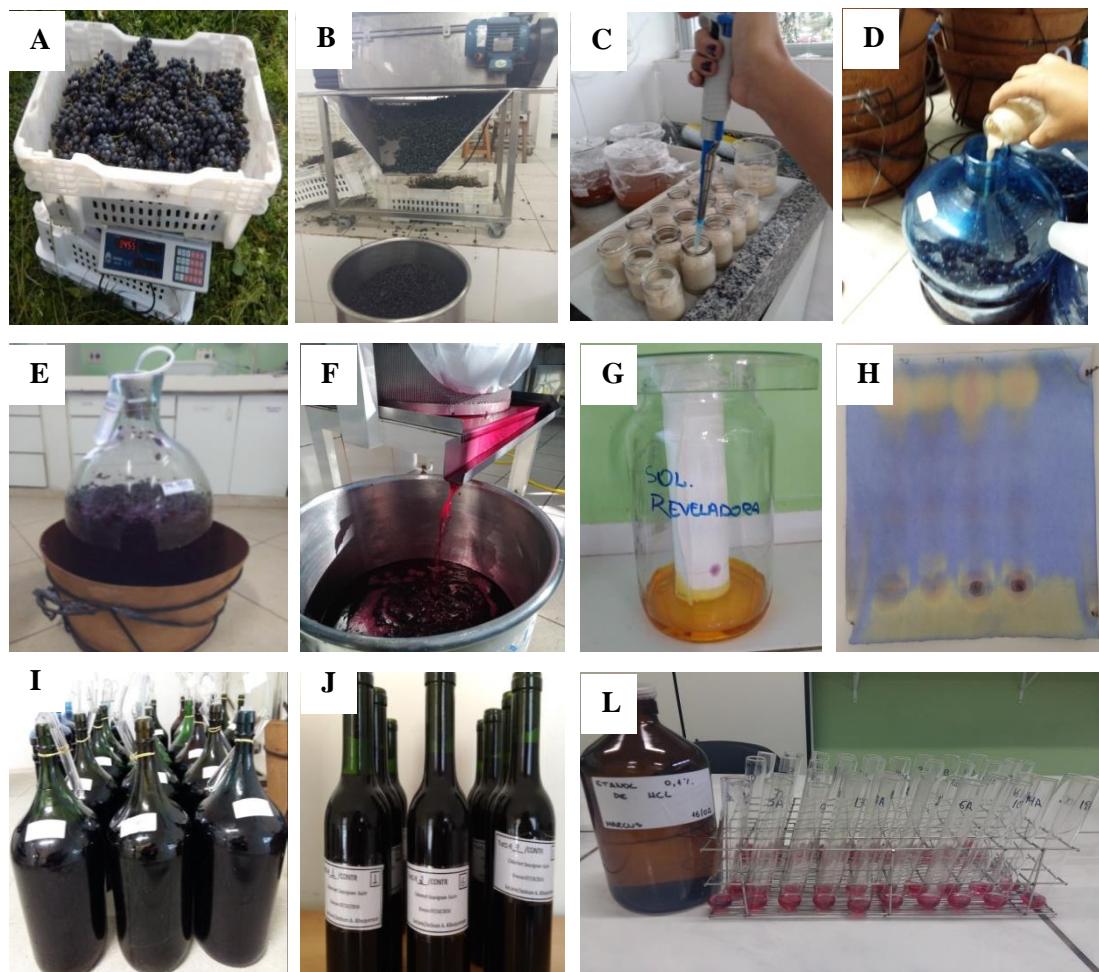
No momento da colheita da uva na área experimental, foram coletados 30 kg de uva por tratamento a fim de realizar as microvinificações. As microvinificações foram realizadas na Cantina experimental do CAV/UDESC. As amostras passaram por desengaçadeira, separando-se as bagas das ráquis. Cada amostra de 30 kg de uva foi dividida em três repetições que foram submetidas a fermentadores adaptados com batoque hidráulico, nos quais foram adicionados metabissulfito de potássio na concentração de 0,12 g kg<sup>-1</sup>, enzimas pectolíticas (0,02 g kg<sup>-1</sup>) e leveduras secas ativas (*Saccharomyces cerevisiae*) na proporção de 0,20 g L<sup>-1</sup>. O tempo de maceração foi de 7 dias, com duas remontagens diárias.

A fermentação alcoólica ocorreu em uma sala climatizada com temperatura controlada. O vinho foi trasfegado 4 vezes, até que se observou o fim da fermentação malolática. Finalizada a fermentação malolática, os vinhos foram armazenados em câmara fria a  $0^{\circ}\text{C} + 1^{\circ}\text{C}$  por 21 dias para estabilização tartárica. Então foram filtrados e envasados em garrafas de 750 mL. Neste momento, foram retiradas amostras que foram congeladas em ultrafreezer a  $-80^{\circ}\text{C}$  para serem posteriormente analisadas. Todos os procedimentos estão ilustrados na Figura 13.

A quantificação dos parâmetros físico-químicos, compostos fenólicos e atributos de cor do vinho foram realizados seguindo a mesma metodologia indicada para quantificação e determinação do mosto da uva.

A quantificação do índice de polifenóis totais (280nm) (IPT) foi realizada conforme metodologia de Ribéreau-Gayon et al. (1998) e Glories (1998).

Figura 13 – Ilustração dos procedimentos de microvinificação e análises do vinho da uva ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas sob níveis de umidade. (A- Colheita; B- Desengace; C e D- Pé de cuba; E- Fermentação alcoolica; F- Pressagem da baga; G e H- Fermentação malolática; I- Estabilização tartárica; J- Envase; L- Amostragem para análises do vinho.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

### 3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS

As análises estatísticas foram realizadas com o software estatístico SAS versão 9.4. Os atributos de características físicas da uva, físico-químicas do mosto e vinho, componentes de rendimento, foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-wilk e análise de variância (ANOVA). Comparações de médias entre os tratamentos foram realizadas usando o teste de Tukey com nível de significância ( $P < 0,05$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

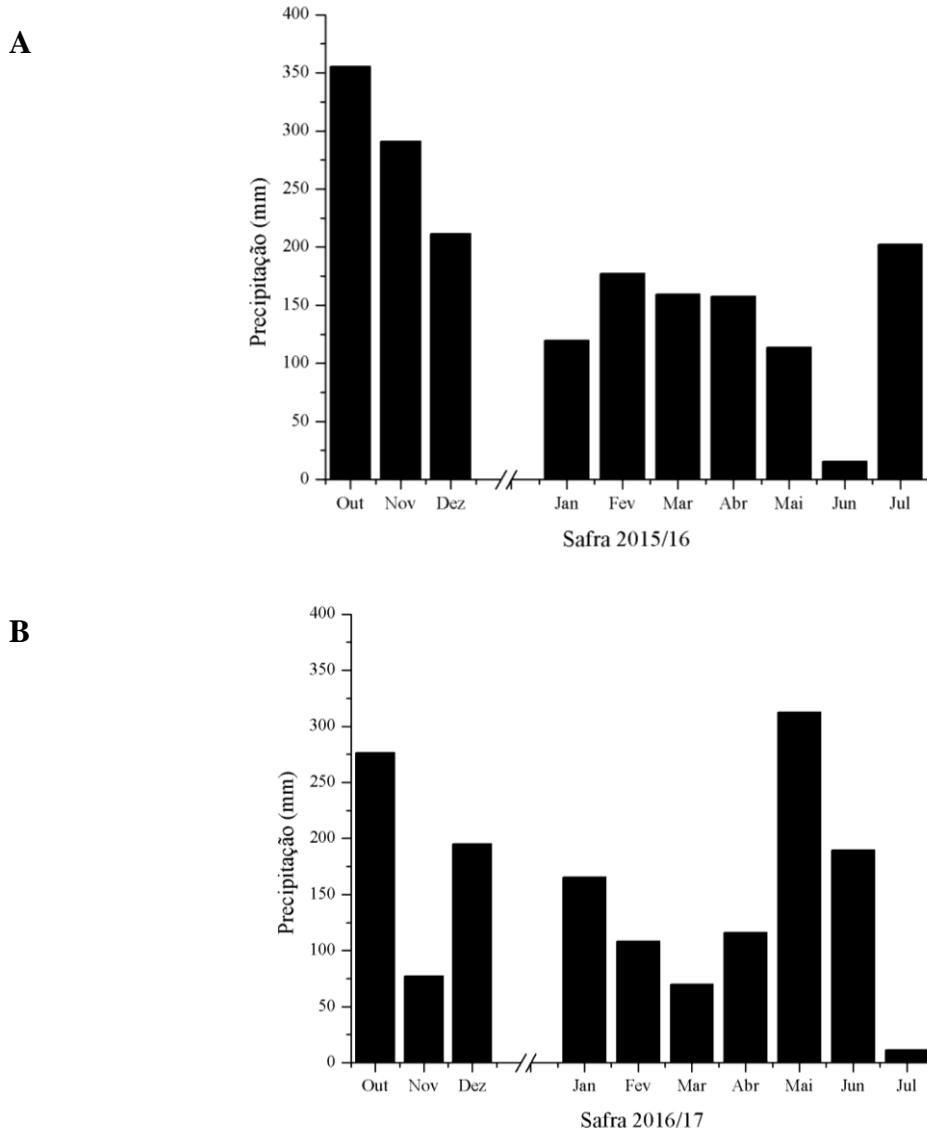
### 4.1 REGIME DE CHUVAS DURANTE O EXPERIMENTO

A distribuição de chuvas durante os dois anos de experimento ocorreu de forma distinta entre as safras. Na safra de 2015/16 as maiores precipitações ocorreram nos meses de fevereiro, março e abril, período que coincide com a maturação e a colheita (Figura 14-A). Entretanto, na safra 2016/17, maior precipitação foi observada em janeiro, com redução gradativa até março e aumento novamente em abril (Figura 14-B). Em ambas as safras, o ano antecedente a colheita, 2015 e 2016, o volume das chuvas foi elevado nos meses de outubro e dezembro. Em 2016, no mês de novembro o volume acumulado foi inferior a 100 mm enquanto o ano anterior (2015) o mês de novembro acumulou superior a 250 mm.

Na safra de 2015/16 a mudança de cor da uva ocorreu por volta do dia 22 de janeiro após 11 dias sem registro de chuvas. Após isso, houve chuvas constantes e uma com elevado volume, com um pico superior a 80 mm, sendo este caracterizado pelo maior evento de chuva do trimestre de maturação da uva. Nos demais dias houve distribuição frequente com registros inferiores a 25 mm no mês de fevereiro. No mês de março houve um aumento no volume das chuvas (superiores a 30 mm), porém com eventos mais espaçados. A colheita ocorreu no dia 5 de abril de 2016 com baixo volume de chuvas (<10 mm) registrado nos dias que antecederam a colheita. Nessa safra após a mudança de cor da baga houve 36 dias com chuvas, totalizando 412 mm até a colheita (Figura 15-D).

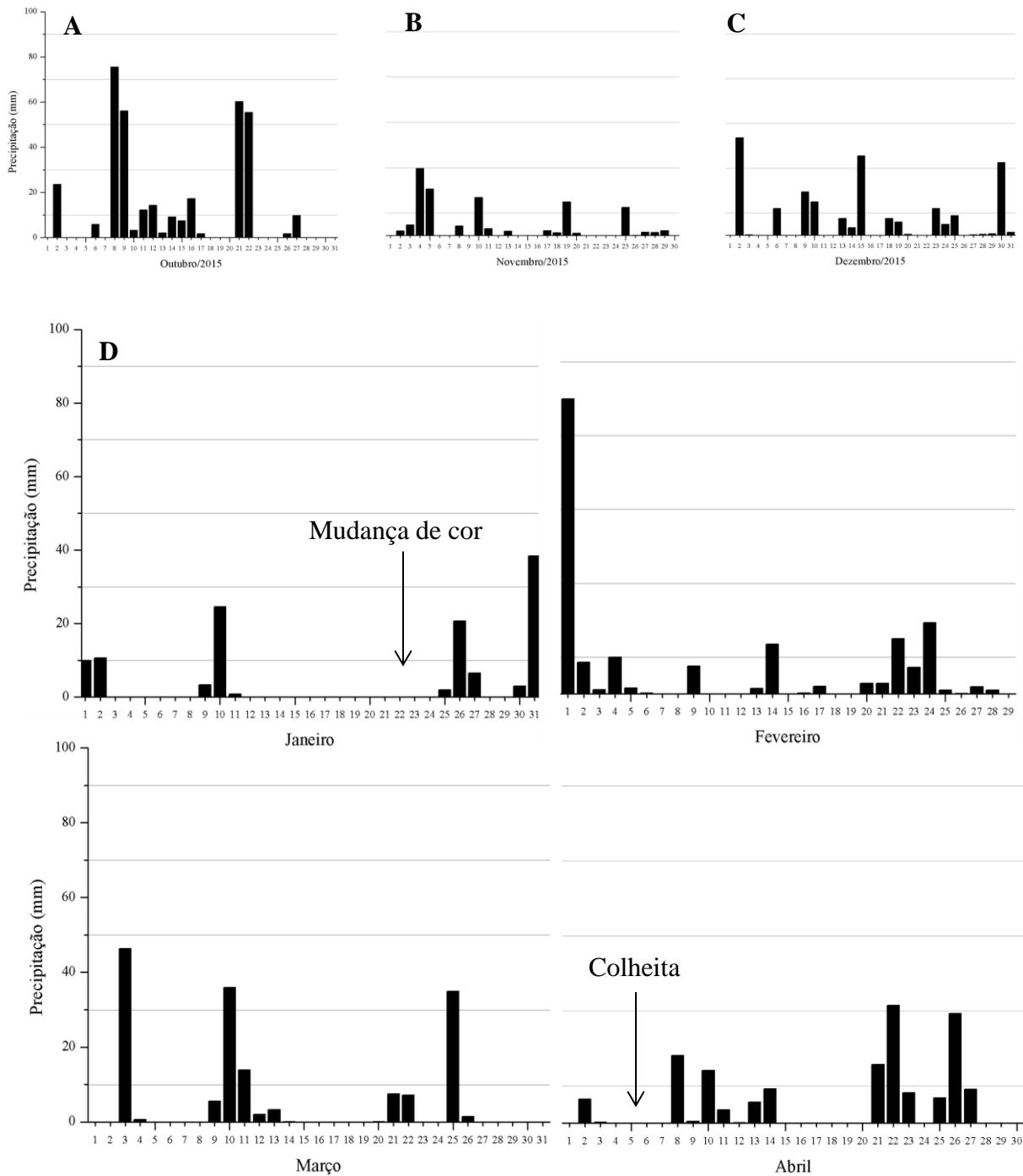
Na safra 2016/17 a mudança de cor ocorreu no dia 24 de janeiro. Antes da mudança de cor ocorreram 11 eventos de chuvas, dos quais a maioria foi superior a 10 mm, com dois picos próximos a 30 mm. Houve um decréscimo das chuvas nos meses de fevereiro e março. A colheita ocorreu no dia 8 de abril, três dias após ter ocorrido uma chuva volumosa de 56 mm. Desta forma a safra 2016/17, foi caracterizada com menor regime hídrico em relação a safra anterior. Após a mudança de cor da baga houveram 32 dias com chuvas, acumulando o total de 265 mm até a colheita (Figura 16-D), portanto inferior ao volume da safra anterior.

Figura 14 – Precipitação mensal acumulada para município de São Joaquim-SC referente a safra de 2015/16 e 2016/17, respectivamente.



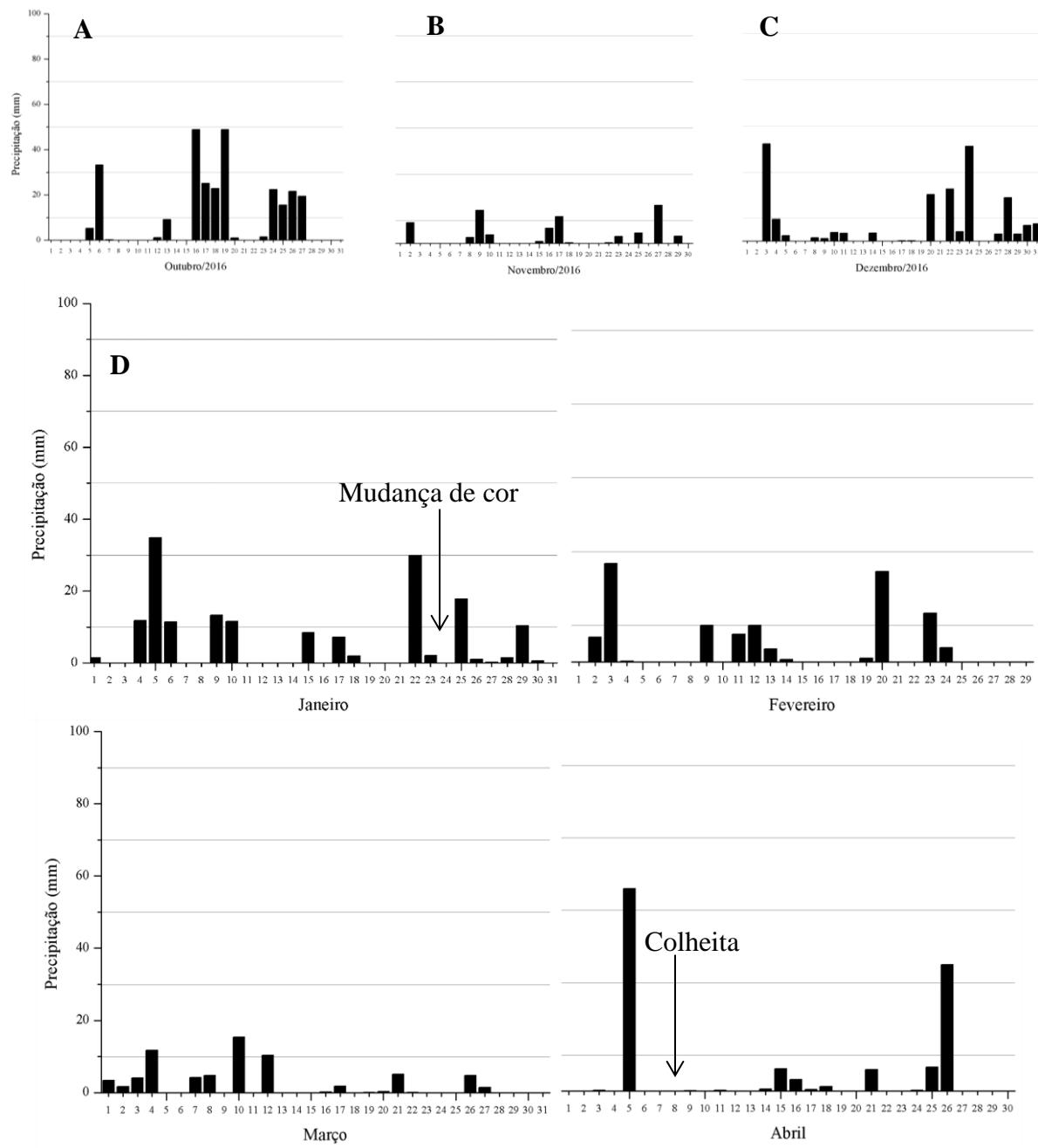
Fonte: Adaptado de EPAGRI/CIRAM (2018).

Figura 15 – Precipitação diária do período de janeiro (mudança de cor) a abril (Colheita) para município de São Joaquim-SC referente a safra de 2015/16.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018, EPAGRI/CIRAM.

Figura 16 – Precipitação diária do período de janeiro (mudança de cor) a abril Colheita) para município de São Joaquim-SC referente a safra de 2016/17.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018, EPAGRI/CIRAM.

## 4.2 UMIDADE DO SOLO

A umidade do solo determinada pelo método da estufa é mostrada na Figura 17. É importante destacar que estas determinações foram realizadas antes da irrigação, sendo assim, o solo após a irrigação atingia umidade próximo do planejado em cada nível estabelecido nos tratamentos. Após a irrigação, a umidade diminuía até atingir os valores apresentados na figura 17.

No período que antecedeu o controle da umidade do solo com a lona plástica, se observa uma variação influenciada pelas precipitações que ocorreram no período de outubro a dezembro antecedente ao ano de colheita (Figura 15 – A B e C) na safra 2015/16 e (Figura 16 – A, B e C) na safra 2016/17.

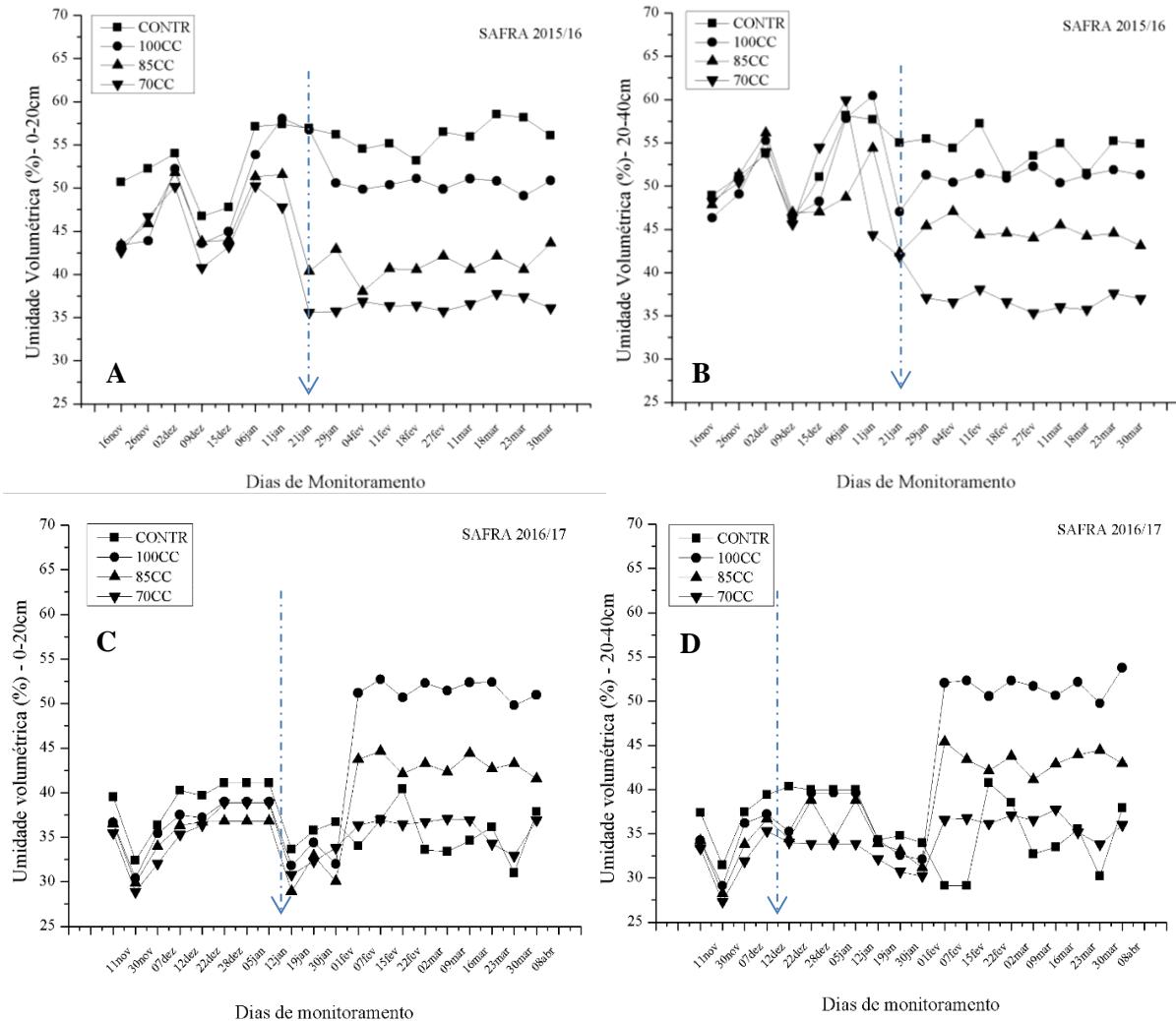
Em função das diferentes condições meteorológicas entre as safras, a umidade do solo antes da colocação da lona diferiu entre as safras. E para o tratamento SEMIRRIG, estas diferenças ocorreram na umidade após a colocação da lona (100CC, 85CC e 70CC), já que neste tratamento a umidade do solo decorria da precipitação pluviométrica da safra.

Para a safra 2015/16 o volume de chuva do mês de novembro e dezembro, antes da implantação da lona, foi de 503 mm, maior que nos mesmos referidos meses de 2016, que somou 273 mm. Nos meses da colheita, de ambas as safras, de janeiro a março de 2016 o volume de chuvas foi de 457 mm e em 2017 foi de 344 mm (Figura 15-D e 16-D, respectivamente).

Diante de tais circunstâncias, na safra de 2015/16 o gráfico de monitoramento de umidade evidencia que o tratamento sem irrigação apresentou umidade do solo superior ao maior nível estabelecido para o tratamento (100CC), ou seja, a umidade natural da área experimental, para aquela safra, superou a umidade da capacidade de campo do solo em alguns períodos, proporcionando a esse tratamento uma condição de excedente hídrico (Figura 19 – A e B).

A razão disto é em função do elevado regime de chuva desta safra, pois conforme o gráfico de distribuição de chuvas no ano de 2015 (Figura 15 – A, B e C), nota-se que houve eventos volumosos de chuvas de outubro a dezembro, contribuindo para o incremento da umidade no solo e manutenção destas com os eventos ocorridos de janeiro a abril, quando se deu a colheita.

Figura 17 – Monitoramento da umidade volumétrica do solo nas unidades experimentais no período de novembro a abril antes da implantação dos tratamentos e após a implantação dos níveis de umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Na safra 2016/17 o volume de chuva foi menor, com isso o tratamento sem irrigação teve menor umidade do solo do que os tratamentos com níveis de umidade (Figura 17 – C e D). Para essa condição, foi possível observar que, uma menor disponibilidade no volume de precipitação diminuiu a disponibilidade de água no solo, fazendo com que os tratamentos com níveis de umidade estabelecidos obtivessem umidade superior a condição natural de pluviosidade do ano corrente (2017). Possivelmente esse efeito de seca foi proporcionado também pelo período de seca que houve no mês de novembro (Figura 16 – B). Dessa forma, é possível observar na Figura 17 – C e D, que o tratamento sem irrigação por vezes atingiu umidade inferior ao tratamento com menor nível de umidade do solo (70CC -  $0,37 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ), estando estes já abaixo do ponto de murcha permanente do solo, com conteúdo de água

limitante, próximo de  $0,40 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ . Posto isso, a variação climática das safras possibilitou estudar duas condições distintas, com excedentes hídricos em 2015/16 (SEMIRRIG) e baixa disponibilidade de água em 2016/17 (SEMIRRIG).

#### 4.3 ANÁLISES FÍSICAS DA UVA

A análise de variância apresentada na Tabela 3 demonstra que na safra 2015/16, apenas o IC e DIAMB não diferiram com os níveis de umidade do solo, e na safra de 2016/17 foi verificada ausência de resposta para os componentes COMPC, MASSAC e MASSAR.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para as características físicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade cultivadas no município de São Joaquim-SC.

Fonte de Variação	Valor do F						
	Safra 2015/16						
COMPC	DIAMB	MASSAC	MASSAR	NBAC	IC		
Tratamento	*	ns	*	*	*	Ns	
Bloco	ns	*	ns	*	Ns	*	
CV (%)	13	45	19	19	19	2	
Safra 2016/17							
Tratamento	ns	*	ns	ns	*	*	
Bloco	ns	ns	ns	ns	Ns	Ns	
CV (%)	8	3	17	13	17	14	

COMPC: Comprimento do Cacho; DIAMB: Diâmetro da baga; MASSAC: Massa do cacho; MASSAR: Massa da Ráquis; NBAC: Número de bagas do cacho; IC: Índice de Compactação; \* e ns: Significativo pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ) de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Na safra de 2015/16 os níveis de umidade do solo alteraram as características físicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’, mas não alteraram o diâmetro de bagas e o índice de compactação (Figura 18-B e F). Em relação ao SEMIRRIG, o comprimento, a massa da ráquis e a massa dos cachos foram maiores nos tratamentos 100CC e 85CC. O 100CC também teve maior número de bagas. O tratamento 70CC diferiu do SEMIRRIG apenas para massa da ráquis. Ao comparar os três níveis de umidade do solo (70CC, 85CC e 100CC) entre si, o tratamento 100CC teve maior comprimento do cacho, massa do cacho, massa da ráquis e número de bagas do que o 70CC. De maneira geral, o tratamento 85CC teve comportamento intermediário em relação ao 70CC e 100CC.

Na safra, o comprimento do cacho, a massa da ráquis, a massa dos cachos e número de bagas foram maiores no 100CC, possivelmente devido a maior disponibilidade de água no solo, contribuindo para manutenção e absorção de água pela baga e por consequência aumentando estes atributos. Estes mesmos atributos no SEMIRRIG em relação ao 100CC

foram menos expressivos, possivelmente, por danos oriundos do excesso de umidade do solo, visto que nessa safra a umidade do solo foi superior a capacidade de campo do solo ( $> 0,53 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), proporcionando perdas pelo efeito de rachaduras nas bagas (cracking) e ação de fitopatógenos.

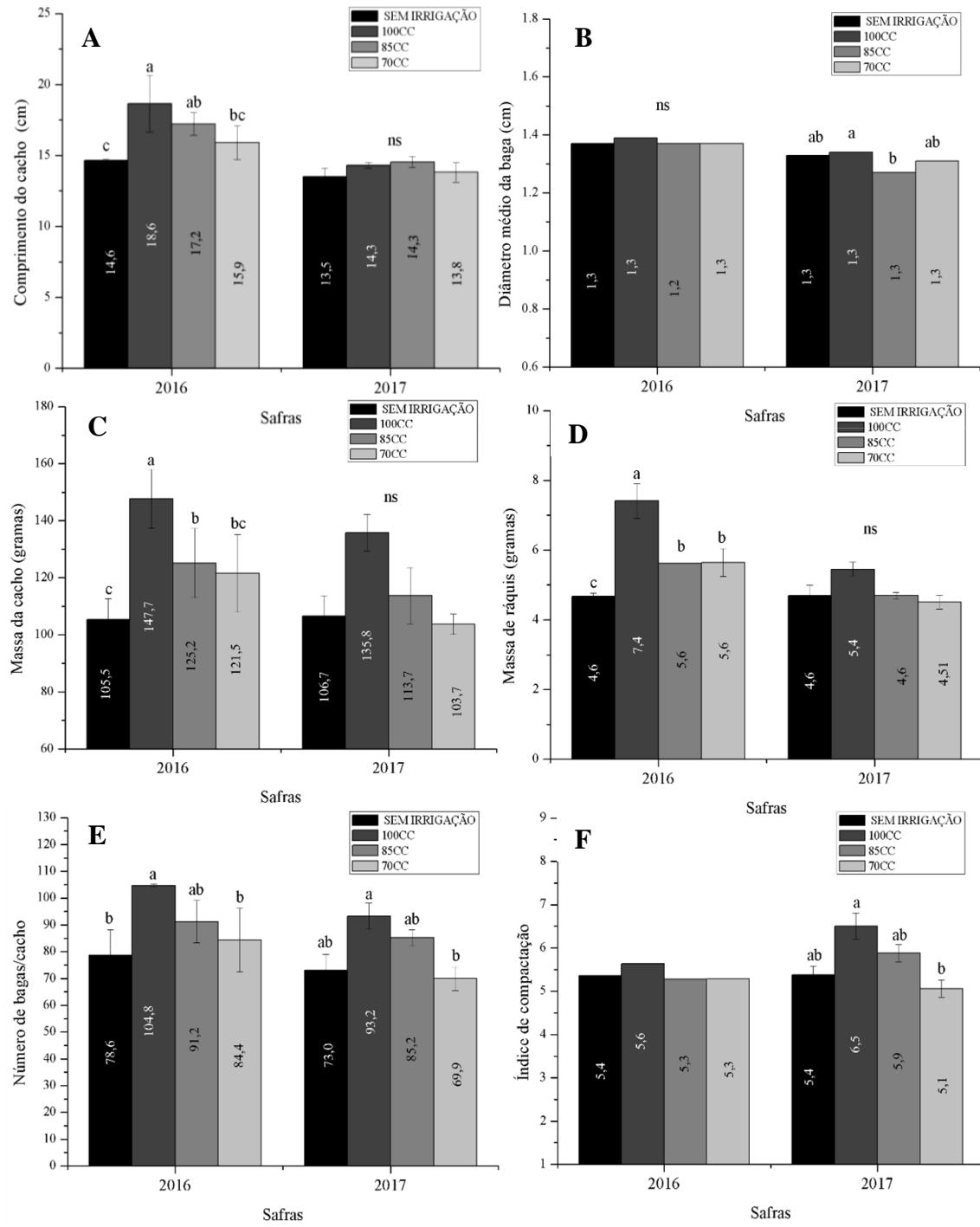
Na safra 2016/17 os níveis de umidade expressaram respostas nas características DIAMB, NBAC e IC. Para a variável DIAMB, o tratamento 100CC (1,34 cm) diferiu de 85CC (1,27), mas não do 70CC e SEMIRRIG.

Abrisqueta et al. (2016), avaliando o efeito de regimes de irrigação notaram que o componente de produção mais afetada pelo déficit é o peso da baga. Zsófi et al. (2014), observaram que o tamanho das bagas e o peso dos cachos são maiores em tratamentos sem estresse hídrico. Em geral, a literatura ressalta que o principal efeito do estresse hídrico na videira está relacionado à diminuição do tamanho das bagas (VAN LEEUWEN et al., 2009; UBALDE et al., 2010 e BÖHM, 2013), para esta afirmação, os resultados foram coincidentes com as demais pesquisas, pois no nível intermediário de umidade (85CC) constatamos esse efeito de redução, mas não foi constatado esse efeito para o nível mais restrito de 70CC.

Segundo Kennedy et al. (2002), condições de déficit hídrico geralmente resultam em bagas menores e modificação da composição do fruto. Assim, pode se inferir que o tratamento 100CC favoreceu o crescimento da baga em relação ao tratamento 85CC, em que o solo atingiu  $0,47 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de umidade.

De acordo com Ojeda et al. (2001), a restrição de água nestes estádios fenológicos afeta o crescimento celular e reduz o volume da célula. Assim, possivelmente, o 85CC limitou a expansão celular e consequentemente diminui o diâmetro das bagas em relação ao 100CC.

Figura 18 – Características físicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob três níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

De acordo com Mota et al. (2010), o diâmetro das bagas é um dos fatores que determinam a qualidade da uva vinífera, notadamente para elaboração de vinhos tintos. Esse conceito baseia-se no fato de que a razão pele/polpa, aproximadamente esféricas, diminui com

bagas maiores. A importância disto se dá, pois, as antocianinas e outros compostos fenólicos se localizam na casca, assim, bagas menores apresentam maior relação soluto:solvente e, consequentemente, maior probabilidade de extração durante a maceração (CONDE et al., 2007).

A variável número de bagas por cacho (NBAC) coincide com a dinâmica de fisiologia de resposta ao estresse hídrico (Figura 18-E). O número de bagas foi mais elevado no tratamento de 100CC em relação ao 70CC e ao SEMIRRIG em 2016. A maior resistência das bagas aderidas a ráquis se deu principalmente em função do conteúdo de água na planta, por essa razão o 100CC apresentou maior número de bagas por cacho até o final da maturação fisiológica, pois a umidade abundante contribui ativamente para turgescência dos tecidos evitando a perda de bagas por desidratação dos tecidos. Entretanto, a escassez de água no solo no 70CC, possivelmente diminui o potencial celular, afetando a hidratação dos tecidos, ocasionando a perda de bagas do cacho. Romero et al. (2013) observaram também menor número de bagas nos tratamentos com estresse hídrico.

No tratamento SEMIRRIG ocorreram períodos de baixa (safra 2016/17) e também de alta disponibilidade hídrica (2015/16). Esta variação pode causar fenômenos de queda de bagas em períodos próximos da colheita da uva, sejam elas ocasionadas por alta absorção de água pelas bagas (situação de excedente hídrico) ou murchamento das bagas de uva por desidratação das mesmas (deficiência hídrica). O excesso de chuva durante o amadurecimento, conduz a formação de uma fina superfície úmida que cobre as bagas, principalmente em cachos compactos, e pode ser responsável pelo aumento do diâmetro por absorção de água através da casca (MOTA et al., 2010).

O aumento na pluviosidade próximo a época de colheita pode causar o crescimento rápido da baga e ruptura da casca (cracking) com posterior queda, e o período de baixa disponibilidade de água no solo pode ocasionar queda de bagas, por reduzir o potencial celular, desidratação dos tecidos e abscisão de bagas do cacho (MOTA et al., 2010). Importante ressaltar que o efeito de alta absorção de água em bagas e consequente ruptura de casca foi abordado em função da safra 2015/16 ter havido problemas pontuais relacionados a esse efeito. Certamente ocorreu por ter se caracterizado uma safra com alto volume de precipitação.

O índice de compactação (IC) diferiu apenas na safra 2016/2017. O tratamento 100CC teve razão média de 6,5, enquanto o 70CC teve razão de 5,1 (Figura 18 - F). Este comportamento já era esperado, uma vez que essa variável representa o número de bagas por comprimento do cacho. Esta razão pode indicar a maior persistência das bagas na ráquis até o

fim da colheita. Assim, o tratamento 100CC contribuiu para manter o conteúdo de água na planta e elevar essa razão. Já o tratamento 70CC diminuiu a turgescência das células e o IC, indicando queda de bagas nesse tratamento e redução da produtividade.

Romero et al. (2013), observaram uma desssecção/abscisão das bagas no início da estação de crescimento devido ao estresse hídrico de ação severa. Em nosso estudo este efeito foi evidenciado na fase de maturação para o tratamento 70CC na safra 2016/17. Chiariello e Gulmon (1991) sugerem que a abscisão de bagas induzida pelo estresse é um mecanismo para ajustar a produção ao nível dos recursos disponíveis.

Estudos considerando estresse hídrico na videira com base no teor de umidade do solo são escassos, normalmente a literatura indica déficit hídrico a partir de percentuais da evapotranspiração ou considerando o potencial de base da folha. Contudo, para efeitos de informações, um estudo conduzido por Marinho et al. (2009) na região da Bahia num Argissolo Vermelho-Amarelo não relataram efeitos significativos para as características físicas da uva sob regimes hídrico (50% da evapotranspiração), de modo que estes autores enfatizaram que poderia adotar o déficit como uma maneira de usar água de forma eficiente visto que não modifica os rendimentos.

Já Çolak e Yazar (2017), seguindo a mesma linha de estudo proposto por Marinho et al. (2009), testando estratégias de irrigação com base na evapotranspiração, observaram que os atributos físicos que compõem o rendimento tais como: peso e comprimento do cacho, tamanho da baga e parâmetros físico-químicos como: brix e acidez do fruto, são influenciados pelo conteúdo de água no solo, contudo neste estudo, os autores ressaltam que o equilíbrio entre menores perdas na produtividade e composição química adequada foram alcançadas com o tratamento de secagem parcial de raízes a 75% da evapotranspiração (PDR75).

Para os atributos de casca e relações, o resumo da análise de variância apresentada na Tabela 4 demonstra que houve efeito significativo para todas as variáveis com exceção da MASS<sub>100</sub>B na safra 2016/17.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para os componentes de rendimento da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade cultivadas no município de São Joaquim-SC.

Fonte de Variação	Valor do F		
	Safra 2015/16		
Tratamento	MASS <sub>100B</sub>	MASS <sub>100C</sub>	Casca/Baga
Tratamento	*	*	*
Bloco	Ns	*	ns
CV (%)	6	20	10
Safra 2016/17			
Tratamento	Ns	*	*
Bloco	Ns	ns	ns
CV (%)	6	13	10

MASS<sub>100B</sub>: Massa de 100 bagas; MASS<sub>100C</sub>: Massa de 100 cascas; Casca/baga: razão obtida pesada casca, ns: não significativo, \* significativos pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

A variável massa de 100 bagas (MASS<sub>100B</sub>), somente diferiu na safra de 2015/16, e foi maior no tratamento SEMIRRIG (153 g) em relação ao 100CC (135 g) (Figura 19 - A). Na safra de 2015/16 a precipitação foi superior à da safra 2016/17 (Figura 16), logo a umidade do solo esteve maior que nos tratamentos controlados com níveis de umidade. Assim a massa de bagas nesse tratamento, por consequência de uma maior disponibilidade de água no solo, tende a ser mais elevada devido à maior absorção de água. Esta característica das bagas se refletiu negativamente na massa de 100 cascas e na relação casca/baga.

A massa de 100 cascas (MASS<sub>100C</sub>) diferiu em ambas as safras. Na safra de 2015/16, o tratamento SEMIRRIG (33,5) apresentou menor massa de cascas em relação aos demais níveis de umidade (100CC, 70CC, 85CC) (Figura 19-B). Entre os níveis de umidade o 100CC (53,9) teve maior massa de casca em relação ao 70CC (43,7) e 85CC (43,2), e estes dois últimos, por sua vez, não diferiram entre si.

O nível de umidade de 100CC teve maior massa de casca, enquanto que os níveis mais restritos de umidade do solo o incremento na película foi inferior. Possivelmente, isso tenha relação com a fisiologia da planta mediante a condição de estresse por umidade no solo, pois o metabolismo secundário da planta responde a condições de estresse, ativando a síntese de compostos fenólicos (Di Vittorio et al. 2018), logo para essa condição de umidade (100CC), possivelmente, condicionou a planta a um estresse hídrico por excesso de umidade do solo, levando a ativação dos mecanismos fitoquímicos, que por sua vez condensou a síntese dos componentes nas cascas. Qualquer tipo de estresse ativa o metabolismo secundário, então sob essa condição, possivelmente, a síntese de proteínas foi maximizada e consequentemente tenha favorecido o aporte e agregação na película da uva no 100CC, superando assim os tratamentos 85CC e o 70CC. Já no caso do tratamento SEMIRRIG, a baixa expressão na

massa das cascas, possivelmente está relacionada com os excedentes de água que ocorreram nesse tratamento, pois é sabidamente reconhecido que bagas maiores apresentam películas menos espessas.

Esse dado coincide com a maior massa de 100 bagas, indicando, possivelmente se tratar de bagas provenientes de condições de maior absorção de água em relação aos níveis de umidade do solo. Estes resultados estão de acordo com Çolak e Yazar (2017), que também observaram que a maior disponibilidade de água durante o desenvolvimento aumentou o peso da baga e isso resultou em bagas com diâmetros maiores.

Na safra 2016/17 o tratamento 85CC apresentou maior massa de casca em relação ao 70CC, mas não diferiu do 100CC e SEMIRRIG (Figura 19-B). A literatura indica, de forma unânime, que o déficit hídrico estimula o metabolismo secundário nas bagas e um aumento na concentração de ácido abscísico (ABA), este por sua vez, indica sinal para a expressão gênica e síntese proteica envolvidos na via dos fenilpropanóides nas cascas das bagas, levando ao acúmulo de flavanóis, flavonóis e antocianinas (PASTENES et al., 2014; VILLALOBOS-GONZÁLEZ et al., 2016).

O nível de umidade intermediaria 85CC, apresentou maior massa de casca, possivelmente como resultado do incremento de substâncias nas cascas da baga. Kennedy et al. (2002) ressaltaram que uma diminuição no conteúdo de água no solo reduz o tamanho das bagas e aumenta a proporção de casca/polpa, consequentemente concentra os compostos fenólicos. Esta afirmação coincide com o observado para o diâmetro médio de bagas (Figura-18B).

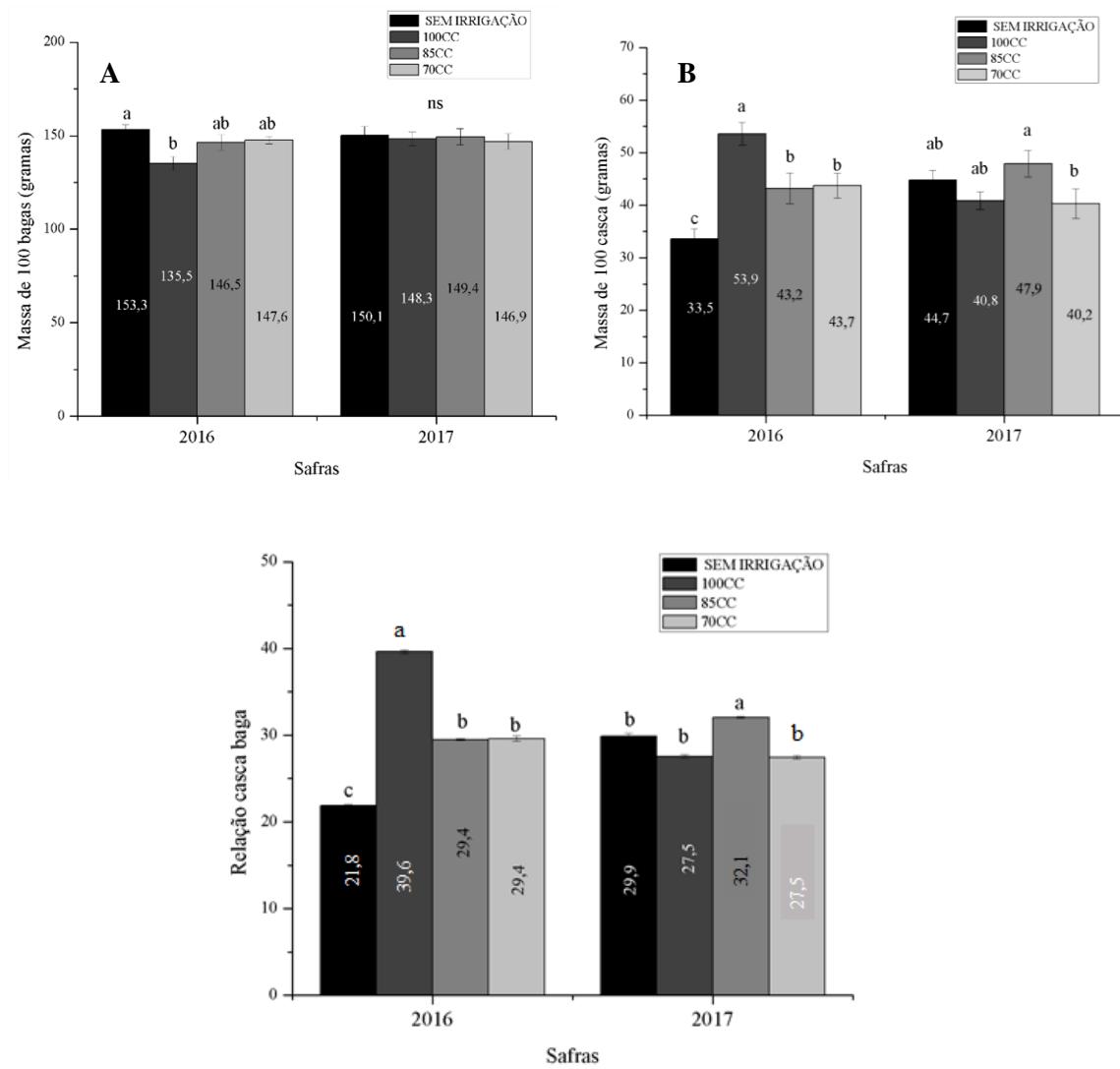
As uvas destinadas a produzir vinhos de qualidade elevada requerem práticas agrícolas especiais, que reduzem a relação película-polpa e aumentam a concentração de compostos fenólicos (CIVIT et al., 2018). Aumentos na proporção de pele em relação ao peso da baga são considerados como uma característica conveniente, uma vez que a maioria dos compostos fenólicos são encontrados na pele da baga (ADAMS, 2006).

Neste estudo a relação casca/baga, na safra 2015/16, foi maior no tratamento 100CC, apresentando diferença dos níveis 85CC e 70CC e também do tratamento SEMIRRIG (Figura 19-C). Na safra de 2016/17 o nível de 85CC, apresentou maior relação casca/baga, superando os níveis 100CC e 70CC e o SEMIRRIG. Dados coincidentes com a massa de 100 cascas (Figura 19-B).

O estresse hídrico reduz o tamanho da baga e concentra os fenóis na película, aumentando convenientemente a razão pele/polpa (GIL et al., 2012). Com efeito, no nosso

estudo, para os dois regimes de precipitação ocorrido nas safras, (100CC em 2015/16 e 85CC em 2016/17), aumentou a proporção de pele em relação ao peso baga.

Figura 19 – Massa de 100 bagas, massa de 10 cascas e relação casca/baga da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Portanto, diante da constatação prática de nosso estudo, para os atributos físicos da uva, de modo geral, podemos indicar que o 100CC e 85CC foram eficientes na manutenção e incrementos dos rendimentos, favorecidos pelo conteúdo de água no solo, ao passo que o 70CC promoveu uma redução nos componentes de produtividade. O 100CC também se sobressaiu nas variáveis de casca e na relação casca/baga.

### 4.3.1 Rendimento da uva

O resumo da análise de variância apresentada na Tabela 5 demonstra que houve efeito significativo para as variáveis de número de cachos (NCACHOS) e produtividade (Prod.ha<sup>-1</sup>), em ambas as safras.

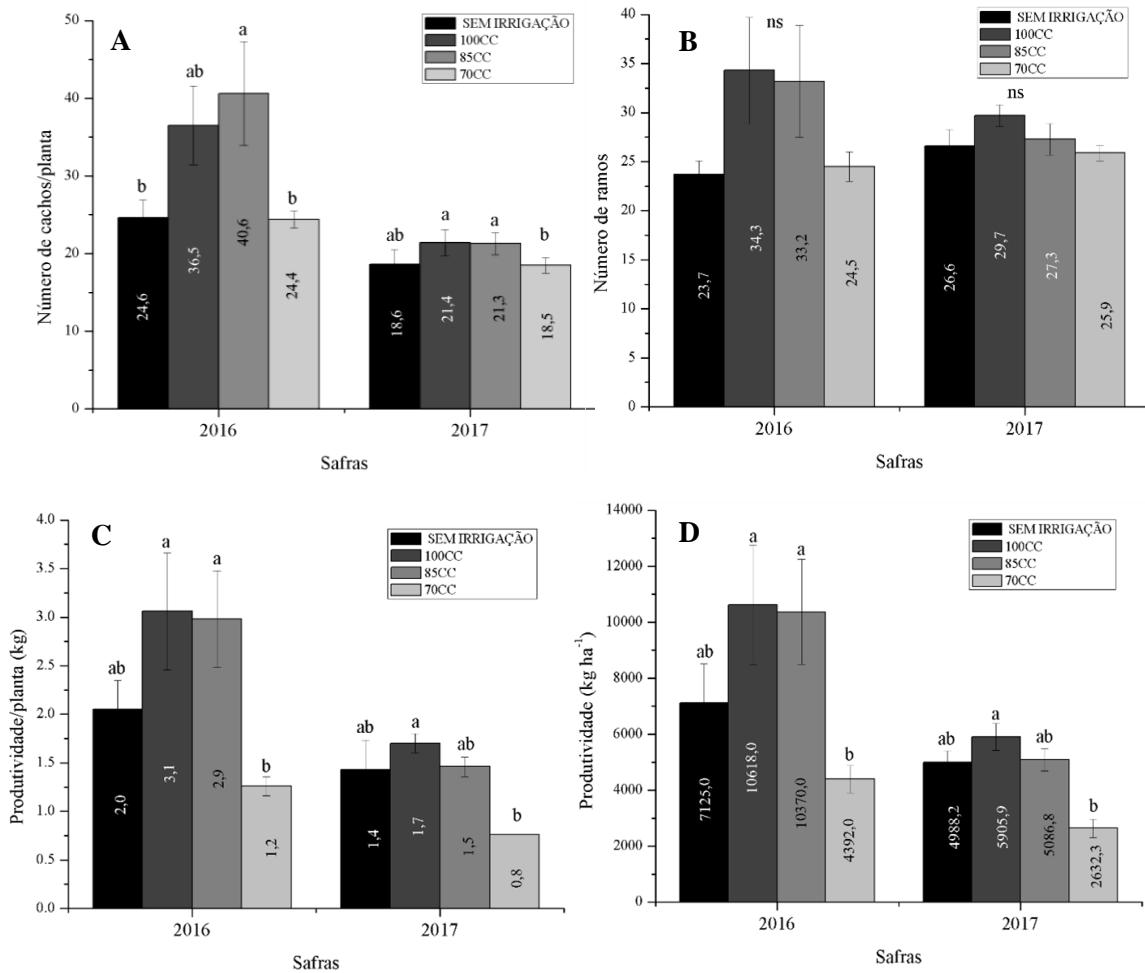
Tabela 5 – Resumo da análise de variância para os componentes de produtividade da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade cultivadas no município de São Joaquim-SC.

Fonte de Variação	Valor do F			
	NCACHOS	NRAMOS	Prod/PLANT	Prod (kg/ha)
Tratamento	*	ns	*	*
Bloco	*	ns	*	*
CV (%)	37	34	52	51
<b>Safra 2016/17</b>				
Tratamento	*	ns	*	*
Bloco	Ns	ns	ns	ns
CV (%)	22	11	40	40

MASS<sub>100</sub>B: Massa de 100 bagas; MASS<sub>100</sub>C: Peso de 100 cascas; NCACHOS: Número de cachos; NRAMOS: Número de Ramos; Prod/PLANT: Produtividade por planta, ns: não significativo, \* significativos pelo teste de Tukey (p<0,05).

A restrição de água no solo na fase de maturação alterou os componentes de rendimentos da uva ‘Cabernet Sauvignon’, uma vez que também afetou as características físicas da mesma (Figura 20). Embora o número de cachos tenha mostrado efeito significativo para os tratamentos, é importante ressaltar que este não foi diretamente influenciada pela ação dos níveis de umidade do solo, devido ter sido imposto em um estádio subsequente a formação dos cachos (Figura 20-A).

Figura 20 – Rendimentos da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob três níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letrasBarras com as mesmas letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

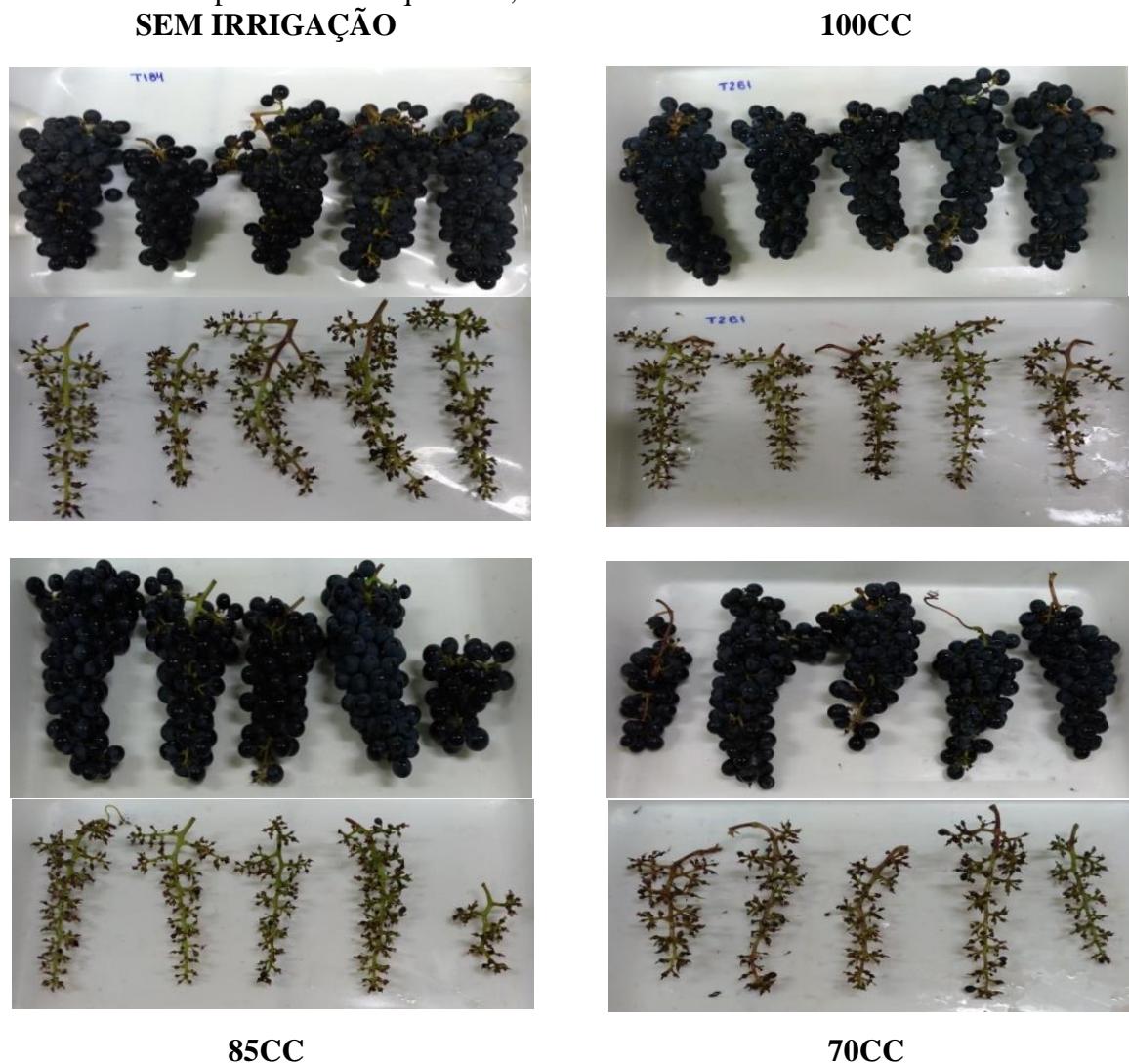
Os rendimentos alcançados demonstram uma relação com a disponibilidade de água no solo. Na safra de 2015/16 a produtividade por planta foi maior para os tratamentos com níveis de umidade 100CC e 85CC, alcançando 3,1 e 2,9 kg por planta e apenas 1,2 kg/planta no 70CC (Figura 20-D).

Para safra de 2016/17, houve o mesmo comportamento, contudo a produtividade foi menor, 30, 45, 48 e 33%, respectivamente para o SEMIRRIG, 100CC, 85CC e 70CC. Os níveis de 100CC e 85CC tendem a ter cachos maiores e mais pesados devido à disponibilidade de água contribuindo para o crescimento e aumento de peso das bagas, que por sua vez implicará em maiores rendimentos. Já o tratamento 70CC com maior restrição hídrica tende a causar distúrbios fisiológicos que são detrimetrais aos componentes físicos da

uva, implicando em baixa produtividade, tais como o murchamento das bagas e até mesmo a perda da baga antes da total maturação fisiológica e colheita.

Uma imagem da integridade física dos cachos pode ser observada na Figura 21, principalmente o efeito do tratamento com menos água (70CC), apresenta cachos pequenos e deficientes pela perda de bagas. O tratamento SEMIRRIG sofreu ação de safras distintas, no quesito de distribuição de chuva, contudo, manteve a integridade dos cachos mais preservada que o 70CC.

Figura 21 – Efeitos de níveis de umidade nos cachos de uva ‘Cabernet Sauvignon’ no município de São Joaquim-SC, safra 2016/17.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Hardie e Considine (1976) observaram que, quando o estresse hídrico das vinhas de Cabernet franc é severo, a produtividade diminuiu em 94%, principalmente por causa da baixa quantidade de bagas por cacho e redução do peso das bagas. Essa observação é consistente com o observado nesta pesquisa. A falta de água provocou o murchamento e perda das bagas pelo desprendimento da ráquis no 70CC.

Para o tratamento SEMIRRIG, na primeira safra, o maior conteúdo de água no solo não foi suficiente para ultrapassar a produtividade alcançada nos tratamentos 100CC e 85CC, isso porque a produção de uva é afetada tanto pelo excesso quanto pela deficiência hídrica (VAN LEEUWEN; SEGUIN, 1994). Em condições de excesso de umidade ocorre a absorção excessiva de água para o interior das bagas, ruptura da película e entrada de patógenos, afetando a integridade da baga que por consequência será perdida pelo desprendimento da ráquis.

A resposta dos componentes de produtividade ao déficit hídrico também foi evidenciada por Girona et al. (2006), que encontraram redução significativa no número de cachos por videira quando submetida ao déficit hídrico de intensidade severa. Seguindo a mesma proposta de estudo, Shellie (2006) relatou redução na produtividade de videiras quando submetida a estresse intenso. A restrição hídrica severa na vinha conduz à perda de rendimento econômico e pode prejudicar a qualidade do vinho (ZSÓFI et al., 2014).

Segundo Gatti et al. (2012), o equilíbrio entre a parte vegetativa e produtiva é fator determinante na composição da baga é um dos objetivos da viticultura moderna é estabelecer práticas de manejo que equilibre a composição química e a produtividade. Entretanto Chapman et al. (2004) e Keller (2005) ressaltam diminuição no rendimento não está necessariamente associada com mudanças na composição química da uva as respostas finais sobre a qualidade do vinho dependem muito mais da intensidade.

Um estudo conduzido por Faci et al. (2014), com objetivo de avaliar o efeito da irrigação nos pós veraison sobre a produtividade e composição da uva, indicou que os rendimentos da uva foram significativamente reduzidos com baixa disponibilidade hídrica na fase de maturação, contudo os parâmetros físico químicos foram pouco afetados e houve diferenciação de cor em função da disponibilidade hídrica dos tratamentos.

Ramos e Martínez-Casasnovas (2014), avaliando o efeito da variabilidade espacial do conteúdo de água no solo em parcelas de vinhedos, constataram que o rendimento da Cabernet Sauvignon aumentou em cerca de  $17 \text{ kg ha}^{-1}$  para cada milímetro adicional de água disponível durante o período de floração até a colheita. O estresse hídrico proposto por esses

autores diminuiu na massa e a produtividade das bagas, e consequentemente reduziu em 40% a produtividade.

Segundo Reynolds e Balint (2017), déficits hídricos nas fases iniciais têm um efeito mais inibitório sobre a fertilidade do botão do que os déficits no final da estação. Assim, maiores perdas de produtividade podem ocorrer quando déficits severos são impostos nos estágios iniciais do desenvolvimento das bagas, em comparação com déficits no estádio de maturação (HARDIE; CONSIDINE, 1976).

De modo geral a produtividade foi influenciada pelo desempenho dos atributos físicos. O 100CC e 85CC apresentaram tendência de maior produtividade dentre os demais tratamentos. O 70CC evidenciou a expressão negativa do estresse hídrico sobre os componentes reduzindo o rendimento da videira.

#### 4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

##### 4.4.1 Evolução da maturação

A evolução da maturação da uva ‘Cabernet Sauvignon’ ocorreu de forma exponencial para os sólidos solúveis em decorrência da degradação dos ácidos orgânicos e incremento no teor de açúcares.

Segundo Manfroi et al. (2004), no início da maturação, o teor de sólidos solúveis é influenciado pelo alto teor de ácidos orgânicos presentes na baga, porém, com a evolução da maturação, a proporção desses ácidos torna-se menor e a de açúcares aumenta, em decorrência da degradação dos ácidos tartárico e málico e do aumento da síntese de sacarose pela folha.

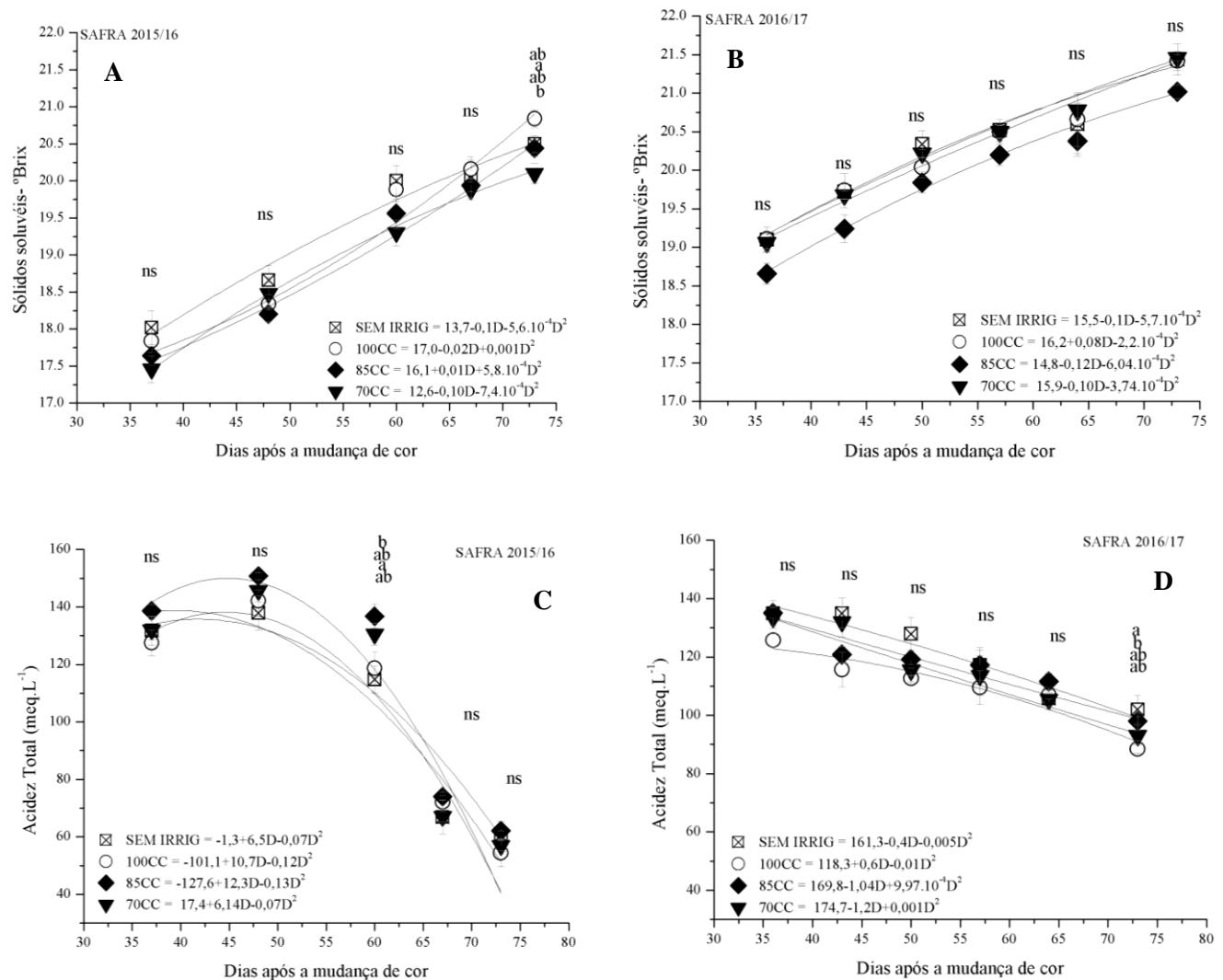
Na safra de 2015/16 o teor de sólidos solúveis variou de 17,5 a 18,0 °Brix aos 37 dias após o início da maturação, e entre 20,1 a 20,8 °Brix na colheita, aos 73 dias após início da maturação (Figura 22-A).

Já para a Safra de 2016/17, o teor de sólidos solúveis variou de 18,6 a 19,0 °Brix aos 36 dias após início da maturação e entre 21,0 a 21,5 °Brix na colheita, aos 73 dias após o início da maturação, com diferença de aproximadamente 1 °Brix nas safras (Figura 22-B). Isso provavelmente ocorreu devido ao atraso no amadurecimento em 2016 devido a condições meteorológicas, com maior volume de chuva e diluição dos açúcares na baga. Níveis aumentados de açúcares podem aumentar o teor de álcool no vinho (TORRES et al., 2017).

De acordo com Dai et al. (2011) e Kuhn et al. (2013) a maior concentração de açúcares nas bagas conferem funções importantes nas propriedades sensoriais da uva e pode indicar fontes de precursores para a síntese de ácidos orgânicos, compostos fenólicos e aromáticos durante a maturação. Contudo, há controvérsas sobre essa afirmativa, pois no presente estudo o acúmulo de sólidos solúveis no 70CC foi inibido e em contrapartida a síntese de compostos fenólicos foi evidenciada nesse tratamento.

Ristic e Iland, (2005), Ribéreau-Gayon et al. (2006) e Teixeira et al. (2013) dão suporte a essa afirmativa, destacando que a evolução dos compostos fenólicos progride de forma muito diferente dependendo dos grupos químicos predominantes e geralmente o máximo de concentração não coincide com o maior teor de açúcares na baga, embora alguns estudos correlacione a síntese de açúcares como precursores de compostos fenólicos.

Figura 22 – Curva de maturação da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida com níveis de umidade controlada no município de São Joaquim-SC. Linhas seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A concentração de sólidos solúveis, estimado pela equação de regressão polinomial, para o tratamento SEMIRRIG atingiu 18,2 °Brix no início da maturação e 20,50 °Brix no final da maturação, por ocasião da colheita, ou seja, houve um aumento médio de 0,060 °Brix/dia. Entre os tratamentos com níveis de umidade de 100CC, 85CC e 70CC, o incremento se deu na ordem de 0,078, 0,073 e 0,069 °Brix/dia, respectivamente, na safra de 2015/16. Na Safra de 2016/17, o mesmo tratamento (SEMIRRIG), incrementou 0,067 °Brix/dia. O incremento dos demais níveis se deram na ordem de 0,068, 0,079 e 0,060 °Brix/dia, respectivamente para os tratamentos 100CC, 85CC e 70CC.

A distribuição de chuvas influenciou o regime de umidade do solo nas duas safras de forma oposta. Na primeira safra, a condição natural de umidade do solo foi superior aos níveis de irrigação estabelecidos para os tratamentos em função do maior volume de chuvas concentradas principalmente entre os meses de fevereiro e abril (Figura 14).

Na safra 2015/16 entre os níveis de irrigação é possível observar que o tratamento com maior restrição de água no solo (70CC) teve menor °Brix ao longo da evolução da maturação, ao passo que o tratamento SEMIRRIG, livre da restrição de água, se manteve com maior °Brix até os 68 dias após a mudança de cor. Possivelmente, esse efeito tenha ocorrido em função da maior disponibilidade hídrica ter impulsionado a atividade fotossintética resultando em maior concentração de açúcares solúveis na folha que são mobilizados para o fruto nos processos de transporte fonte e dreno (TAIZ; ZEIGER, 2017), pois os frutos são os drenos preferenciais de fotoassimilados durante o período reprodutivo (LAVIOLA et al., 2017).

Sob essas condições, a evolução dos sólidos solúveis foi favorecida pela umidade no solo no tratamento 100CC, partindo da premissa que o incremento hídrico tenha favorecido um a taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>. Contudo, as avaliações fisiológicas realizadas nessa safra não mostraram diferenças e incrementos nas trocas gasosas entre os níveis de umidade (APÊNDICE – L).

As informações obtidas na primeira safra corroboram com trabalhos desenvolvidos por Santesteban e Royo (2006), que observaram tendência similar. Os autores ressaltam que quando o déficit hídrico é severo diminui a concentração de açúcar, como resultado da assimilação restrita de carbono. No presente estudo, após os 68 dias, o tratamento 100CC teve maior incremento de sólidos solúveis e estes progrediram até o momento da colheita, diferenciando estatisticamente do tratamento de maior restrição hídrica 70CC.

No segundo ano do experimento (2016/17), a dinâmica da curva de maturação para sólidos solúveis foi oposta, resultando em maior concentração de sólidos solúveis no tratamento mais restrito (70CC), porém, na colheita, os tratamentos não diferiram (Figura 22-B). Ao perder água tudo que está na baga da uva se torna mais concentrado, possivelmente esse efeito tornou evidente esse acúmulo no nível 70CC em relação aos demais níveis de umidade. Romero et al. (2013) observaram resultados similares aos do presente estudo, evidenciaram que os sólidos solúveis aumentaram significativamente nos tratamentos de déficit hídrico regulado.

A acidez titulável tem comportamento inverso à dinâmica de sólidos solúveis. Em ambas as safras decresceram em relação ao início da maturação. O declínio da acidez que ocorre na fase de maturação da uva é devido principalmente ao processo respiratório do ácido

málico, à diluição dos ácidos orgânicos em função do aumento do tamanho da baga e à sua salificação (RIZZON; MIELE, 2002a).

Na Safra 2015/16 o início da maturação apresentou entre os tratamentos concentração de 128 a 139 meq L<sup>-1</sup> e, ao final da maturação, variou de 54 a 62 meq L<sup>-1</sup>, mas sem diferença significativa. Na safra 2016/17 a acidez titulável no início da maturação variou entre 125 a 135 meq L<sup>-1</sup>, estabilizando ao fim da maturação entre 88 a 102 meq L<sup>-1</sup>. Diferenças foram observadas entre os tratamentos SEMIRRIG (102 meq L<sup>-1</sup>) e 100CC (88 meq L<sup>-1</sup>).

Possivelmente, a degradação dos ácidos orgânicos na safra de 2015/16 foi mais efetiva em relação a safra 2016/17, em função da maior disponibilidade de água no solo, acelerando os processos fisiológicos de degradação dos ácidos para o aumento da síntese de sacarose pela folha, impulsionados pela disponibilidade de água no solo com excedente na capacidade de campo.

Segundo Esteban et al. (2001) a maturação da uva eleva o pH de forma linear, enquanto a acidez total decresce exponencialmente no mesmo período, em decorrência, principalmente, da redução do ácido málico. Assim, para uma mesma concentração de acidez total, o pH é menor em condições de maior disponibilidade hídrica, logo reduzindo a acidez total.

#### 4.4.2 Características físico-químicas na colheita

Dos atributos físico-químicos do mosto, houve efeito de tratamento para °Brix e pH na safra 2015/16 e acidez total na safra 2016/17 (Tabela 6).

Tabela 6 – Resumo da análise de variância para as características físico-químicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade no município de São Joaquim-SC.

Fonte de Variação	Valor do F		
	Safra 2015/16		
	BRIX	pH	AT
Tratamento	*	*	ns
Bloco	ns	ns	ns
CV (%)	2	3	10
Safra 2016/17			
Tratamento	ns	ns	*
Bloco	ns	ns	ns
CV (%)	1	13	8

BRIX: Concentração de sólidos solúveis (°BRIX); pH: Potencial hidrogeniônico; AT: Acidez titulável.

Na safra 2015/16 maior acúmulo de açúcares foi observado no 100CC, o qual não diferiu do 85CC e SEMIRRIG, no entanto, diferiu do tratamento mais restritivo 70CC (Figura 23-A). O teor de sólidos solúveis é influenciado pela umidade do solo (ZSÓFI et al., 2011). Alguns estudos mostram que um déficit severo pode comprometer a acumulação de açúcares. No presente estudo o nível 70CC corroborou aessa afirmativa. Sob tais circunstâncias pode-se inferir que a quantidade de água no solo foi insuficiente para atender a demanda da planta, que por sua vez reduziu a assimilação de carboidratos e prejudicou a síntese de açúcares.

Em condições de déficit hídrico severo a redução na atividade fotossintética reduz a concentração de açúcar na baga (ZSÓFI et al., 2014). Contudo, no presente estudo a avaliação de trocas gasosas não indicou diminuição de fotossíntese entre os tratamentos (**APÊNDICE-L**).

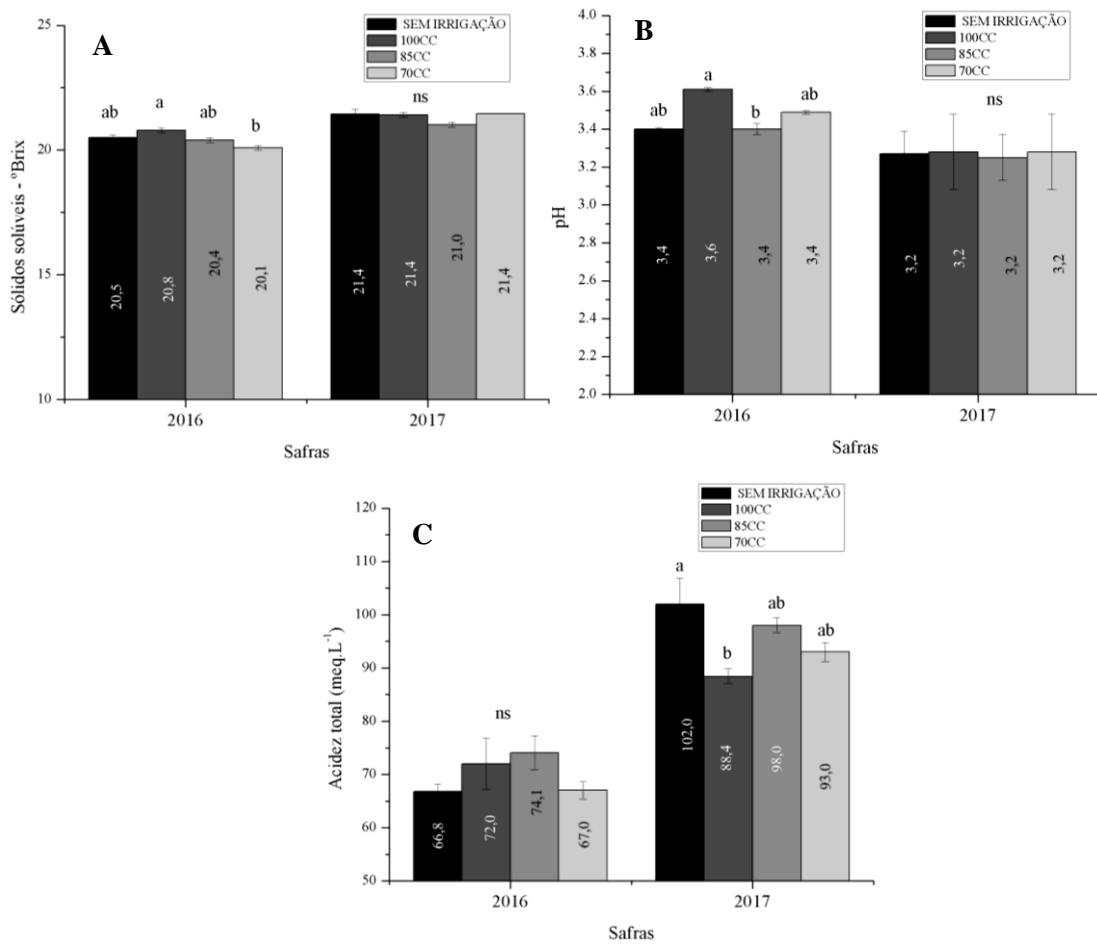
Estudo conduzido por ZSÓFI et al. (2014) mostrou que a concentração de açúcar no mosto da uva foi menor nos tratamentos com déficit, com resultados semelhantes ao presente estudo. Os autores relataram que não houve diferença para acumulação de açúcar nas bagas quando comparados as intensidades leve e moderado, contudo quando a intensidade do déficit foi severa houve inibição na síntese e translocação de açúcar para a baga.

O pH do mosto diferiu somente na safra de 2015/16 e foi maior no 100CC (3,6) (Figura 23- C). Na safra 2016/17 o pH do mosto foi inferior (=3,2) e não diferiu entre os

tratamentos. O pH da uva depende do tipo e da concentração dos ácidos orgânicos e da concentração de cátions, especialmente do potássio (RIZZON; MIELE, 2002b).

O pH é um dos atributos químicos mais importante da uva e do vinho, pois além de interferir na cor, exerce um efeito pronunciado sobre o sabor. Ademais, outro efeito que deve ser levado em consideração a respeito desse atributo é a integridade do produto, ou seja, vinhos com pH elevado são mais suscetíveis às alterações oxidativas e biológicas uma vez que o teor de dióxido de enxofre livre é proporcionalmente menor (AERNY, 1985).

Figura 23 – Características físico-químicas da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob três níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Intrigliolo e Castel (2009) obtiveram resultados coincidentes com esta pesquisa, na primeira safra, pois segundo os autores o pH do mosto também aumentou com efeito da irrigação (similar ao 100CC). Outros autores (GIRONA et al., 2009 e SANTESTEBAN E

ROYO, 2011) relatam diminuição do pH em razão do déficit hídrico (similar ao 85CC e 70CC em relação ao 100CC). A razão disto pode ser função de redução da síntese de ácidos málico e tartárico resultante de menores taxas de assimilação (DE SOUZA et al., 2005; SALON et al., 2005).

Os efeitos da disponibilidade de água no solo sobre os parâmetros de composição da uva são variáveis. Acevedo-Opazo et al. (2010) não observaram efeito da irrigação com déficit nas variáveis de acidez, pH e sólidos solúveis. Já Edwards e Clingeffer (2013) relataram aumento da acidez em cerca de 10 a 15% em videiras sob adequada disponibilidade hídrica no solo.

Phogat et al. (2017) ressaltam que as respostas de supressão de água na videira sobre os parâmetros de qualidade, tem respostas variáveis na literatura e os mesmos destacam que além das condições climáticas, outros fatores ambientais, tais como solo (quantidade de cátions no solo em especial  $K^+$ ) podem influenciar os atributos fisiológicos e a composição do uva, resultando em tendências que muitas vezes divergem de outras pesquisas.

Contudo, o pH no mosto na primeira safra (2015/16) está de acordo com Amerine e Ough (1976), situados entre 3,4 e 3,8 e reflete a quantidade dos ácidos presentes, logo, dentro da faixa adequada para vinificação. No entanto, na safra 2016/17 os valores foram abaixo dos recomendados (RIZZON; MIELE, 2002a), ou seja, abaixo de 3,3, pois interfere na qualidade do vinho.

Para acidez total foi observado declínio do inicio da maturação até a colheita. Conde et al. (2007) explicam que isso é resultante dos ácidos orgânicos presentes na baga, principalmente o málico, sendo degradados e utilizados como fonte de energia durante a fase de maturação.

Para a acidez titulável houve efeito significativo entre os tratamentos apenas na safra 2016/17. Na colheita desta safra foi observada maior acidez nos tratamentos mais secos (70CC e SEMIRRIG), possivelmente devido a maturação “deficiente” da uva propiciada pelo déficit hídrico severo, agravado pelas condições climáticas atípicas, com menor regime hídrico na fase de maturação, pois em condições de déficit hídrico severo se a uva não estiver completamente madura os mecanismos bioquímicos da maturação paralisam, assim a acidez para de cair e o pH para de aumentar. Possivelmente, isso tenha sido a consequência de uma maior acidez (variando de 102 a 88 meq  $L^{-1}$ ) e um menor pH (3,2) em relação a safra anterior, pois ao perder água o que está na baga fica concentrado, inclusive a acidez.

Possivelmente na safra 2015/16, o excesso de pluviosidade mascarou em partes o efeito dos níveis mais restritos (70CC), configurando de um modo geral, um estresse de ação

moderada, proporcionando a uva uma maturação mais completa, menor acidez (67 a 74 meq L<sup>-1</sup>) e pH mais elevado (3,4 a 3,6) entre os tratamentos.

Rizzon e Miele (2002b), consideram que a acidez acima de 120 meq L<sup>-1</sup> é elevada para a Cabernet Sauvignon. Entretanto, está na faixa adequada para vinificação, pois ocorre uma redução da acidez titulável na vinificação, devido principalmente à salificação, precipitação do ácido tartárico e fermentação malolática (RIZZON et al., 1998).

Estudos realizados por URIARTE et al. (2016) divergem de nossos resultados, pois constataram que tratamentos completamente irrigados contribuíram para o aumento da acidez em relação a tratamentos mais secos. Assim como os estudos de Romero et al. (2010), Intrigliolo et al. (2012) e Edwards e Clingeffer (2013) também evidenciaram que a disponibilidade hídrica aumenta a acidez em relação a uva sob condições de estresse. Porém, estas constatações foram encontradas mediante déficits hídricos que favoreceram a maturação, por essas razões os resultados foram diferentes. Valores de acidez total adequados para uvas viníferas ficam entre 90 e 120 meq L<sup>-1</sup> (AMERINE; OUGH, 1976). Os valores encontrados no presente estudo foram inferiores aos recomendados pela literatura na safra 2015/16 e adequados na safra 2016/17.

De um modo geral, as análises de sólidos solúveis, pH e acidez total foram mais influenciadas pelas características meteorológicas das diferentes safras do que pelos níveis de umidade do solo, ocasionando em resposta com pouca clareza entre os tratamentos.

#### 4.5 COMPOSTOS FENÓLICOS E COR DO MOSTO

A análise da variância indicou efeito significativo dos tratamentos para antocianinas totais, polifenóis totais e intensidade da cor, para ambas as safras, mas não houve efeito na tonalidade da cor (Tabela 7). Estas variáveis têm médio a alto coeficiente de variação, especialmente para intensidade da cor.

Na safra de 2015/16 as antocianinas totais e polifenóis totais apresentaram maior concentração no tratamento SEMIRRIG. Entre os níveis de umidade seu aumento foi crescente conforme a restrição de água no solo (Figura 24 - A e B). Onde observou-se diferença estatística do tratamento 100CC e 70CC, enquanto o 85CC teve comportamento intermediário, com maior teor no tratamento 70CC.

Na safra de 2015/16 houve maior pluviosidade fazendo com que o tratamento SEMIRRIG apresentasse maior umidade no solo em relação aos níveis de umidade dos demais tratamentos, isto por sua vez influenciou no acúmulo destes compostos considerando duas hipóteses. A primeira baseada no excedente de água no solo como fator adverso a

videira, impondo através disso uma condição de estresse por excesso de água no perfil, assim, a umidade do SEMIRRIG, ao superar a capacidade de campo do solo, influenciou os mecanismos de defesa da planta que elevou a síntese destes compostos. Para Casassa, Keller e Harbertson (2015), compostos fenólicos são produtos do metabolismo secundário das plantas e sintetizados através de uma via biossintética fenil-propanoid que é modulada por fatores bióticos e abióticos, sendo afetadas pelo conteúdo de água no solo. A segunda é baseada no maior volume de chuva ocorrido nessa safra (2015/16) com excesso de umidade, predispondo o vinhedo a doenças de caráter fúngica e estabelecimento de fitopatógenos (**APÊNDICE- J**). De acordo com Mcrae et al. (2018), as concentrações e composições de antocianinas de uva e taninos em uvas e vinhos variam muito e são influenciadas por origem genética, maturação da uva, exposição à luz solar ou UV, estado da água da planta e patógenos.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância para os componentes fenólicos e atributos de cor da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade cultivadas no município de São Joaquim-SC.

Fonte de Variação	Valor do F			
	Safra 2015/16			
	ANT	POLT	INT	TON
Tratamento	*	*	*	ns
Bloco	Ns	*	ns	ns
CV (%)	20	24	52	21
Safra 2016/17				
Tratamento	*	*	*	ns
Bloco	Ns	ns	ns	ns
CV (%)	20	24	52	21

ANT: Antocianinas; POLT: Polifenóis totais; INT: Intensidade; TON: Tonalidade. ns: não significativo, \* significativos pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

Vários estudos relatam que a ocorrência de doenças potencializa a expressão do metabolismo secundário. Esse efeito foi observado por Lima et al. (2017), os quais observaram que plantas infectadas por fungos exibiam maiores quantidades de compostos fenólicos. De acordo Lambert et al. (2012) e Schnee et al. (2013) uma das respostas mais reconhecidas das videiras à infecção fúngica é a produção de fitoalexina fenólica.

Em geral as infestações fúngicas ocorrem no período de floração seguindo um período de latência e a sintomatologia da doença é evidenciada quando as bagas amadurecem alterando o conteúdo fenólico das bagas (HOLZ et al., 2003; KELLER; VIRET, 2003; LIANG et al., 2011). A acumulação desses compostos fenólicos é induzida como resposta ao estresse biótico e abiótico, promovendo a síntese de metabolitos chamados de fitoalexina (AHUJA; KISSEN, 2012).

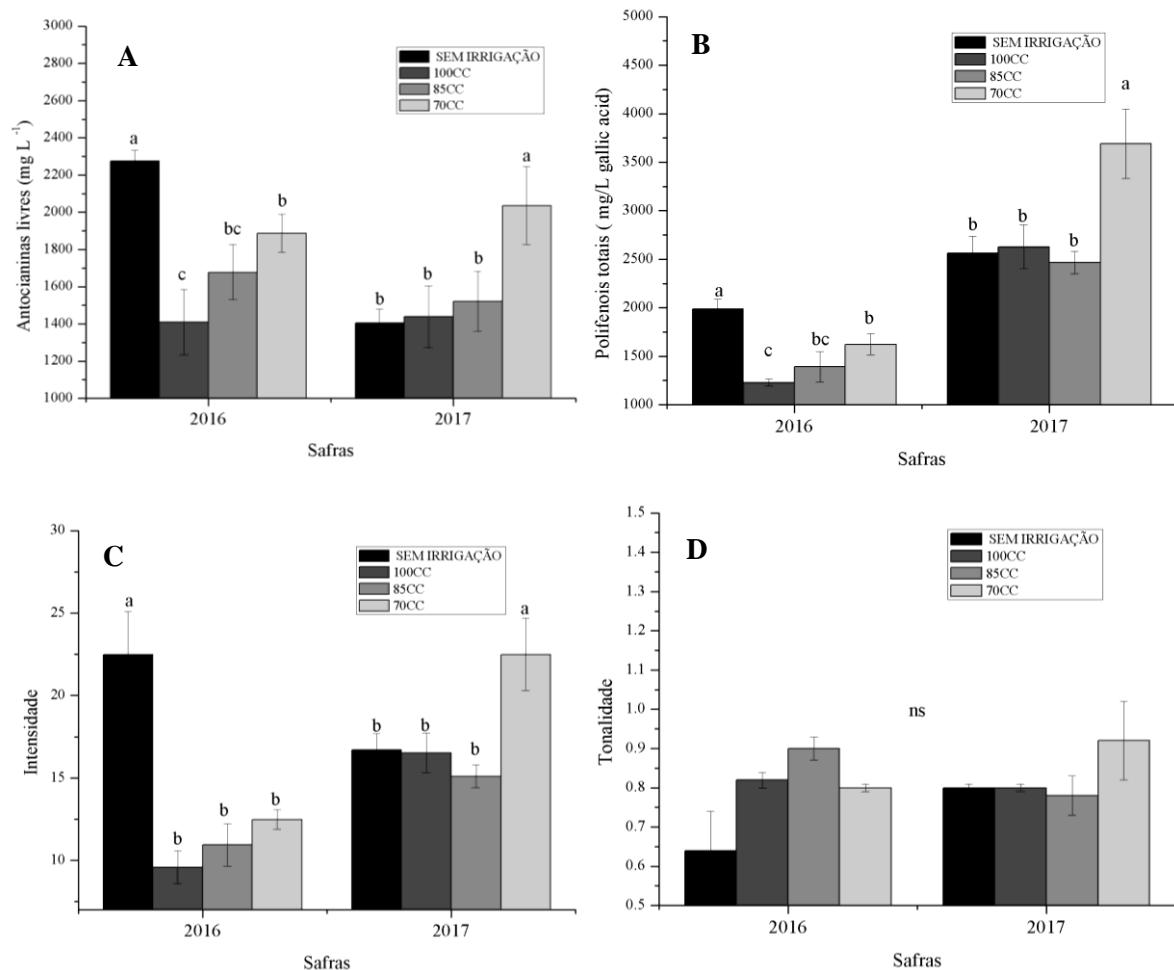
As fitoalexina são derivados estilbênicos que possuem atividade antifúngica, se acumulam na planta como resposta de defesa ao hospedeiro, sintetizando por exemplo o resveratrol, catequina e viniferina (ROMANAZZI; GABLER, 2006; AZIZ et al., 2016). Lima et al. (2017) avaliaram a produção fenólica em *Vitis vinifera* afetadas por doenças e observaram que a síntese fenólica aumenta em resposta a intensidade das doenças.

Dessa forma, é cabível ressaltar que houve a ocorrência de oídio nesta safra (safra 2015/16) e sua ação sintomática foi bem caracterizada no tratamento sem irrigação, onde os níveis de umidade foram superiores a capacidade de campo. Maior umidade forma um microclima favorável a infecção fúngica (**APÊNDICE – J**).

Entre os níveis de umidade o tratamento mais restrito (70CC) apresentou maior concentração de antocianinas totais e polifenóis, quando comparado ao tratamento com maior nível de umidade (100CC) na safra 2015/2016. É um comportamento relacionado a dinâmica de incremento de compostos fenólicos progressivo com a restrição hídrica. Isso ocorre em função da planta ativar sinais de resposta a condições de estresse e secundariamente impulsionar a síntese de fitoquímicos.

Na safra 2016/17 as antocianinas totais e polifenóis totais apresentaram maior concentração no 70CC. Para as antocianinas totais foi observado acúmulo no menor nível de umidade, mas os polifenóis totais não exibiram a mesma dinâmica (Figura 24- A e B). Nessa safra o volume de precipitação foi menor que da safra anterior (113 mm a menos), assim, a umidade do solo SEMIRRIG foi menor que o nível 70CC em alguns períodos durante a maturação da uva. Desta forma, era esperado que a síntese destes compostos fosse incrementada ou semelhante ao 70CC, o que não ocorreu. Possivelmente, a severidade do estresse e a variação temporal da umidade do solo, pode ter afetado os mecanismos bioquímicos da maturação, prejudicando a síntese de compostos fenólicos.

Figura 24 – Componentes fenólicos e cor do mosto da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob três níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Zsófi et al. (2011) destacam que a influência do conteúdo de água no solo sobre a síntese de compostos fenólicos depende da intensidade de seca imposta à videira, de forma que o estresse hídrico, dependendo do conteúdo de água no solo, pode proporcionar respostas positivas ou efeito deletério sobre a síntese de compostos. No entanto, segundo Caceres-Mella et al. (2017) ainda é motivo de muito debate até que ponto a severidade da restrição hídrica afeta a composição de compostos fenólicos em bagas de uva.

A partir disso é possível inferir que as flutuações de umidade ocasionalmente abaixo de  $0,37 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na safra 2016/17 no SEMIRRIG, pode ter caracterizado uma tensão excessiva para planta, com efeito detratinal para a síntese de compostos fenólicos. Ao comparar os dois tratamentos (SEMIRRIG e 70CC) é possível perceber que o 70CC mesmo com menor nível de umidade do solo a planta não teve efeito de redução sob a síntese destes compostos,

pelo contrário, houve acumulação em relação aos demais níveis testados, ao passo que o tratamento sem irrigação com conteúdo de água no solo, ocasionalmente, inferior ao 70CC foi detratamental a síntese causando expressiva diminuição na concentração dos compostos fenólicos.

Romero et al. (2013) avaliaram a influencia do déficit hídrico na composição fenólica da uva e constataram que o acúmulo de antocianinas foi aumentado pelo estresse hídrico de intensidade moderado. Castellarin et al. (2007b) relataram que um déficit hídrico moderado na fase de maturação estimula a biossíntese de antocianina e o acúmulo de açúcar. Em nossa pesquisa, o nível mais restrito 70CC elevou a síntese destes compostos.

No aspecto de cor, a variável intensidade exibiu resposta proporcional ao acúmulo de compostos fenólicos. Isso porque a cor estaá relacionada com a concentração de antocianinas que tem ação pigmentante. Assim, na safra 2015/16 o SEMIRRIG apresentou maior intensidade enquanto que o tratamento 70CC na safra 2016/17 apresentou maior intensidade de cor. A tonalidade não apresentou respostas para os níveis de umidade estudos.

De modo geral, assume-se que o metabolismo secundário na expressão de compostos fenólicos esteve relacionando com a intensidade dos níveis de umidade e com a distribuição de chuvas nas duas safras, contudo entre os níveis de umidade testados, podemos observar claramente que o nível mais restrito de 70CC foi eficiente na síntese de compostos fenólicos.

#### 4.6 COMPONENTES FENÓLICOS, ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS E COR DO VINHO

Os tratamentos aplicados ao solo afetaram todas as variáveis avaliadas no vinho produzido (Tabela 8).

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para os componentes fenólicos, atributos de cor da e características físicos químicas do vinho da uva ‘Cabernet Sauvignon’ sob níveis de umidade cultivadas no município de São Joaquim-SC.

Fonte de Variação	Valor do F					
	Safra 2015/16					
Tratamento	ANT	IPT	INT	TON	AT	pH
Bloco	Ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	20	24	52	21	0,5	0,8
Safra 2016/17						
Tratamento	*	*	*	*	*	*
Bloco	Ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	20	24	52	21	1	1

ANT: Antocianinas; IPT: Índice de polifenóis totais; INT: Intensidade; TON: Tonalidade. AT: Acidez total. pH: Potencial hidrogênico. ns: não significativo, \* significativos pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

O uso eficiente de água é essencial para atender a sustentabilidade da produção de vinho, portanto, é importante reduzir a quantidade de água por unidade produzida quando o intuito é a vinificação (CIVIT et al., 2018). De acordo com Ruiz-Sánchez et al. (2010), a menor disponibilidade hídrica em cultivo de uvas destinadas a vinificação é recomendada, já que excessos de água no solo aumentam o tamanho das bagas e reduz a relação casca/polpa. A maior relação casca/polpa é benéfica para a qualidade do vinho, pois o aumento nessa razão está ligada a concentração de antocianinas intensidade de cor e teor de sólidos solúveis.

As variáveis do vinho também foram influenciadas pela distribuição de chuvas das duas safras estudadas e pelos níveis de umidade, em função disso os componentes fenólicos do vinho exibiram padrão contrário nas safras. É importante ressaltar que o tempo de avaliação dos componentes fenólicos do vinho da primeira safra, explica a diferença na magnitude da concentração dos mesmos em relação à safra de 2016/17. Os vinhos da safra 2015/16 foram analisados um ano após o envase, enquanto que os da safra 2016/17 foram analisados 3 meses após o envase. Durante o processo de vinificação ocorre degradação dos fenóis e antocianinas o que pode explicar a diferença destes compostos entre as safras.

Mcrae et al. (2018) explicam que os compostos fenólicos, em especial as antocianinas, são consideradas instáveis e sua concentração no vinho tinto reduz rapidamente após a vinificação. Bindon et al. (2014) e McRae et al. (2013) evidenciaram reduções substanciais nas concentrações de antocianinas totais após dois anos da vinificação. Isso ocorre porque no envelhecimento a concentração de antocianinas diminui e a dos polímeros pigmentados aumenta. Portanto, a presença de outros compostos, particularmente derivados de antocianinas, que fornecem a profundidade de cor tão fortemente associada ao vinho de qualidade (SOMERS; EVANS, 1974).

De acordo com Cheynier et al. (2006), a diminuição da concentração de antocianinas à medida que os vinhos envelhecem está relacionada com a formação de pigmentos estáveis derivados de antocianinas, como as piroantocianinas e polímeros pigmentados. Com o tempo estas reações irão mudar também a cor do vinho em geral de roxo para vermelho-marrom.

O vinho é um sistema quimicamente dinâmico que é ácido (pH 2.8–3.8) e contém altas concentrações de compostos oxidantes, particularmente fenólicos (MCRAE et al., 2018). Os compostos fenólicos são considerados os principais determinantes da qualidade dos vinhos tintos devido seus atributos sensoriais conferindo como cor, corpo, sensação na boca de amargor e adstringência devido às antocianinas e outros compostos como proantocianidinas, produtos do metabolismo secundário de resposta ao déficit hídrico (CACERES-MELLA et al., 2017).

Entre outros fatores, a qualidade organoléptica dos vinhos está intimamente relacionada com a presença de protoantocianinas, conhecidas por conferir uma leve sensação de adstringência e amargor. Essas propriedades sensoriais dependem não apenas da sua concentração mas também de características como tamanho e composição (CHIRA et al., 2012).

No vinho produzido na safra de 2015/16, a concentração de antocianinas totais e índice de polifenóis totais (Figura 27-A e B), foram mais expressivos no 100CC, diferindo dos demais níveis de umidade e do SEMIRRIG. Para antocianinas totais o 85CC exibiu a menor concentração dentre os níveis de umidade e para IPT o SEMIRRIG apresentou menor concentração em relação aos níveis de umidade do solo.

A concentração de compostos fenólicos do vinho no 100CC foi coincidente com a massa de cascas e relação casca baga (Figura 19-B e C), mas não com a concentração evidenciada na extração das cascas (Figura 26-A e B), na qual o SEMIRRIG apresentou maior concentração de antocianinas totais e polifenóis totais em relação aos níveis de umidade do solo.

A resposta dos atributos de cor nos vinhos (tonalidade e intensidade) apresentou-se proporcionais a concentração de compostos fenólicos. Desta forma, na safra 2015/16 o 100CC se destacou em relação aos demais níveis de umidade do solo e o SEMIRRIG, indicando que o vinho proveniente do 100CC, possivelmente foi favorecido pela maior expressão de casca/polpa potencializando assim a cor.

Muitos fatores influenciam a cor do vinho tinto antes do início da vinificação. A concentração e composição dos compostos relacionados com a cor no vinho tinto são influenciadas por muitos fatores vitícolas (MCRAE et al., 2018).

A cor vermelha do vinho é desenvolvida a partir de interações entre taninos e antocianinas extraídos de uvas durante a produção de vinho. Nas principais variedades de *Vitis vinifera* utilizadas para a produção de vinho tinto em todo o mundo, as antocianinas de uva compreendem derivados monoglucósidos de várias estruturas, sendo a malvidina 3- *O*-glucósido a mais abundante (MCRAE et al., 2018).

A cor das antocianinas depende do pH da solução. Em soluções ácidas (pH <2), as antocianinas existem como cátions flavílicos vermelhos e em soluções de pH mais alto (pH 4,5-6,0) a base quinoidal azul domina (MCRAE et al., 2018).

Os componentes físico-químicos de acidez total e pH do vinho na safra 2015/16 diferiram entre os tratamentos. A acidez total foi maior no tratamento SEMIRRIG diferindo dos níveis de umidade. Entre os níveis de umidade do solo o tratamento 100CC em 85CC diferiu do 70CC. Para variável de pH, o tratamento SEMIRRIG apresentou menor pH, diferindo dos níveis de umidade. Entre os níveis de umidade o 85CC diferiu estatisticamente do 100CC.

Para a safra de 2016/17, os compostos fenólicos foram mais elevados em relação a safra anterior. Isso ocorreu em função do tempo de quantificação das amostras, pois conforme mencionado anteriormente, os vinhos da safra 2015/16 foram analisados cerca de um ano após o envase e os da safra 2016/17 com cerca de 3 meses após o envase.

Na safra de 2016/17 a concentração de antocianinas totais e índices de polifenois totais foi mais acentuada no 70CC, diferindo dos demais níveis de umidade e o SEMIRRIG. Para o IPT somente foi evidenciada diferença estatística em relação ao 100CC e 85CC. A resposta do 70CC foi semelhante ao SEMIRRIG. As antocianinas e IPT foram semelhantes proporcionais com os teores extraídos na casca.

Kyraleou et al. (2016) afirmam que estratégias de irrigação deficitária aumentam o valor nutracêutico das bagas, uma vez que a restrição hídrica induz o acúmulo de antocianinas. De acordo com Deluc et al. (2009), a restrição de água no solo durante a fase de

maturação tem um impacto significativo no metabolismo da baga, influenciando diretamente o sabor e características da composição de uvas e vinhos.

Os níveis de umidade modificam os perfis de metabólitos secundários (TORRES, et al. 2017). Nossos resultados estão de acordo com essas observações, onde os autores afirmam que a irrigação é considerada o principal modulador das concentrações de antocianinas, e o estresse severo super potencializa a expressão de flavonóides.

Savoi et al. (2016) também relataram concentrações fenólicas maiores em função de restrição hídrica severa. O aumento dos compostos fenólicos, em especial antocianinas, ocorre mediante condições de seca (NICULCEA et al., 2014, 2015; KYRALEOU et al., 2016) devido aos efeitos diretos na expressão e metabolismo dos flavonóides (CASTELLARIN et al., 2007b).

As antocianinas são os principais agentes responsáveis pela cor das uvas vermelhas e pelos vinhos produzidos a partir delas (TORRES et al., 2017). Posto isso, atributo de cor (tonalidade) foi destacado no 70CC, 100CC e SEMIRRIG, com diferenças apenas do 85CC. A intensidade foi mais pronunciada no 100CC e SEMIRRIG, diferindo do 70CC, que teve um leve decréscimo e por sua vez diferiu do 85CC.

As antocianinas sofrem reações de hidratação que produzem uma forma hemiacetal incolor (CHEYNIER et al., 2006). Assim, quando o pH do vinho está na faixa de 3,5, as antocianinas estão presentes em uma mistura de formas coloridas e incolores, com as formas incolores dominando (MONAGAS et al., 2005). Possivelmente, a tonalidade e intensidade aumentada, divergente do acúmulo de compostos fenólicos ocorridos na safra 2016/17 no tratamento SEMIRRIG e 100CC esteja relacionado com interações não covalentes entre antocianinas e compostos fenólicos não coloridos, pois a interação destes podem influenciar a cor do vinho tinto por meio da copigmentação (MCRAE et al., 2018).

Andersen e Jordheim (2010), explicam que as superfícies planas das antocianinas interagem com as superfícies planares dos compostos fenólicos formando pilhas moleculares. Assim, a copigmentação aumenta potencialmente a intensidade da cor devido ao efeito hipocrômico (HERAS-ROGER et al., 2016).

A acidez e o pH do vinho dessa safra deferiram entre os tratamentos. Para acidez total, os tratamentos SEMIRRIG, 100CC e 70CC não diferiram entre si, contudo diferiu do 85CC. O pH no 100CC não diferiu do SEMIRRIG e 70CC, mas foi maior do que do 85CC. O pH do vinho depende do tipo e da concentração dos ácidos orgânicos e da concentração de cátions, especialmente do potássio (RIZZON; MIELE, 2002). Os fatores que interferem na variação

do pH na vinificação estão relacionados com a liberação de ácidos orgânicos e minerais da película para o mosto, especialmente o potássio (RIZZON; MIELE, 2002a).

Desse modo, bagas com maior proporção casca/polpa, estão mais sujeitas a liberação de ácidos e minerais para o vinho, fato esse que coincide com maior pH do vinho no 100CC, com maior massa de casca e relação casca baga nesse tratamento. Rizzon e Miele (2002b) ressaltam que essa é uma característica comumente encontrada em vinhos da variedade Cabernet Sauvignon devido à acentuada extração de potássio da película da uva para o mosto durante a maceração.

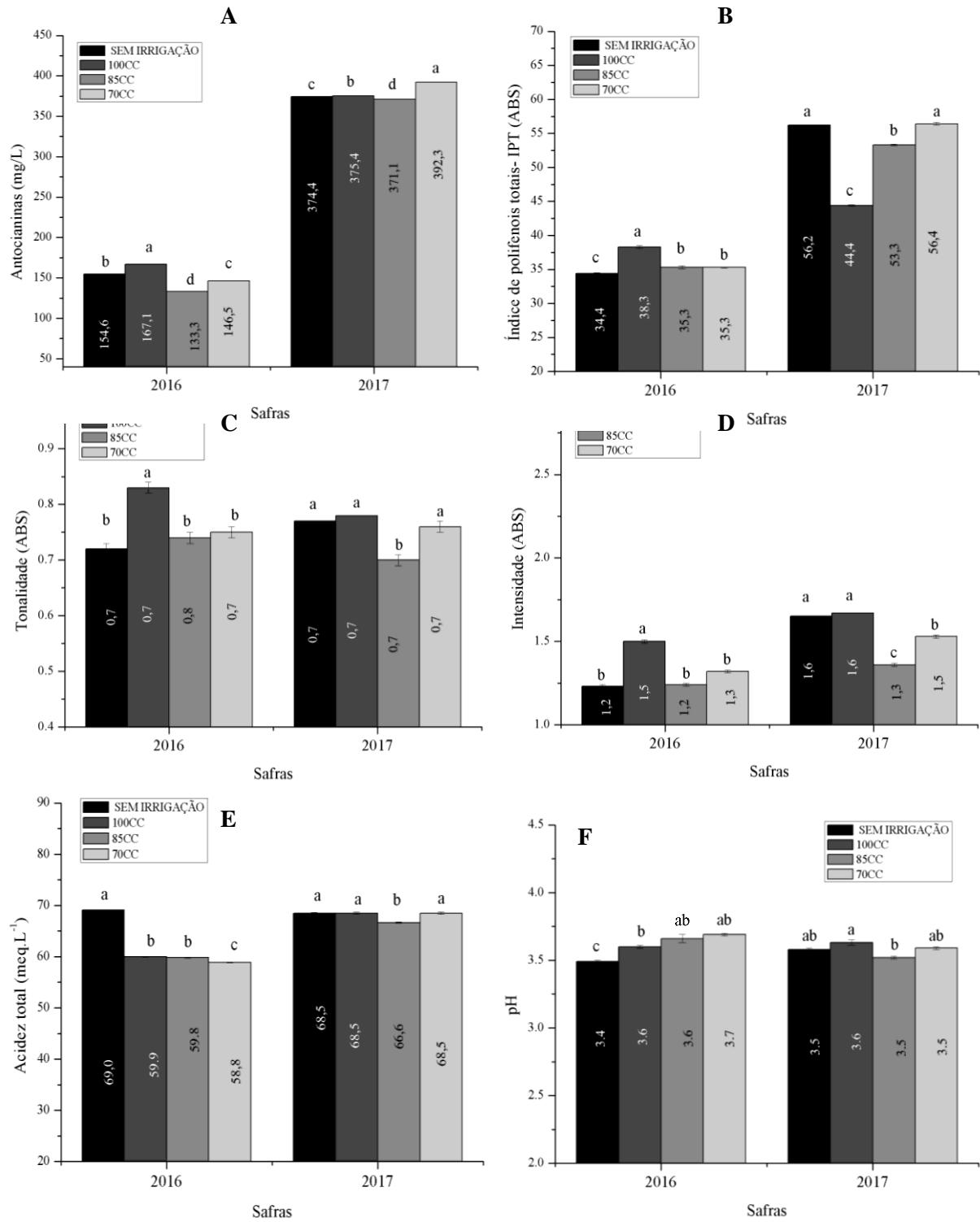
Rizzon e Miele (2002a) destacam que os fatores relacionados à acidez do vinho têm participação importante nas características sensoriais e na estabilidade físico-química e biológica do vinho. A acidez do vinho é diretamente relacionada à composição do mosto, especialmente à sua acidez, à concentração de potássio e à predominância do ácido tartárico em relação ao málico (GABAS et al., 1994).

Os resultados analíticos da acidez total evidenciaram que ela é menor no vinho que no mosto, exceto para o tratamento 100CC da safra de 2016/17. Essa redução de acidez se deve à fermentação malolática e à precipitação do ácido tartárico na forma de bitartarato de potássio (RIZZON; MIELE, 2002).

Rizzon e Miele (2002b) destaca que os vinhos Cabernet Sauvignon geralmente têm pH elevado, em decorrência da extração acentuada de K da película da uva por ocasião de sua maceração durante a vinificação. Valores elevados de pH expõem os vinhos a alterações microbiológicas e físico-químicas, prejudiciais a sua estabilidade.

Os níveis de umidade, somada ao regime de chuvas, condicionaram a síntese e acumulação de compostos fenólicos e essas características foram expressas na vinificação, resultando em vinhos com concentrações correlatas ao conteúdo obtidos nas bagas, dessa forma para uma condição mais úmida o vinho resultante do nível 100CC apresentou riqueza em compostos fenólicos e cor. Já, para uma condição mais seca o vinho proveniente do tratamento com nível de umidade 70CC se sobressaiu na concentração de compostos fenólicos.

Figura 25 – Atributos físicos-químico do vinho da uva ‘Cabernet Sauvignon’ conduzida sob três níveis de umidade no município de São Joaquim-SC. Barras com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.



## 5 CONCLUSÃO

Os atributos relacionados aos rendimentos da videira são sensíveis aos níveis de umidade do solo, sendo que os níveis 100CC e 85CC tiveram melhor desempenho e o mais restritivo (70CC) o pior desempenho. Considerando que as diferenças entre aqueles dois tratamentos foram pequenas, o 85CC foi mais eficiente no uso dos recursos hídricos.

Os atributos químicos do mosto são influenciados pelo nível de umidade do solo e pela safra, mas não houve uma resposta clara entre os tratamentos.

De modo geral o tratamento mais restritivo (70CC) afetou positivamente a composição fenólica e atributos da cor do mosto da uva e do vinho.

## REFERENCIAS

ABRISQUETA, I. et al. Effects of post-veraison irrigation regime on 'Cabernet Sauvignon' grapevines in Valencia, Spain: Yield and grape. **Agricultural Water Management**, v. 170 p. 110–119, 2016.

ACEVEDO-OPAZO, C. et al. 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, 2010.

ADAMS, D. Phenolics and ripening in grape berries. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 57, p. 249-256, 2006.

AERNY, J. Définition de la qualité de la vendange. **Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture, Nyon**, v.17, n.4, p.219-223, 1985.

AHUJA, R.; KISSEN, A.M. Phytoalexins in defense against pathogens. **Trends in Plant Science**, v.17, p. 73-90, 2012.

AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. Análisis de vinos y mostos. **Zaragoza**:Acribia, 1976. 158p.

ANDERSEN, O.M.; JORDHEIM, M. Chemistry of flavonoid-based colors in plants. **Comprehensive Natural Products**, p. 547–614, 2010.

APEL, K; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373-399, 2004.

AZIZ, B. et al. Effectiveness of beneficial bacteria to promote systemic resistance of grapevine to gray mold as related to phytoalexin production in vineyards. **Plant and Soil**, v. 405, p. 141 – 153, 2016.

BINDON, K. et al. Properties of wine polymeric pigments formed from anthocyanin and tannins differing in size distribution and subunit composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 11582–11593, 2014.

BÖHM, H.J., 2013. **The Influence of Soil on Wine Quality. Vine to Wine** Circle. <<http://www.vinetowinecircle.com/en/terroir-2/theinfluence-of-soil-on-wine-quality/>> Acesso em: 14 Jun. 2016.

BONADA, M. et al. Impact of elevated temperature and water deficit on the chemical and sensory profiles of Barossa Shiraz grapes and wines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.21, p. 240–253, 2015.

BORGHEZAN, M et al. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.398-405, 2011.

BRIGHENTI, A.F. et al. Desempenho vitivinícola da ‘Cabernet Sauvignon’ sobre diferentes porta-enxertos em região de altitude de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v.33, n.1, p.96-102, 2011.

CACERES-MELLA, A. et al. Controlled water deficit during ripening affects proanthocyanidin synthesis, concentration and composition in Cabernet Sauvignon grape skins. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.117, p. 34-41, 2017.

CANTOS-VILLAR, E. et al. Terroir and variety: Two key factors for obtaining stilbene-enriched grapes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 31, p. 191–198, 2013.

CARBONNEAU, A., 1998. Irrigation, vignoble et produits de la vigne. In: *Traité d’irrigation, Aspects qualitatifs*. Paris, Lavoisier, pp. 257–276 (Chapitre IV).

CASASSA, L. F. et al. Regulated deficit irrigation alters anthocyanins, tannins and sensory properties of ‘Cabernet Sauvignon’ grapes and wines. **Molecules**, v.20, p.7820–7844, 2015.

CASTELLARIN, S.D. et al. Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. **Planta**, v. 227, p. 101–112, 2007a.

CASTELLARIN, S.D. et al. Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in ripening fruits of grapevine under seasonal water deficit. **Plant, Cell & Environment**, v. 30, p. 1381–1399, 2007b.

CATALUÑA, E. **Uvas e os vinhos**. São Paulo: 3.edição.rev e ampl. 1991.

CHAPMAN, D.M. et al. Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different crop yields. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, p. 325–334, 2004.

CHAVES, M. M. et al. How plant cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, p. 907–916, 2002.

CHEYNIER, V. et al. Structure and properties of wine pigments and tannins. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.57, p. 298–305, 2006.

CHIARIELLO, N.R., GULMON, S.L., Stress effects on plant reproduction. **Academic Press**, p.161–188, 1991.

CHIRA, K. et al. Cabernet Sauvignon red wine astringency quality control by tannin characterization and polymerization during storage. **European Food Research and Technology**, v. 234, p. 253-261, 2012.

CIVIT, B. et al. Case study The water consumed in the production of grapes for vinification (*Vitis vinifera*). Mapping the blue and green water footprint. **Ecological Indicators**, v.85, p. 236-243, 2018.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e de calagem para os estados do RS e SC. 10.ed. Porto Alegre: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul**, 2016. 376p.

COLAK. B.Y.; YAZAR. A. Evaluation of crop water stress index on Royal table grape variety under partial root drying and conventional deficit irrigation regimes in the Mediterranean Region. **Scientia Horticulturae**, v. 224, p.384-394, 2017.

CONDE, C. et al. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. **Global Science Book**, v.1, p.1-22, 2007.

COSTANTINI, E.A.C. et al. Mapping suitability for Sangiovese wine by means of d13C and geophysical sensors in soils with moderate salinity. **European Journal of Agronomy**, v. 33, p. 208–217, 2010.

DAI Z.W. et al. Ecophysiological, genetic, and molecular causes of variation in grape berry weight and composition: a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.62, p. 413-425, 2011.

DE SOUZA, C.R. et al. Grape berry metabolism in field-grown grapevines exposed to different irrigation strategies. **Vitis**, v. 44,p. 103–109, 2005.

DELUC, L. et al. Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavor and quality traits in grape berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay. **BMC Genomics**, v. 10, p.212, 2009.

DEXTER, A. R. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v. 120, p. 201-214, 2004.

DI VITTORI, L. et al. Pre-harvest factors influencing the quality of berries. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 310-322, 2018.

DUARTE, V. N. Estudo da cadeia produtiva do vinho em Santa Catarina: características e estágio atual. **Evidência**, v. 13 n. 1, p. 41-56, 2013.

DUCHÈNE, E; SCHNEIDER, C. Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 24, p. 93–99, 2005.

EDWARDS, E.J., CLINGELEFFER, P.R. Inter-seasonal effects of regulated deficit irrigation on growth, yield, water use, berry composition and wine attributes of Cabernet Sauvignon grapevines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 19, p. 261–276, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. Dados e informações biofísicas da unidade de planejamento regional Planalto Sul Catarinense – UPR 3. Florianópolis. 2002. 76 p.

ESTEBAN, M.A. et al. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 409–420, 2001.

KÖGLER, F.; D. SÖFFKER. Review: Water (stress) models and deficit irrigation: System-theoretical description and causality mapping. **Ecological Modelling**, v. 361, p.135–156, 2017.

FACI, J.M. et al. Effect of post veraison regulated deficit irrigation in production and berry quality of Autumn Royal and Crimson table grape cultivars. **Agricultural Water Management**, v. 134, p. 73–83, 2014.

FALCÃO, L.D. **Caracterização analítica e sensorial de vinhos ‘Cabernet Sauvignon’ de diferentes altitudes de Santa Catarina**. Florianópolis. 2007. 175p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.

FANCIULLINO, A.L. et al. Carotenoid responses to environmental stimuli: integrating redox and carbon controls into a fruit model. **Plant Cell Environ.**, v. 37, p. 273–289, 2014.

FERNANDES DE OLIVEIRA, A. et al. Deficit irrigation strategies in *Vitis vinifera* L. cv. Cannonau under Mediterranean climate. Part I—physiological responsesgrowth yield and berry composition. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 34, p. 170–183, 2013.

GATTI, M. et al. Effects of cluster thinning and pre-flowering leaf removal on growth and grape composition in cv. Sangiovese. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 63, p. 325–332, 2012.

GIL, M. et al., Influence of grape maturity and maceration lenght on color, polyphenolic composition, and polysaccharide content of Cabernet Sauvignon and Tempranillo wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 7988- 8001, 2012.

GIOVANNINI, E. Produção de uvas para vinho, suco e mesa. Porto Alegre: **Renascença**, 2a edição, 2005.

GIRONA, J. et al. Phenological sensitivity of berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinifera* L.) to water stress. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 15, p. 268–277, 2009.

GIRONA, J. et al. The use of mid-day leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. **Irrigation Science**, v. 24, p. 115–127, 2006.

GLORIES, Y. La couleur des vins rouges. Les équilibres des anthocyanes et des tanins du Vin. **Bordeaux**: Actualités, 1998. 417p

GREGAN, S.M. et al. Effects of solar ultraviolet radiation and canopy manipulation on the biochemical composition of Sauvignon Blanc grapes. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 18, p. 227–238, 2012.

GUTIÉRREZ-GAMBOA, G. et al. Carignan phenolic composition in wines from ten sites of the Maule Valley (Chile): Location and rootstock implications. **Scientia Horticulturae**, v.234, p. 63-73, 2018.

HALL, A; JONES, G.V. Spatial analysis of climate in winegrape-growing regions in **Australian Journal of Grape and Wine Research**., v.16, p. 389–404, 2010.

HAO, X. et al. Spatial variability of grape yield and its association with soil water depletion within a vineyard of arid northwest China. **Agricultural Water Management**, v. xxx, p. xxx–xxx, 2016.

HARDIE, W. J.; CONSIDINE, J. A. Response of Grapes to Water-Deficit Stress in Particular Stages of Development. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 27, p.: 55-61, 1976.

HERAS-ROGER, J. et al. What Gives a Wine Its Strong Red Color? Main Correlations Affecting Copigmentation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, p. 6567–6574, 2016.

HERRERA-HERNÁNDEZ, M. G. et al. Controlled water deficit as abiotic stress factor for enhancing the phytochemical content and adding-value of crops. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 354–360, 2018.

HOLZ, G. et al. Occurrence of Botrytis cinerea and subsequent disease expression at different positions on leaves and bunches of grape. **Plant Disease Journal**, v.87, p. 351-358, 2003.

HUGLIN, P; SCHNEIDER, C., 1998. **Biologie et écologie de la vigne**. Lavoisier, Paris, 370 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [Economia]. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=4&z=t&o=26&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1>>. Acesso em: 10 Jun. 2018.

ILAND, P. et al. Chemical analyses of grapes and wine: **Techniques and concepts**. Australia: Campbell town, SA, 2004.48 p.

INTRIGLIOLO, D.S.; CASTEL, J.R. Interactive effects of deficit irrigation and shoot and cluster thinning on grapevine cv. Tempranillo. Water relations, vine performance and berry and wine composition. **Irrigation Science**, v.28, p. 113–125, 2012.

INTRIGLIOLO, D.S.; CASTEL, J.R. Response of Vitis vinifera cv. Tempranillo to partial root-zone drying in the field: water relations growth, yield and fruit and wine quality. **Agriculture Water Management**, v. 96, p. 282–292, 2009.

JACKSON, D.I; CHERRY, N. J. Prediction of a district's grape-ripening capacity, using a latitude-temperature index (LTI). **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 1, p. 19–28, 1998.

JACKSON, R.S. **Wine Science Fourth Edition: 5 Site Selection and Climate**, 2014, 307-346p.

JONES, H., 2014. **Plants and Microclimate**, 3rd ed. Cambridge University Press, New York.

KALLITHRAKA, S. et al. Effect of irrigation regime on perceived astringency and proanthocyanidin composition of skins and seeds of *Vitis vinifera* L. Syrah grapes under semiarid conditions. **Food Chemistry**, v. 203, p. 292–300, 2016.

KELLER, M. Deficit irrigation and vine mineral nutrition. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 56, p. 267–283, 2005.

KELLER, M. O.; VIRET, F.M. Botrytis cinerea infection in grape flowers: defense reaction, latency, and disease expression. **Phytopathology**, v. 93, p. 316-322, 2003.

KENNEDY, J.A. et al. The effect of maturity and wine water status on grape skin flavonoids. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, p. 268–274, 2002.

KRIEDEMANN, P.E; GOODWIN, I. **Regulated deficit irrigation and partial root drying**, Land Water Aust. (2004).

KOUNDOURAS, S. et al. Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of non-irrigated cv Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 5077–5086, 2006.

KUHN N. et al. Berry ripening: recently heard through the grapevine. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, p. 4543-4559, 2013.

KYRALEOU, M. et al. Effect of irrigation regime on anthocyanin content and antioxidant activity of *Vitis vinifera*L: cv Syrah grapes under semiarid conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, p. 988-996, 2016.

LALOI, C. et al. Reactive oxygen signalling: the latest news. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 7, p. 323–328, 2004.

LAMBERT, C. et al. Phenolics and their antifungal role in grapevine wood decay: focus on the Botryosphaeriaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.60, p.11859-11868, 2012.

LANYON, D.M. et al. The effect of soil properties on vine performance. **CSIRO land and water technical report**. No. 34/04. 2004.

LARCHER, W., 1987. **Stress bei Pflanzen**. Naturwissenschaften 74, 158–167.

LAVIOLA, G. et al. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1521-1530, 2007.

LEÃO, P. C. S. Breve histórico da vitivinicultura e a sua evolução na região semiárida brasileira. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, vol. 7, p.81-85, 2010.

LECOEUR, J; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v.36, p.331-335, 1996.

LIANG, Z.C. et al. Changes of polyphenols, sugars, and organic acid in 5 *Vitis* genotypes during berry ripening. **Journal of Food Science**, v. 76, p. C1231-C1238, 2011.

LIMA, M R.M. et al. Differential phenolic production in leaves of *Vitis vinifera* cv. Alvarinho affected with esca disease. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 112, p. 45-52, 2017.

LOSSO, F. B; PEREIRA, R. M. F. do A. A vitivinicultura de altitude em Santa Catarina (Brasil): espaços privilegiados para o turismo. **Turismo & Sociedade**, v. 7, p. 418-445, 2014.

LU, B.; ZHAO, Y. Photooxidation of phytochemicals in food and control: a review. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1398, p. 72–82, 2017.

LUCIANO, R.V. et al. Condições meteorológicas e tipo de solo na composição da uva 'Cabernet Sauvignon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p. 97–104, 2013.

MANFROI, L. et al. Evolução da maturação da uva Cabernet Franc conduzida no sistema lira aberta. **Ciência Agropecuária**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 306-313, 2004.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/uva>. Acesso em: 11 Jun. 2016.

MARINHO, L.B. et al. Produção e qualidade da videira 'Superior Seedless' sob restrição hídrica na fase de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1682-1691, dez. 2009.

MCCARTHY, M.G; COOMBE, B.G. Is weight loss in ripening grape berries Shiraz caused by impeded phloem transport?. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 5, p. 17–21, 2002.

MCRAE, J.M. et al. Effect of wine pH and bottle closure on tannins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 11618–11627, 2013.

MCRAE, J.M. et al. Factors Influencing Red Wine Color From the Grape to the Glass. **Reference Module in Food Science**, 2018.

MEDRANO, H. et al. A ten year study on physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. **Functional Plant Biology**, v.30, p.607–619, 2003.

MÉROUGE, E. et al. Les sols et l'alimentation hydrique de la Vigne à Pomerol: état hydrique et de la Vigne croissance en 1995. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v.32, n. 2, p. 59-68, 1998.

MIELE, A.; RIZZON, L.A. Efeito de elevadas produtividades do vinhedo nas características físico-químicas e sensoriais do vinho Merlot. **Ciência Rural**, v.36, p.271-278, 2006.

MONAGAS, M. et al. Updated knowledge about the presence of phenolic compounds in wine. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, p. 85–118, 2005.

MOTA, R.V. et al. Biochemical and agronomical responses of grapevines to alteration of source-sink ratio by cluster thinning and shoot trimming. **Bragantia**, v.69, p.17- 25, 2010.

NAGPAL, A et al. Myotubularins, PtdIns5P, and ROS in ABA-mediated stomatal movements in dehydrated *Arabidopsis* seedlings. **Functional Plant Biology**, v. 45, p.259, 2018.

NICULCEA, M. et al. Characterization of phenolic composition of *Vitis vinifera* L.: 'Tempranillo' and 'Graciano' subjected to deficit irrigation during berry development. **Vitis**, v. 54, p. 9-16. 2015.

OJEDA, H. et al. Influence of pre-and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* Shiraz. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, p. 261–267, 2002.

PASTENES, C. et al. Carbon partitioning to berries in water stressed grapevines: the role of active transport in leaves and fruits. **Environmental and Experimental Botany**, v. 107, p. 154-166, 2014.

PELLEGRINO, A. et al. Towards a simple indicator of water stress in grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on the differential sensitivities of vegetative growth components. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 11, p. 306–315, 2005.

PEREIRA et al. H NMR metabolite fingerprints of grape berry: Comparison of vintage and soil effects in Bordeaux grapevine growing areas. **Analytica Chimica Acta**, v. 563, n. 1–2, p. 346–352, 2006.

PETERLUNGER, E. et al. Water stress induces changes in polyphenol concentration in Merlot grape and wines. **Rivista di Viticoltura e di Enologia**, v. 1, p.51–66, 2002.

PHOGAT, V. et al. Evaluation of crop coefficients, water productivity, and water balance components for wine grapes irrigated at different deficit levels by a sub-surface drip. **Agricultural Water Management**, v. 180, p. 22–34, 2017.

PINILLOS, V. et al. Post-veraison regulated deficit irrigation in 'Crimson Seedless' table grape saves water and improves berry skin color. **Agricultural Water Management**, V. 165, p.181-189, 2016.

POIROUX-GONORD, F. et al. Effect of fruit load on maturity and carotenoid content of clementine (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.) fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 2076–2083, 2012.

RAMOS, M.C, MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A. Climate variability and its effects in the Penedès vineyard region (NE Spain). **Centro di Ricerca per la Viticoltura**, v. 3, p.3-28, 2010.

RAMOS, M. C.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A. Soil water variability and its influence on transpirable soil water fraction with two grape varieties under different rainfall regimes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 185, p. 253–262, 2014.

RAMOS, M.C. et al. Phenology and grape ripening characteristics of cv Tempranillo within the Ribera del Duero designation of origin (Spain): Influence of soil and plot characteristics. **European Journal of Agronomy**, v. 70, p. 57–70, 2015.

RENOUF, V. et al. Soils, rootstocks and grapevine varieties in prestigious Bordeaux vineyards and their impact on yield and quality. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v.44, p. 127–134, 2010.

REYNARD, J.S. et al. Vine water status as a parameter of the terroir effect under the non-irrigated conditions of the vaud viticultural area (Switzerland). **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v.45, p. 139–147, 2011.

REYNOLDS, A. G.; BALINT, G. Irrigation level and time of imposition impact vine physiology, yield components, fruit composition and wine quality of Ontario Chardonnay. **Scientia Horticulturae**, v. 214, p. 252–272, 2017.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. *Traité d'oenologie. 2. Chimie du vin:stabilisation et traitements*. **Paris: Dumond**. V. 2, 1998. 519 p.

RISTIC, R; ILAND, P. G., Relationships between seed and berry development of *Vitis Vinifera* L. cv Shiraz: Developmental changes in seed morphology and phenolic composition. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 11, p. 43-58, 2005.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Acidez na vinificação em tinto das uvas isabel, cabernet sauvignon e cabernet franc the acidity in the vinification of isabella, cabernet sauvignon, and cabernet franc red grapes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 3, 2002a.

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

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

ROBINSON, J.M.; BUNCE, J.A. Influence of drought-induced water stress on soybean and spinach leaf ascorbate-dehydroascorbate level and redox status. **International Journal of Plant Sciences**, v. 161, p. 271–279, 2000.

ROBY, G. et al. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.10, p. 100–107, 2005.

ROMANAZZI, F.M.; GABLER, J.L. Preharvest chitosan and postharvest UV irradiation treatments suppress gray mold of table grapes. **Plant Disease Journal**, v. 90, p. 445-450, 2006.

ROMERO, P. et al. Regulated Deficit Irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes and wines. **Agricultural Water Management**, v. 121, p. 85–101, 2013.

ROMERO, P. et al. Improvement of yield and grape and wine composition in field-grown Monastrell grapevines by partial root zone irrigation, in comparison with regulated deficit irrigation. **Agricultural Water Management**. 149, 55–73, 2015.

RUIZ-SANCHEZ, M.C. et al. Review. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. **Spanish Journal of Agricultural Research – INIA**, v. 8, p. 5–20, 2010.

SALON, J.L. et al. Response of cv. bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: water relations, yield, and wine quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.56, p. 1–8, 2005.

SANTESTEBAN, L.G; ROYO, B. Water status, leaf area and fruit load influence on berry weight and sugar accumulation of ‘Tempranillo’ under semiarid conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 109, 60–65, 2006.

SANTESTEBAN, L.G., MIRANDA, C., ROYO, J.B. Regulated deficit irrigation effectson growth yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. tempranillo. **Agriculture Water Management**, v.98, p.1171–1179, 2011.

SANTOS, H.P. et al. Qualidade da uva ‘Cabernet Sauvignon’ submetida ao raleio de cachos no sistema de condução latada. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.9, n.2, p.160-168, 2010.

SAVOI, S. et al. Transcriptome and metabolite profiling reveals that prolonged drought modulates the phenylpropanoid and terpenoid pathway in white grapes (*Vitis vinifera* L.). **BCM Plant Biology**, v. 16, p. 67, 2016.

SCHNEE, S. et al. *Vitis vinifera* canes, a new source of antifungal compounds against *Plasmopara viticola*, *Erysiphe necator*, and *Botrytis cinerea*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 5459-5467, 2013.

SEBASTIAN, B. et al. Response of grapevine Syrah to irrigation frequency and water distribution pattern in a clay soil. **Agricultural water management jornal**, v.148, p. 269–279, 2015.

SERRANO, L. et al. Assessment of grape yield and composition using the reflectance based Water Index in Mediterranean rainfed vineyards. **Remote Sensing of Environment**, v. 118, p. 249–258, 2012.

SHELLIE, K.C. Vine and berry response of Merlot (*Vitis vinifera* L.) to differential water stress. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 57, p. 514–518, 2006.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic – phosphotunestic acids reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, n.16, p. 144-158, 1965.

SOMERS, C.T.; EVANS, M.E. Wine quality: correlations with colour density and anthocyanin equilibria in a group of young red wines. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.. 25, p.1369–1379, 1974.

STEDUTO, P. et al. AquaCrop: A New Model for Crop Prediction Under Water Deficit Conditions. **FAO Rome**, v.33 p. 285–292, 2009.

SZENTELEKI, K. et al. Climatic risk factors of central hungarian grape growing regions. **Applied ecology and environmental research**, v. 10, p. 87–105, 2011.

TAIZ, L; ZEIGER. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6<sup>a</sup> Ed. Artmed, 2017, 918p.

TARARA, J.M. et al. Berry temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in Merlot grapes. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.59, p. 235–247, 2008.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.413-416, 1999.

TORRES, N. et al. Flavonoid and amino acid profiling on *Vitis vinifera* L. cv Tempranillo subjected to deficit irrigation under elevated temperatures. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.62, p. 51-62, 2017.

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

TSAO, R. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. **Nutrients**, v.2, p.1231–1246, 2010.

UBALDE, J.M. et al. Effects of Soil and Climatic Conditions on grape tipening and wine quality of Cabernet Sauvignon. **Journal of Wine Research**, v. 21, p. 1–17, 2010.

URBAN, L.; ALPHONSOUT, L. Girdling decreases photosynthetic electron fluxes and induces sustained photoprotection in mango leaves. **Tree Physiology**, v. 27, p. 345–352, 2007.

URIARTE. D et al. Combined effects of irrigation regimes and crop load on ‘Tempranillo’ grape composition. **Agricultural Water Management**, v.165, p. 97-107, 2016.

VAN LEEUWEN, C; SEGUIN, G. Incidences de l’alimentation en eau de la vigne, appréciée par l’etat hydrique du feuillage, sur le développement de l’appareil végé- tatif et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* var. ‘Cabernet franc’). **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v.28, p.81–110, 1994.

VAN LEEUWEN, C. et al. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v.43, p.121-134, 2009.

VAN LEEUWEN, C. et al., The influence of climate, soil and cultivar on terroir. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, n.3, p. 207–217, 2004.

VAN LIER, Q.J. **Física do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298p.

VILLALOBOS-GONZALEZ, L. et al. Long-term efects of abscisic acid (ABA) on the grape Berry phenylpropanoid pathway: gene expression and metabolite content. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 105, p. 213-223, 2016.

WHITE, M.A. et al. Land and wine. **Nature Geoscience**, v. 2, p. 82- 84, 2009.

XIONG, L. et al. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. **Plant Cell**, v. 14, p.165-, 2002.

ZOBAYED, S.M.A. et al. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. John's wort plants under a water stress condition. **Environmental and Experimental Botany**, v.59, p. 109–116, 2007.

ZONIA, L.; MUNNIK, T. Life under pressure: hydrostatic pressure in cell growth and function. **Trends in Plant Science**, v. 12, p. 90–97, 2007.

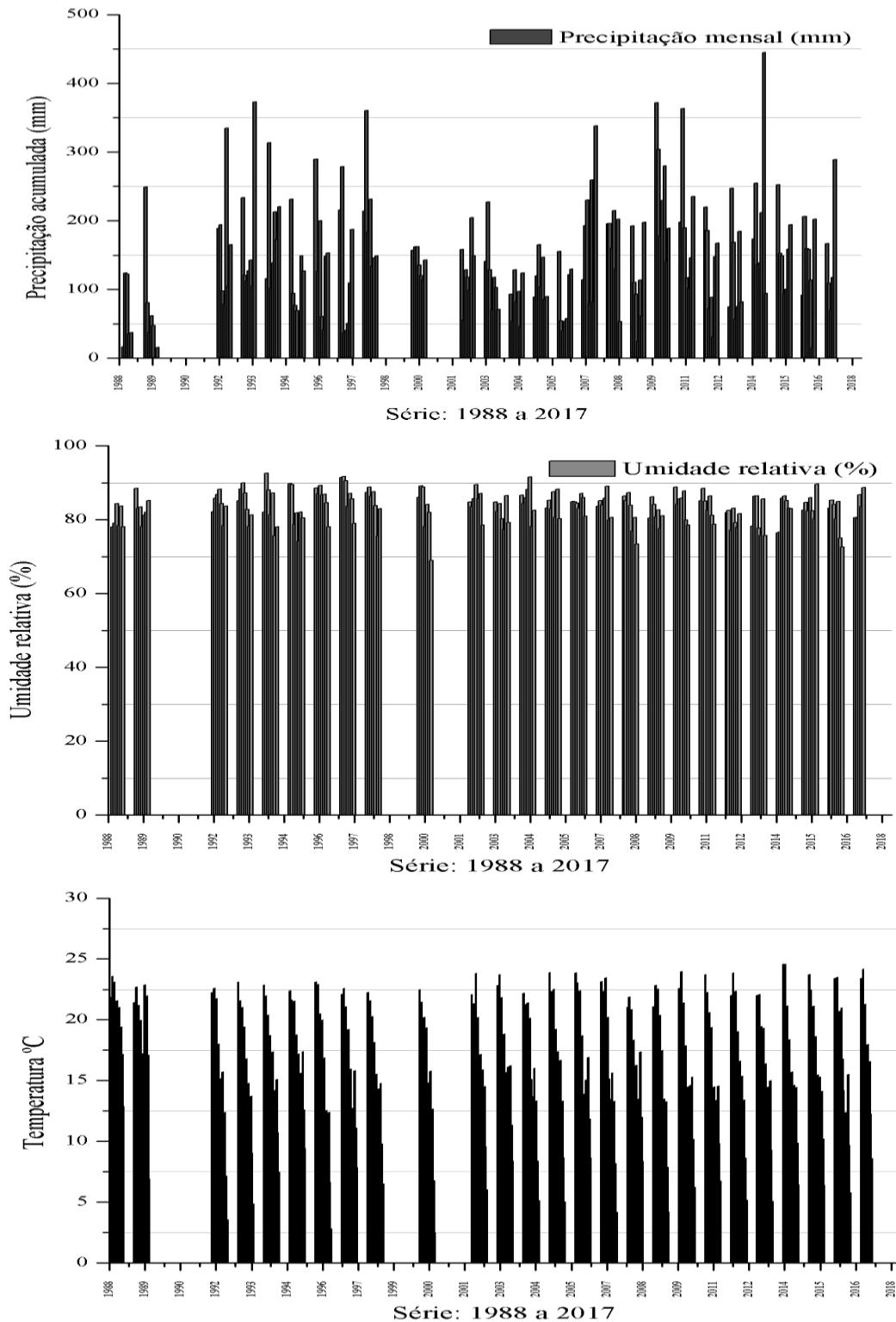
ZSÓFI, Z.S. et al. Use of stomatal conductance and water potential before dawn to classify terroir for the Kékfrankos grape variety. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.15, p. 36-47, 2009.

ZSÓFI, Z.S. et al. Terroir aspects of grape quality in a cool climate wine region: Relationship between water deficit, vegetative growth and berry sugar concentration. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 494–499, 2011.

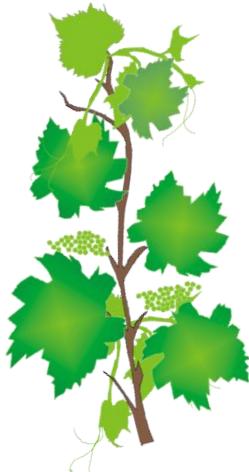
ZSÓFI, Z.S. et al. Texture characteristics of the grape berry skin and seed (*Vitis vinifera* L. Kékfrankos) under postveraison water deficit. **Scientia Horticulturae**. 172, 176-182, 2014.

## APÊNDICES

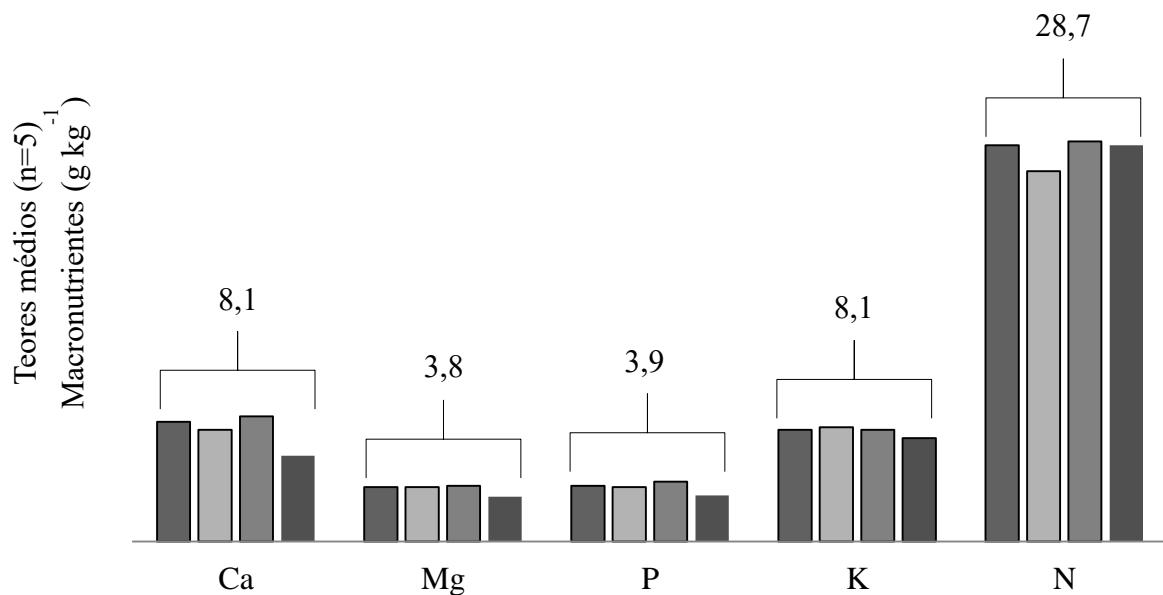
**APÊNDICE A** – Série histórica de 29 anos para os dados climáticos de precipitação, umidade relativa do ar e temperatura do município de São Joaquim-SC.



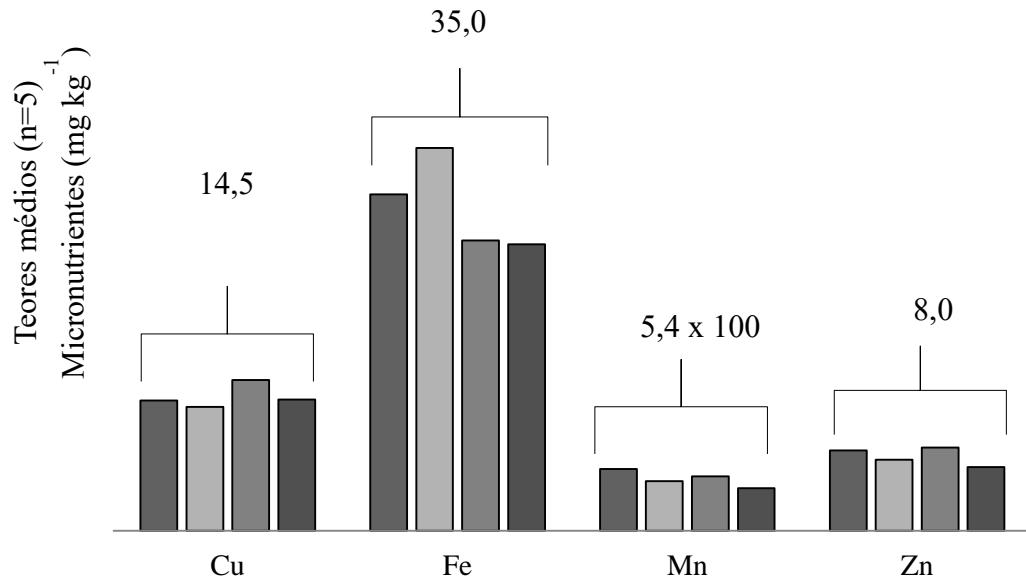
**APÊNDICE B** – Posição da folha da uva ‘Cabernet Sauvignon’ para quantificação do estado nutricional a pleno florescimento.



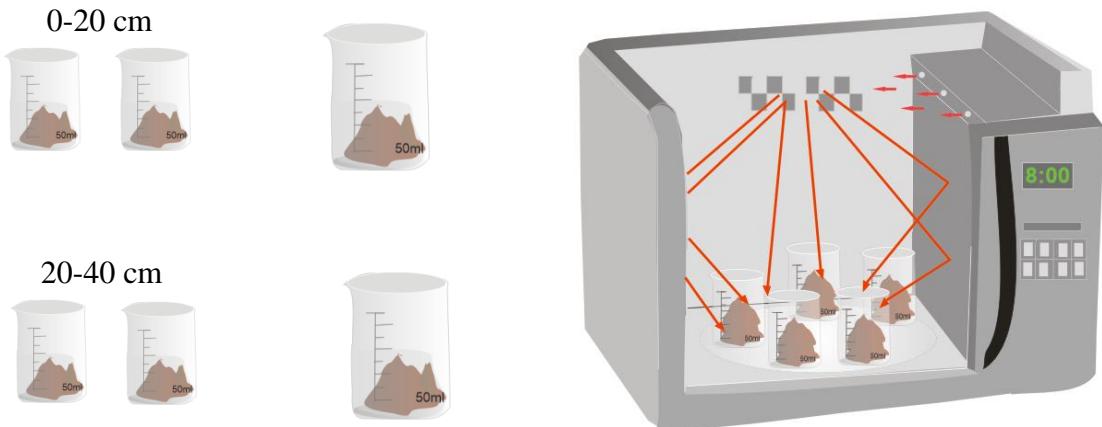
**APÊNDICE C** – Teores de macronutrientes na folha da uva ‘Cabernet Sauvignon’ em pleno florescimento, em São Joaquim-SC.



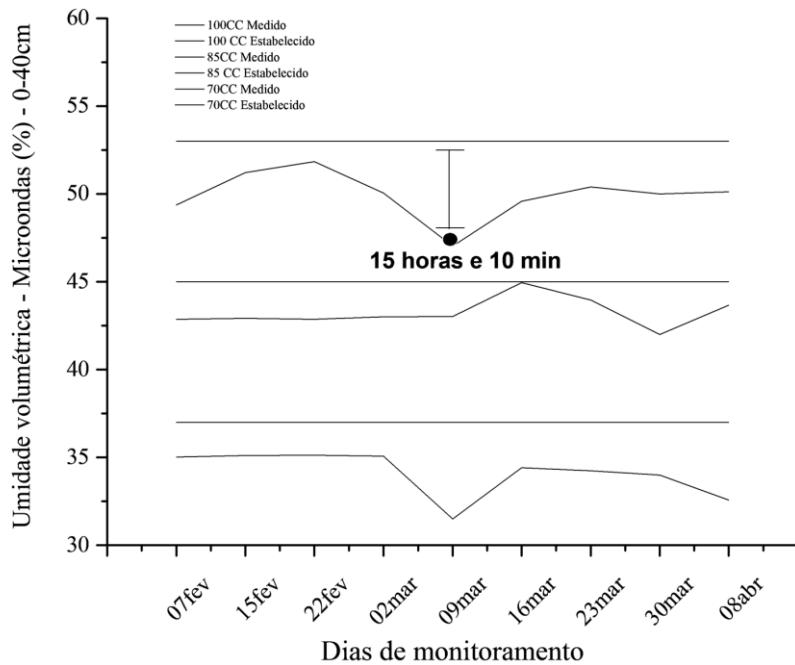
**APÊNDICE D** – Teores de micronutrientes na folha da uva ‘Cabernet Sauvignon’ em pleno florescimento, em São Joaquim-SC.



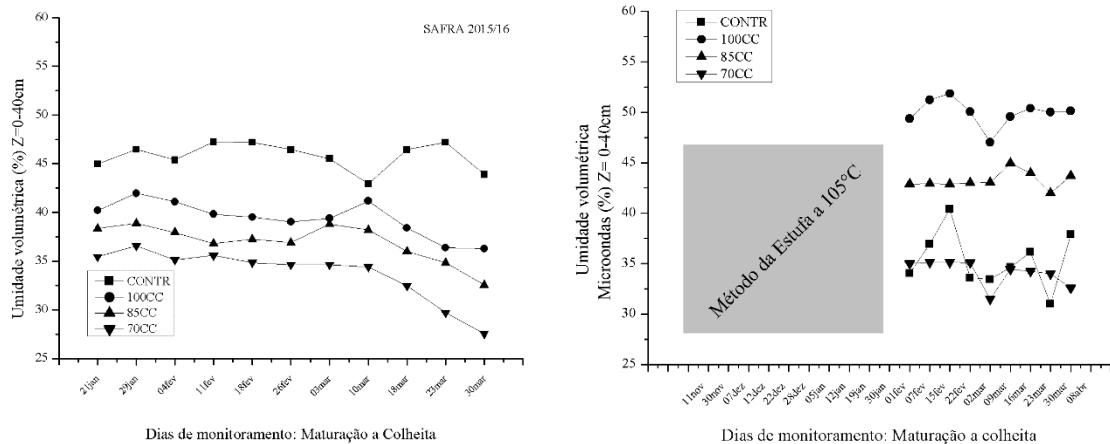
**APÊNDICE E** – Representação da quantificação da umidade do solo a campo pelo método de microondas.



**APÊNDICE F** – Procedimento a campo utilizado para determinação da lâmina de reposição de água no solo pelo método de microondas.

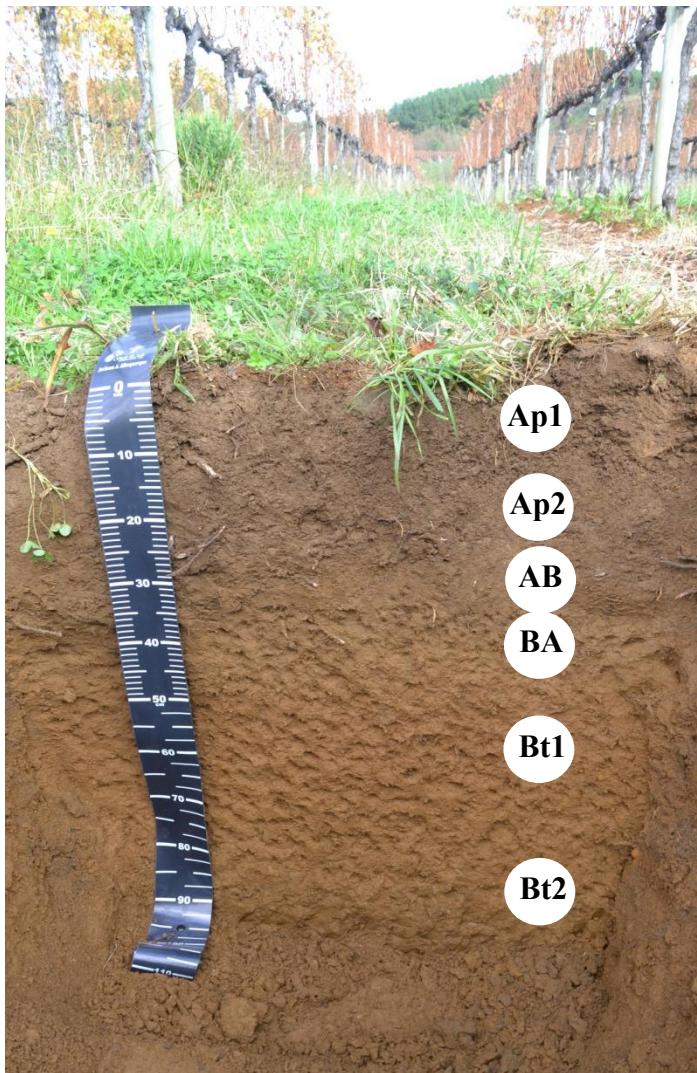


**APÊNDICE G** – Dinâmica do monitoramento da umidade do solo a campo pelo método de secagem via microondas.



**APÊNDICE H** – Distribuição do sistema radicular da videira cultivada em NITOSSOLO BRUNO distroférrico típico, no município de São Joaquim/ SC. Estudo com níveis de irrigação.



**APÊNDICE I** – Descrição geral do perfil

## Perfil Vinícola Suzin: NITOSSOLO BRUNO distroférrego típico

**DATA:** 25/05/17.

**CLASSIFICAÇÃO:** NITOSSOLO BRUNO distroférrego típico, A proeminente, solo com baixo gradiente textural e B Nítico.

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO:** Vinícola Suzin, município de São Joaquim-SC.

**SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL:** Relevo Ondulado sob cultivo de uva vitiviníferas.

**FORMAÇÃO GEOLOGICA E LITOLOGIA:** Serra Geral, período cronológico Jurocretácio e litologia de Basalto.

**MATERIAL DE ORIGEM:** produto da alteração do Basalto e deposição coluvial.

**PEDREGOSIDADE:**

**ROCHOSIDADE:**

**RELEVO REGIONAL:** Ondulado

**RELEVO LOCAL:** Suave ondulado

**EROSÃO:** Ausente

**DRENAGEM:** Boa/moderada

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA:** Campos subtropical com Araucárias.

**USO ATUAL:** Parreirais

**DESCRITO E COLETADO POR:** Jaime Antonio, Juciane Maria e Mateus Salomão.

## DESCRIÇÃO MORFÓLOGICA

Ap1	0-15cm; marron escuro (7,5YR 1/2, úmida), preto acastanhado (2,5YR 2/2, seco), argiloso; moderada, média, pequena e granular; transição gradual e plana.
Ap2	16-27cm; marron escuro (7,5YR 1/2, úmida), preto acastanhado (2,5YR 2/2, seco), argiloso; moderada, média, pequena em blocos subangulares; transição gradual e plana.
AB	27-36cm; marron escuro (7,5YR 1/2, úmida), preto acastanhado (7,5YR 2/2, seco), argiloso; moderada, média em blocos subangulares; transição clara e plana.
BA	36-50cm; bruno avermelhado escuro (5,0YR 3/4, úmida), bruno avermelhado escuro (5,0YR 3/4, seco), argiloso; moderada, média em blocos angulares e subangulares; transição gradual e plana.
Bt1	50-85cm; bruno avermelhado escuro (5,0YR 3/4, úmida), marron (7,5YR 3/4, seco), argiloso; moderada, média e prismática, média e pequena blocos sub angulares; transição gradual e plana.
Bt2	85-100+cm; bruno avermelhado escuro (5,0YR 3/4, úmida), marron (7,5YR 3/4, seco), argiloso; moderada, média e prismática, média e pequena blocos sub angulares.

**OBSERVAÇÕES:**

- Ap1 Presença de raízes fasciculadas, finas, médias em grande quantidade.
- Ap2 Presença de raízes fasciculadas, finas, médias e comuns.
- AB Presença de raízes secundárias médias e comuns.
- BA Presença de raízes comuns.
- Bt1 Cerosidade moderada e comum. Presença de basalto semi intemperizadas de proporções centimétricas. Presença de raízes fasciculadas, finas, medias e poucas.
- Bt2 Cerosidade moderada e comum. Raízes fasciculadas, finas, médias e raras.

Tabela I- Atributos físicos e químicos do NITOSSOLO BRUNO no Planalto Catarinense. Vinícola Suzin, São Joaquim- SC.

Hor.	Prof. (cm)	AT	Granulometria			Agregados			Ds	Pt	Mac	Mic $m^{-3}$	$\theta CC$	$\theta PMP$
			AF	AG $dag kg^{-1}$	Argila	Silte	DMP mm	DMG mm						
Ap1	0-15	17	9	8	45	38	5,8	2,9	1,14	0,67	0,11	0,56	0,56	0,39
Ap2	16- 27	13	6	6	50	37	5,5	2,7	1,11	0,66	0,16	0,50	0,50	0,36
AB	27-36	11	4	7	57	32	1,9	0,9	1,12	0,64	0,13	0,51	0,50	0,39
BA	36- 50	11	4	7	58	31	2,8	1,0	1,20	0,65	0,10	0,55	0,55	0,41
Bt1	50 -85	9	3	7	71	20	1,4	0,5	1,25	0,63	0,07	0,56	0,55	0,43
Bt2	85-100+	7	3	3	75	19	1,6	0,6	1,21	0,66	0,06	0,61	0,60	0,50

AT: areia total; AG: areia grossa; AF: areia fina; DMP: diâmetro médio ponderado; DMG: diâmetro médio geométrico Ds: densidade do solo; Pt: porosidade total; Mac: Macroporosidade; Mic: Microporosidade;  $\theta CC$ : Capacidade de campo;  $\theta PMP$ : Ponto de murcha permanente.

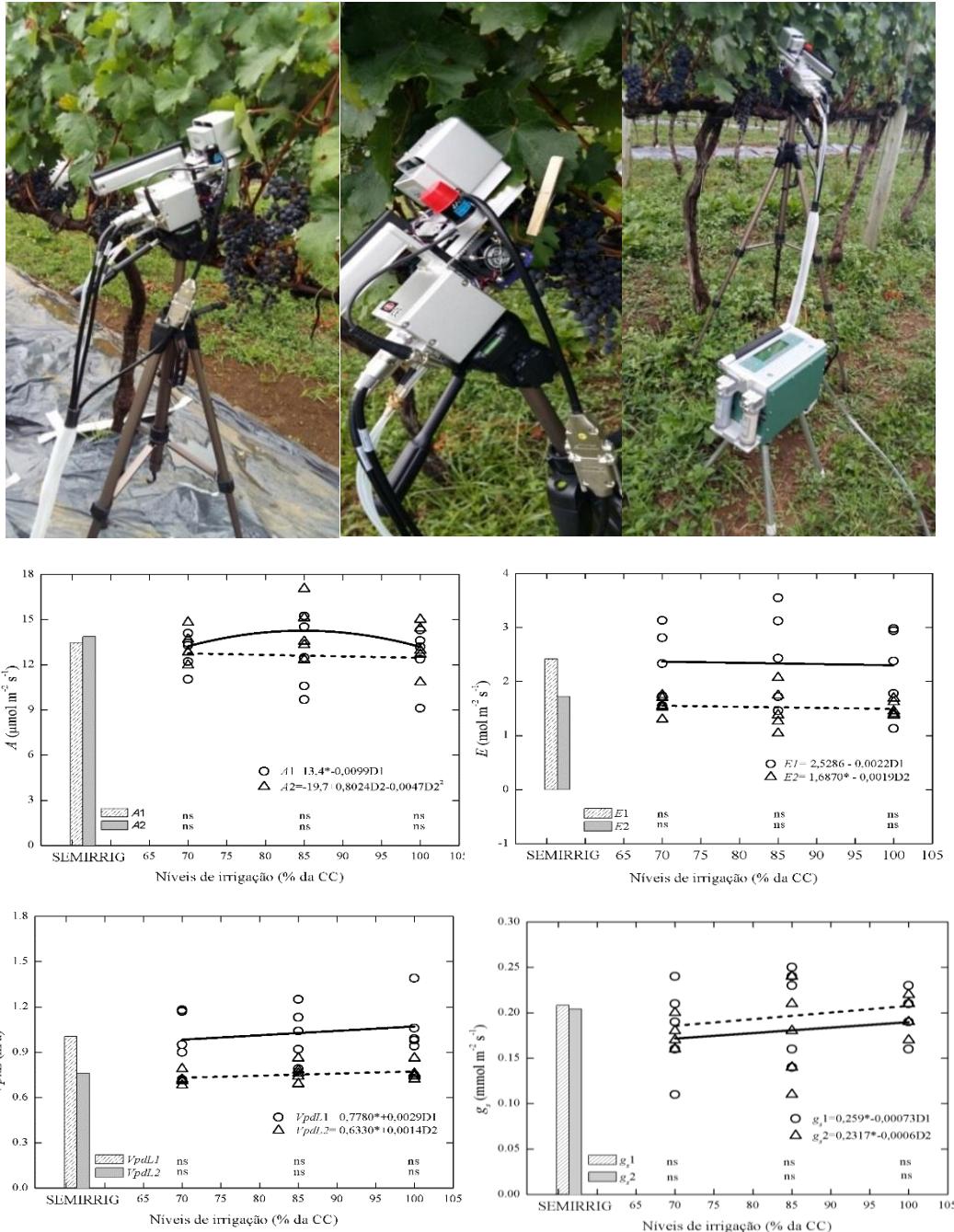
HOR.	Prof. (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	CE <sup>1</sup> dS m <sup>-1</sup>	Complexo sortivo						CTC <sup>3</sup>	V <sup>4</sup> %	M <sup>5</sup> %	PST <sup>6</sup>	C	N	M.O.	C/N	P mg/kg	
				Ca	Mg	Na	K	H+Al cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Al										
Ap1	0-15	6,0	0,17	9,9	3,9	0,15	0,42	5,6	0,2	14,4	20,0	72	1	0,8	25	2,6	43	9,4	15
Ap2	16- 27	5,9	0,21	7,2	3,9	0,15	0,14	5,3	0,2	11,4	16,7	68	2	0,9	21	2,2	35	9,5	7
AB	27-36	5,9	0,14	5,5	3,6	0,15	0,10	5,6	0,3	9,3	15,0	62	3	1,0	20	2,0	34	9,8	5
BA	36- 50	5,4	0,11	3,2	2,4	0,18	0,08	6,3	0,6	5,9	12,1	48	9	1,5	14	1,4	24	10,1	6
Bt1	50 -85	4,9	0,08	2,4	1,5	0,15	0,07	7,9	3,1	4,1	12,0	34	43	1,3	11	1,1	19	9,9	4
Bt2	85-100+	5,1	0,03	1,1	0,5	0,20	0,08	8,6	5,0	1,9	10,5	18	73	1,9	4,6	0,4	8	10,3	3

<sup>(1)</sup>Conduktividade elétrica no extrato saturado, <sup>(2)</sup>Soma de bases, <sup>(3)</sup>Capacidade de troca de cátions, <sup>(4)</sup>Saturação por bases, <sup>(5)</sup>Saturação por alumínio, <sup>(6)</sup>Percentual de sódio trocável.

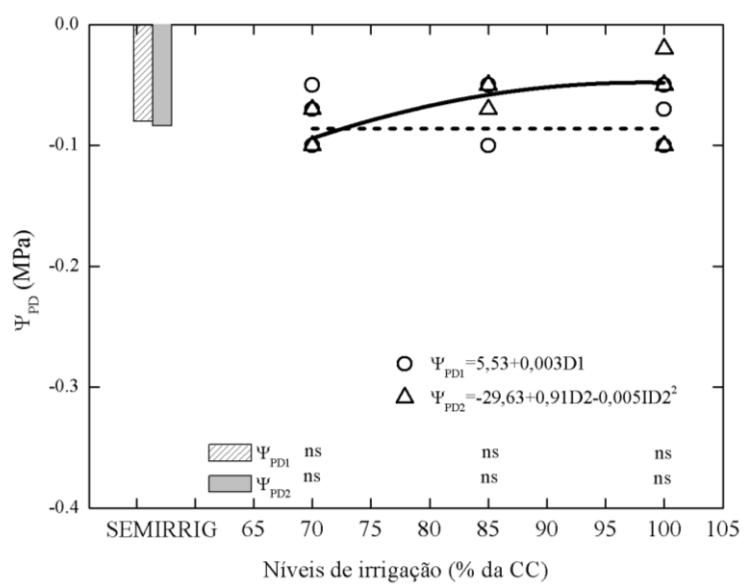
**APÊNDICE J** – Bagas de uva Cabernet Sauvignon com sintomas de com doença fúngicas (possivelmente Ódio).



**APÊNDICE L – Avaliações fisiológicas na safra 2015/16. Determinação de trocas gasosas na uva ‘Cabernet Sauvignon’, sob níveis de umidade do solo.**



**APÊNDICE M** – Avaliações fisiológicas na safra 2015/16. Determinação do potencial foliar na uva ‘Cabernet Sauvignon’, sob níveis de umidade do solo.



**APÊNDICE N** – Série histórica de dados de precipitação ao longo de 10 anos para o município de São Joaquim-SC.

