



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



**QUALIDADE E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DURANTE A
MATURAÇÃO DA UVA 'BRS MAGNA' EM FUNÇÃO DE PORTA-
ENXERTOS NAS CONDIÇÕES TROPICAIS DO SUBMÉDIO DO VALE DO
SÃO FRANCISCO**

LUANA FERREIRA DOS SANTOS

AREIA-PB

2019

LUANA FERREIRA DOS SANTOS

**QUALIDADE E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DURANTE A
MATURAÇÃO DA UVA ‘BRS MAGNA’ EM FUNÇÃO DE PORTA-
ENXERTOS NAS CONDIÇÕES TROPICAIS DO SUBMÉDIO DO VALE DO
SÃO FRANCISCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de doutora em Agronomia.

ORIENTADORA: Dra. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

AREIA–PB

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237q Santos, Luana Ferreira dos.

Qualidade e capacidade antioxidante durante a maturação da uva BRS Magna em função de porta-enxertos nas condições tropicais do submédio do vale do São Francisco / Luana Ferreira Dos Santos. - Areia, 2019.
124 f. : il.

Orientação: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. BRS Magna. 2. potencial funcional. 3. ponto de colheita. 4. porta-enxertos. 5. uvas para suco. 6. vitivinicultura tropical. I. Lima, Maria Auxiliadora Coêlho de. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

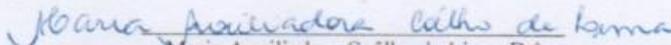
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

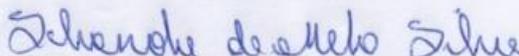
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

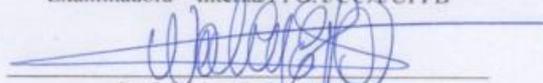
QUALIDADE E CAPACIDADE ANTIÓXIDANTE DURANTE A MATURAÇÃO DA UVA
'BRS MAGNA' EM FUNÇÃO DE PORTA-ENXERTOS NAS CONDIÇÕES TROPICAIS
DO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

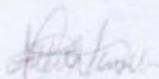
LUANA FERREIRA DOS SANTOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA em AGRONOMIA
(Agricultura Tropical) pela Comissão Examinadora:


Orientadora – EMBRAPA SEMIÁRIDO/PPGA/CCA/UFPB


Prof. Silvanda de Melo Silva, Ph.D.
Examinadora – Interna/PPGA/CCA/UFPB


Prof. Walter Esfrain Pereira
Examinador – Interno/PPGA/CCA/UFPB


Pesq. Aline Telles Biasoto Marques, Dr.
Examinadora – Externa/EMBRAPA Semiárido


Pesq. Aginaldo Rodrigues de Melo Chaves, Dr.
Examinador – Externo/EMBRAPA Semiárido

Data de realização: 28 de junho de 2019.

Presidente da Comissão Examinadora
Dr.ª Maria Auxiliadora Coelho de Lima
Orientadora

A Deus, pela força, coragem e determinação.

Aos meus pais, Francisco Rodrigues e Maria da Penha, pelo amor, carinho, luta constante e apoio para que eu chegasse até aqui.

À minha avó, Maria de Brito Ferreira, por cada bênção, por suas orações e fé.

Dedico

Deus,
Toda glória, toda vitória, eu sei
Pertencem a Ti
Toda honra, todo o louvor entrego a Ti
Porque, sem Ti, não estaria aqui

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter proporcionado tudo em minha vida. Sua mão sempre me amparou quando fraquejei, quando me reergui e quando venci todas as batalhas para aqui chegar.

Eterna gratidão aos meus pais, Penha e Rodrigo, pelo amor edificante, suporte e carinho, que mesmo na distância física, fizeram-se incansavelmente presentes todos os dias durante esta caminhada que escolhi seguir. Esses são bases sólidas as quais serão sempre minha fonte de determinação e agradecimento eterno.

A todos da minha família, pela compreensão e apoio.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – PPGA, da Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado.

À pesquisadora e orientadora Dra. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima, pelo apoio, conhecimentos, orientação, competência e exemplo de profissionalismo.

À Embrapa Semiárido, pela permissão de acesso ao Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita, pelo suporte físico e técnico para a realização das análises.

Aos presentes que Deus colocou em meu caminho durante a trajetória deste trabalho: José Henrique, por todo carinho, cuidado, companheirismo, auxílio e partilha de momentos; Renata Torres, Débora Félix e Elaine Rocha, pela valiosa amizade, suporte e cumplicidade; Antônio Augusto, amigo de infância, pela irmandade, parceria e grande auxílio na execução deste trabalho; Carlos Antônio, pela amizade e suporte; Vanda Maria, pelo companheirismo e amizade fundamental na reta final deste trabalho. Agradeço profundamente a Deus, pela presença de vocês durante esta etapa em minha vida.

Às minhas amigas de longe, Suany Pinheiro, Mayara Carvalho, Wennia, Ismênia, Ana Paula Schunemann, que sempre foram presentes em toda a minha vida acadêmica, apoiando-me, incentivando-me e que tornam minha vida mais feliz e iluminada.

Aos funcionários da Embrapa Semiárido, Danielly e Joviniano, pelo apoio e auxílio nas análises de pós-colheita.

Aos membros do Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, Aparecida, Bárbara, Bianca, Eugênio, Ianca, João Vilvert, Juliane, Nadiane, Rafaela, Talita, Rosângela e Wilyanne, pela ajuda, amizade e pelos bons momentos juntos.

Vocês foram peças-chave na minha vida e os levarei para sempre em minhas recordações!

RESUMO

Santos, L. F. dos. **QUALIDADE E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DURANTE A MATURAÇÃO DA UVA ‘BRS MAGNA’ EM FUNÇÃO DE PORTA-ENXERTOS NAS CONDIÇÕES TROPICAIS DO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO.** Areia–PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Jun. 2019, Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Orientador: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima.

A diversificação da vitivinicultura para produção de suco na região do Submédio do Vale do São Francisco, especialmente com o crescimento do cultivo de uvas *Vitis labrusca* e híbridas, sugere a necessidade de pesquisas focadas no estudo dos componentes do sistema produtivo e sua influência sobre o fruto e seus derivados. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar, durante a maturação, as alterações em compostos determinantes da qualidade da uva ‘BRS Magna’ produzida sobre diferentes porta-enxertos durante ciclos de produção do primeiro e do segundo semestre do ano. Os experimentos foram conduzidos no Campo Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido, Pernambuco, Brasil, com videiras da cultivar BRS Magna, sobre o sistema de condução latada e irrigadas por gotejamento. Foram avaliados quatro ciclos de produção, sendo dois ciclos de produção do primeiro e dois do segundo semestre dos anos de 2017 e 2018. A combinação dos tratamentos correspondeu aos porta-enxertos, sendo eles ‘IAC 313’, ‘IAC 572’, ‘IAC 766’, ‘Paulsen 1103’, ‘Harmony’ e ‘Freedom’, e à idade dos frutos (relacionada a estádios de maturação). Os cachos foram coletados, periodicamente, do início da maturação à colheita. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas no tempo, para cada ciclo de produção estudado. Os porta-enxertos foram distribuídos nas parcelas e as datas de colheita, nas subparcelas. Foram adotadas quatro repetições, com seis plantas por unidade experimental, de onde foram colhidos cinco cachos, em cada coleta. No experimento comparando os dois ciclos de produção do primeiro semestre, o ciclo de 2018, de modo geral, favoreceu maior acúmulo de flavonoides e antocianinas na casca. Nos dois ciclos do primeiro semestre, a colheita aproximadamente aos 64 DAF (dias após a frutificação) potencializou a qualidade. Quanto aos porta-enxertos, maiores teores de antocianinas e flavonoides amarelos foram favorecidos pelos porta-enxertos ‘IAC 313’ e ‘IAC 572’, no ciclo de 2017, bem como

‘IAC 313’ e ‘IAC 766’, no ciclo de 2018. No experimento comparando os dois ciclos do segundo semestre, o ciclo de 2017 favoreceu o acúmulo de antocianinas nas cascas das uvas, sendo ‘IAC 766’ o que conferiu maiores teores. Independentemente do método de captura do radical livre utilizado, o porta-enxerto ‘IAC 572’ promoveu maior capacidade antioxidante às uvas. Utilizando ferramentas de análise multivariada para estudar os dados dos quatro ciclos de produção sucessivos foi possível confirmar que as uvas com maturação mais avançada apresentam teores de compostos bioativos que refletem a maior capacidade antioxidante. Por estes métodos, conclui-se que os porta-enxertos ‘IAC 572’ e ‘Freedom’ destacaram-se por reunir as melhores características de qualidade em safras específicas.

Palavras-chave: BRS Magna, potencial funcional, ponto de colheita, porta-enxertos, uvas para suco, vitivinicultura tropical.

ABSTRACT

Santos, L. F. dos. **QUALITY AND ANTIOXIDATING CAPACITY DURING MATURATION OF 'BRS MAGNA' GRAPES AS A FUNCTION OF ROOTSTOCKS UNDER THE TROPICAL CONDITIONS OF THE SUBMEDIUM SAO FRANCISCO VALLEY.** Areia, Paraíba, Agricultural Sciences Center, Federal University of Paraíba (UFPB), Jun 2019, Thesis (Doctorate in Agronomy). Post graduation Program in Agronomy. Adviser: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

The diversification of vitiviniculture for juice production in the Submedium region of São Francisco Valley, especially from the increase on the cultivation of *Vitis labrusca* and hybrid grapes, suggests a need for research focused on the study of components of the productive system and its influence on fruit and their derivatives. The objective of this study was to characterize changes in compounds determining the quality of 'BRS Magna' grape during maturation from plants growing on different rootstocks, during production cycles of the first and second half of the year. The experiments were carried out in the Experimental Field of Bebedouro, Embrapa Semiárido, Pernambuco State, Brazil, with vines of BRS Magna cultivar, on overhead trellis system and drip irrigation system. Four production cycles were evaluated, with two production cycles of the first and second semester of 2017 and 2018. The treatments combination corresponded to 'IAC 313', 'IAC 572', 'IAC 766', 'Paulsen 1103', 'Harmony' and 'Freedom' rootstocks and fruit age (related to maturity stages). The clusters were periodically collected from véraison to harvest. The experimental design was in randomized blocks, in subdivided plots through time, for each production cycle studied. The rootstocks were distributed in the plots and the dates or fruit age in the subplots. Four replicates were used, with six plants each, from which five bunches were collected, in each time. In the study comparing the two production cycles of the first semester, the 2018 cycle, in a general view, favored a greater accumulation of flavonoids and anthocyanins in skins. In both cycles of the first half, the harvest at approximately 64 DAF (days after fruit set) potencialized the quality. Higher levels of anthocyanins and yellow flavonoids were favored by 'IAC 313' and 'IAC 572' rootstocks in the 2017 cycle, as well as 'IAC 313' and 'IAC 766' in the 2018 cycle. In the study comparing both cycles of second semester, the cycle of 2017 favored the

anthocyanins accumulation in skin berries, being 'IAC 766' which resulted in higher contents. Regardless of the method for free radical capture adopted, the 'IAC 572' rootstock promoted greater antioxidant capacity to the grapes. Using multivariate analysis tools to study the data of four successive production cycles was possible to confirm that grapes with more advanced maturation presented higher contents of bioactive compounds that reflected the higher antioxidant capacity. By these procedures, it was also concluded that the rootstocks 'IAC 572' and 'Freedom' stood out for gathering the best quality characteristics in specific crops.

Key-words: BRS Magna; functional potential; harvest time; rootstocks, grapes for juice; tropical vitiviniculture.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Figura 1.** Cachos de uvas da cultivar ‘BRS Magna’ 12
- Figura 2.** Representação esquemática dos principais compostos fenólicos presentes no suco de uva 17

CAPÍTULO II. MATURAÇÃO E QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ INFLUENCIADA POR PORTA-ENXERTOS EM PRODUÇÃO DE PRIMEIRO SEMESTRE

- Figura 1.** Massa fresca do cacho (A e B), massa fresca da baga (C e D) e resistência da baga à força de compressão (E e F) durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (ciclo 1: 49, 56, 61, 64 e 68 dias após a frutificação) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (ciclo 2: 35, 41, 48, 55, 61 e 66 dias após a frutificação) 59
- Figura 2.** Sólidos solúveis (A e B), açúcares solúveis totais (C e D) e acidez titulável (E e F) durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (ciclo 1: 49, 56, 61, 64 e 68 dias após a frutificação) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (ciclo 2: 35, 41, 48, 55, 61 e 66 dias após a frutificação) 60
- Figura 3.** Conteúdo de flavonoides amarelos da casca (A e B), antocianinas totais da casca (C e D) e polifenóis extraíveis totais – PET (E e F) durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (ciclo 1: 49, 56, 61, 64 e 68 dias após a frutificação) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (ciclo 2: 35, 41, 48, 55, 61 e 66 dias após a frutificação). 61
- Figura 4.** Atividade antioxidante pelos métodos de DPPH (A e B) e ABTS (C e D) durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (ciclo 1: 49, 56, 61, 64 e 68 dias após a frutificação) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (ciclo 2: 35, 41, 48, 55, 61 e 66) 62
- Figura 5.** Correlação de Pearson entre os compostos bioativos flavonoides amarelos (Flav.), antocianinas (Anto.) e polifenóis extraíveis totais (PET) e a capacidade antioxidante total, determinada pelos métodos de captura dos radicais livres ABTS●+ e

DPPH●, durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (A) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (B) 63

Figura 6. Dispersão das variáveis com base nos autovetores de características de qualidade e da capacidade antioxidante durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (ciclo 1) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (ciclo 2) 64

CAPÍTULO III. MATURAÇÃO E QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ INFLUENCIADA POR PORTA-ENXERTOS EM SAFRAS DE SEGUNDO SEMESTRE EM CONDIÇÕES TROPICAIS

Figura 1. Massa fresca do cacho (A e B), massa fresca da baga (C e D) e resistência da baga à força de compressão (E e F) de uvas da videira ‘BRS Magna’ sobre diferentes porta-enxertos (em B, E e F), avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (correspondente aos 38, 45, 52, 59, 66 e 73 DAF) e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (correspondente aos 34, 42, 49, 56, 63 e 70 DAF), na região do Submédio do Vale do São Francisco 74

Figura 2. Teor de sólidos solúveis (SS), em A e B, teor de açúcares solúveis totais (AST), em C e D, e acidez titulável (AT), em E e F, de uvas da videira ‘BRS Magna’ sobre diferentes porta-enxertos, avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (correspondente aos 38, 45, 52, 59, 66 e 73 DAF) e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (correspondente aos 34,42,49,56,63 e 70 DAF), na região do Submédio do Vale do São Francisco 76

Figura 3. Teores de flavonoides amarelos da casca (A e B), antocianinas totais da casca (C e D) e polifenóis extraíveis totais - PET (E e F) de uvas da videira ‘BRS Magna’ sobre diferentes porta-enxertos, em A, B, C, D e F, e avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (correspondente aos 38, 45, 52, 59, 66 e 73 DAF) e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (correspondente aos 34, 42, 49, 56, 63 e 70 DAF), na região do Submédio do Vale do São Francisco 78

Figura 4. Capacidade antioxidante total determinada por meio dos métodos de captura dos radicais livres DPPH (A e B) e ABTS (C e D) de uvas da videira ‘BRS Magna’ sobre diferentes porta-enxertos, avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (correspondente aos 38, 45, 52, 59, 66 e 73 DAF) e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (correspondente aos 34, 42, 49, 56, 63 e 70 DAF), na

região do Submédio do Vale do São Francisco 80

Figura 5. Correlação de Pearson entre os compostos bioativos flavonoides amarelos (Flav.), antocianinas totais (Anto.) e polifenóis extraíveis totais (PET) e as capacidades antioxidantes determinadas pelos métodos de captura dos radicais livres DPPH● e ABTS●+ de uvas da videira ‘BRS Magna’ sobre diferentes porta-enxertos, avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (A) e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (B), na região do Submédio do Vale do São Francisco 82

Figura 6. Dispersão das variáveis com base nos autovetores de características de qualidade e da capacidade antioxidante durante a maturação de uvas da videira ‘BRS Magna’ sobre diferentes porta-enxertos, avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018, na região do Submédio do Vale do São Francisco 83

CAPÍTULO IV. ASSOCIAÇÃO PORTA-ENXERTO E ÉPOCA DE PRODUÇÃO AFETA A QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO SOB CONDIÇÕES TROPICAIS

Figura 1. Dispersão das variáveis com base nos autovetores de características de qualidade e da capacidade antioxidante total durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sobre diferentes porta-enxertos e ciclos de produção, na região do Submédio do Vale do São Francisco..... 110

Figura 2. Dendrogramas gerados pelo método UPGMA, a partir da dissimilaridade de Mahalanobis, para uvas ‘BRS Magna’ em estágio de maturação inicial (M1) para ciclos de produção de primeiro e segundo semestres do ano (A) e sobre diferentes porta-enxertos (B) 112

Figura 3. Dendrogramas gerados pelo método UPGMA, a partir da dissimilaridade de Mahalanobis, para uvas ‘BRS Magna’ em estágio de maturação intermediária (M2), para ciclos de produção de primeiro e segundo semestres do ano (A) e diferentes porta-enxertos (B) 114

Figura 4. Dendrogramas gerados pelo método UPGMA, a partir da dissimilaridade de Mahalanobis, para uvas ‘BRS Magna’ em estágio de maturação final (M3), para ciclos de produção de primeiro e segundo semestres do ano (A) e sobre diferentes porta enxertos (B) 115

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II. MATURAÇÃO E QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ INFLUENCIADA POR PORTA-ENXERTOS EM PRODUÇÃO DE PRIMEIRO SEMESTRE

Tabela 1. Dados meteorológicos mensais do Campo Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido, referentes aos dois ciclos produtivos avaliados, desde a poda até a colheita da videira ‘BRS Magna’ 58

CAPÍTULO III. MATURAÇÃO E QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ INFLUENCIADA POR PORTA-ENXERTOS EM SAFRAS DE SEGUNDO SEMESTRE EM CONDIÇÕES TROPICAIS

Tabela 1. Dados meteorológicos mensais do Campo Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido, referentes aos dois ciclos produtivos do segundo semestre do ano que foram avaliados, desde a poda até a colheita da videira ‘BRS Magna’ 70

CAPÍTULO IV. ASSOCIAÇÃO PORTA-ENXERTO E ÉPOCA DE PRODUÇÃO AFETA A QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO SOB CONDIÇÕES TROPICAIS

Tabela 1. Dados meteorológicos mensais do Campo Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido, referentes aos quatro ciclos produtivos avaliados, desde a poda até a colheita da videira ‘BRS Magna’ 104

Tabela 2. Correlação de Pearson entre as variáveis de qualidade, compostos bioativos e capacidade antioxidante total, determinada pelos métodos de captura dos radicais livres ABTS●+ e DPPH●, em uvas de videiras ‘BRS Magna’ colhidas em três estádios de maturação, cultivadas sobre diferentes porta-enxertos e avaliadas durante ciclos de produção de primeiro e segundo semestres 108

Tabela 3. Ranking das quatorze melhores combinações de tratamentos ciclo de produção, estádio de maturação e porta-enxerto em função das variáveis associadas ao potencial bioativo da uva ‘BRS Magna’ 117

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1 Produção de uvas e derivados	6
2.2 Cultivo da videira em condições tropicais	8
2.3 Produção de uvas para suco	10
2.4 Cultivar BRS Magna	12
2.5 Maturação das uvas	13
2.6 Composição fenólica	15
2.7 Porta-enxertos	20
3. REFERÊNCIAS	26
CAPÍTULO II. MATURAÇÃO E QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ INFLUENCIADA POR PORTA-ENXERTOS EM PRODUÇÃO DE PRIMEIRO SEMESTRE DO ANO	39
RESUMO	40
ABSTRACT	41
INTRODUÇÃO	41
MATERIAL E MÉTODOS	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
CONCLUSÕES	52
CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES	52
REFERÊNCIAS	53
CAPÍTULO III. MATURAÇÃO E QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ INFLUENCIADA POR PORTA-ENXERTOS EM SAFRAS DE SEGUNDO SEMESTRE EM CONDIÇÕES TROPICAIS	65
RESUMO	66
ABSTRACT	66
1. INTRODUÇÃO	67
2. MATERIAL E MÉTODOS	69
3. RESULTADOS	73
4. DISCUSSÃO	84
5. CONCLUSÃO	91

6. AGRADECIMENTOS	92
7. REFERÊNCIAS	92
CAPÍTULO IV. ASSOCIAÇÃO DO PORTA-ENXERTO E ÉPOCA DE PRODUÇÃO AFETA A QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO SOB CONDIÇÕES TROPICAIS	99
RESUMO	100
ABSTRACT	101
INTRODUÇÃO	102
MATERIAL E MÉTODOS	103
RESULTADOS E DISCUSSÃO	107
CONCLUSÕES	118
REFERÊNCIAS	119
CONSIDERAÇÕES FINAIS	124

1- INTRODUÇÃO GERAL

As uvas (*Vitis* spp.) estão entre os frutos mais consumidos em todo o mundo, sejam processadas ou em sua forma natural, constituindo uma das mais importantes fontes de compostos fenólicos. Entre as formas processadas, o aumento da demanda por suco de uva tem induzido o crescimento dessa atividade. O Brasil, juntamente com Estados Unidos da América (EUA) e Espanha são os maiores produtores e consumidores de suco de uva do mundo (OIV, 2017). No Brasil, somente no ano de 2017, foram comercializados 241,32 milhões de litros de suco de uva, correspondendo a um aumento de 5,15% em relação ao verificado no ano anterior (MELLO, 2018).

O suco de uva é apreciado em todo o mundo devido ao seu sabor único. O crescente interesse pelo seu consumo é justamente por ser uma bebida rica em compostos fenólicos de natureza bioativa com elevado poder antioxidante, que promove benefícios à saúde (XIA et al., 2010; da SILVA et al., 2016; GRANATO et al., 2016; TOSCANO et al., 2017).

No Brasil, a vitivinicultura ocupa uma área em torno de 78.028 ha, dos quais 57.700 ha estão na região Sul e 11.452 ha, na região Nordeste. Cerca de 90% das uvas destinadas para a produção de suco são oriundas da região Sul do país, caracterizada pelo clima temperado, à semelhança do que se observa na maioria das áreas de produção de uva no mundo (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018). No entanto, a vitivinicultura tem ampliado as áreas cultivadas, alcançado outras regiões do país e expandindo para o Sul de Minas Gerais e a região do Submédio do Vale do São Francisco, mais precisamente entre os estados de Pernambuco e Bahia. Nesse último, a produção é voltada, em grande parte, para o consumo *in natura*, sendo a produção destinada para a elaboração de sucos de uva concentrado e integral, que representa a segunda atividade vitivinícola mais importante (PEREIRA et al., 2011).

A região do Submédio do Vale do São Francisco está localizada entre os paralelos 8 e 10 °S, no nordeste brasileiro, sendo caracterizada por apresentar temperatura média anual de 26,5 °C e insolação de 3.000 horas.ano⁻¹. Essas características peculiares configuram a região como tendo clima tropical semiárido, o que permite a produção de uvas em períodos não convencionais do ano, como o inverno, com possibilidade de até três colheitas para cultivares com ciclos mais precoces. A alta incidência solar e altas temperaturas, associadas com a irrigação, tornam essa região única no mundo (PEREIRA

et al., 2008; PEREIRA et al., 2011; LIMA; GUERRA, 2018). Acredita-se que as variações climáticas em cada período de colheita do ano modificam a composição química da uva, especialmente em relação aos compostos fenólicos, entre eles os pigmentos antociânicos, que, sendo estimulados, valorizariam os produtos regionais (NATIVIDADE et al., 2013; SUZUKI et al., 2015). Essa característica pode representar diferencial de qualidade para vários mercados e embasamento técnico da tipicidade dos produtos tropicais.

Na região do Submédio do Vale do São Francisco, os investimentos para produção de uvas para suco concentram-se na cultivar ‘Isabel Precoce’ (*Vitis labrusca*) e nos híbridos interespecíficos desenvolvidos pela Embrapa: ‘BRS Cora’ (‘Muscat Belly A’ x ‘H. 65.9.14’), ‘BRS Violeta’ (‘BRS Rúbea’ x ‘IAC 1398-21’) e ‘BRS Magna’ (‘BRS Rúbea’ x ‘IAC 1398-21’). As três cultivares híbridas foram desenvolvidas pela Embrapa Uva e Vinho, visando à melhoria da qualidade do suco de uva nacional (LIMA et al., 2014) visto que os produtos elaborados da uva ‘Isabel Precoce’ ainda que apresentem sabor e aroma agradáveis, são pobres em coloração. Para tanto, a uva ‘BRS Magna’, uma cultivar tintureira, com tom violáceo intenso e aroma típico da espécie *V. labrusca* é uma alternativa para melhoria da qualidade do suco produzido no Brasil, aprimorando atributos de cor, doçura e sabor. Seu suco pode ser consumido puro ou em corte com os de outras cultivares. No campo, as plantas dessa cultivar apresentam alta capacidade de produção e baixa sensibilidade às principais doenças fúngicas que geralmente atacam videiras (RITSCHHEL et al., 2012; RITSCHHEL et al., 2015).

Geralmente, para a cadeia produtiva da uva, o tempo de colheita é um fator determinante, sendo os açúcares e ácidos as variáveis tradicionalmente utilizadas para mensurar o estágio de maturação dos frutos (FAILLA et al., 2005). No entanto, são escassas as informações sobre a qualidade, especialmente sobre os teores e perfil fenólico dos compostos fenólicos e sobre a capacidade antioxidante dessa uva. A determinação desses compostos juntamente com os açúcares e ácidos poderia contribuir para a definição do ponto de colheita mais adequado para o máximo de aproveitamento das suas características.

As características agronômicas e fisiológicas da videira podem ser influenciadas pelo porta-enxerto utilizado. O porta-enxerto define fatores importantes na instalação da área para manter regularidade das produções e melhoria na qualidade da uva. Dentre as características definidas pelos porta-enxertos, evidenciam-se o vigor, precocidade de produção e produtividade às copas, tamanho de cachos e bagas, fertilidade de gemas,

repartição de fotoassimilados e teores de açúcares e ácidos das bagas das cultivares copa (LEÃO et al., 2011; LOUREIRO et al., 2016).

Vários estudos indicam que a qualidade da uva, em especial em relação aos compostos fenólicos, pode variar em função de alguns fatores específicos, como espécie, cultivar, condições climáticas, regiões geográficas e as práticas de manejo da videira (KOUNDOURAS et al., 2009; BARCIA et al., 2014; BURIN et al., 2014). Em contrapartida, estudos avaliando a influência do porta-enxerto sobre o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante, especialmente em uva para elaboração de suco, são escassos. Geralmente, os porta-enxertos são recomendados considerando o melhor ajuste para condições ambientais e compatibilidade da cultivar, o que afeta a produtividade e várias características físicas e químicas dos frutos, como acidez, teor de sólidos solúveis e pH (MOTA et al., 2009; LOUREIRO et al., 2016).

Outra ferramenta importante é o conhecimento do estágio de maturação da uva que é fundamental para o planejamento da colheita. Aliado a fatores como cultivar e condições ambientais de solo e clima, as curvas de maturação das uvas para suco devem ser estabelecidas para diferentes regiões brasileiras, a fim de validar o desenvolvimento de diferentes cultivares (ASSIS et al., 2011; PEDRO JÚNIOR et al., 2014) bem como sua adaptação. Para os produtores, o benefício de prever determinadas variáveis, sejam elas de produção ou de qualidade, pode proporcionar reconhecimento do produto no mercado, aderência aos interesses do consumidor e estabilidade das características comerciais (MARTINEZ et al., 2011).

Dessa forma, as informações relatadas neste trabalho subsidiam decisões sobre ponto de colheita e sobre características diferenciais das uvas que poderão ser utilizadas para incrementar a qualidade e o valor de mercado dos sucos. Estas informações também estariam associadas às respostas promovidas por diferentes porta-enxertos em interação com a cultivar copa. Além disso, as informações geradas apoiam o aperfeiçoamento da tecnologia de manejo da produção e da elaboração dos sucos, visando à preservação, no produto final, de compostos fenólicos reconhecidos pelo apelo funcional que sejam sintetizados diferencialmente na cultivar.

O objetivo desta pesquisa foi caracterizar, durante a maturação, as alterações em compostos determinantes da qualidade da uva ‘BRS Magna’ produzida sobre diferentes porta-enxertos durante ciclos de produção do primeiro e do segundo semestres do ano no Submédio do Vale do São Francisco.

Como objetivos específicos, tem-se:

a) Definir o ponto ideal de colheita para a uva ‘BRS Magna’, cultivada sobre diferentes porta-enxertos, em ciclos de produção do primeiro e do segundo semestres do ano;

b) Caracterizar a qualidade, quanto a variáveis físico-químicas, durante a maturação de uvas ‘BRS Magna’ cultivadas sobre diferentes porta-enxertos, no Submédio do Vale do São Francisco;

c) Determinar a capacidade antioxidante de uvas ‘BRS Magna’ cultivadas sobre diferentes porta-enxertos, durante a maturação, utilizando diferentes métodos de quantificação e correlacionando os resultados com os principais grupos de compostos fenólicos analisados.

d) Discriminar a influência dos ciclos de produção, porta-enxertos e estádios de maturação nas variáveis que determinam a qualidade das uvas ‘BRS Magna’.

CAPÍTULO I: Revisão Bibliográfica

2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de uvas e derivados

Pertencente à família *Vitaceae* e ao gênero *Vitis*, as videiras podem ser classificadas em dois grupos de acordo com a espécie: as uvas americanas e as uvas europeias. As uvas conhecidas como rústicas ou americanas referem-se às cultivares da espécie *V. labrusca* L., que apresentam dupla aptidão, podendo ser destinadas para processamento de suco e vinho bem como para consumo *in natura*. As uvas europeias, conhecidas como uvas finas, pertencem à espécie *V. vinífera* L., havendo cultivares que se destinam particularmente ao consumo *in natura* e outras, em específico, para o processamento, com destaque para a elaboração de vinhos (CAMARGO; NACHTIGAL, 2007; CORRÊA et al., 2008).

De acordo com os dados fornecidos pela Organização Mundial da Vinha e do Vinho (OIV), especificamente ao ano de 2017, a área vitícola mundial correspondeu a 7,6 milhões de hectares, representando uma estabilização em relação ao ano anterior. Desse total, a China apresentou a segunda maior área, com cerca de 870 mil hectares, superada apenas pela Espanha, com 967 mil hectares (OIV, 2017). Mais de 80% dessas áreas são destinadas à fabricação de sucos e vinhos (IORA et al., 2015; FAO, 2017).

A produção mundial de vinho (com exclusão de sumos e mosto) foi estimada em 250.000 milhões de litros, sendo a Itália o principal produtor, com 42,5 milhões de litros. Por sua vez, o consumo de vinho no mundo foi estimado em 243.000 milhões de litros, representando um grande avanço em relação ao ano 2016. Os Estados Unidos da América (EUA), com um consumo per capita de vinho estimado em 10 litros por ano, continua sendo o primeiro consumidor mundial, porém, quando se considera o consumo per capita, ocupa o 56º. lugar (OIV, 2017).

A viticultura tem contribuído fortemente para o desenvolvimento dos territórios envolvidos, promovendo a agregação de valor aos produtos e a valorização de seus respectivos fatores naturais e culturais (MELLO, 2015). O Brasil, embora seja uma das áreas mais recentes no mapa da viticultura mundial, está em expansão no cultivo da videira e tem atendido com qualidade aos mercados nacional e exterior. O país apresenta uma grande diversidade que se deve não apenas à quantidade de cultivares e produtos derivados da uva, mas também à localização geográfica das regiões produtoras, distribuídas em ambientes de clima temperado, subtropical e tropical. A área plantada

com videiras no Brasil, em 2017, foi de 78.028 hectares. As regiões produtoras estão concentradas sobretudo no Sul do País, que representa 74,0% do total brasileiro, em especial no Rio Grande do Sul, que abrigou 62,6% da lavoura vitícola nacional. Em solo gaúcho, a redução do cultivo chegou a 2,4%, em 2017, no comparativo com 2016. Em Santa Catarina e no Paraná, a retração foi de 2,6% e 7,3%, respectivamente. Em São Paulo, grande produtor de uva de mesa, também ocorreu baixa na área, na ordem de 6,4% (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018). Essas reduções foram devido a fatores climáticos e à diminuição de área. No nordeste do Brasil, segundo a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), a produtividade média por hectare na região do Submédio do Vale do São Francisco é de 35 toneladas, com tendência de expansão. Ainda segundo a entidade, em 2017, a produção total de uvas, nessa região, foi de 274 mil toneladas, em área de 6.793 hectares, representando valor bruto de produção de R\$ 1,021 bilhão (CODEVASF, 2018).

Em se tratando de uvas destinadas ao processamento (vinho, suco e derivados), a produção brasileira foi de 818.783 milhões de quilogramas, em 2017, representando 48,7% da produção nacional da fruta. No setor vitivinícola brasileiro, o suco de uva tem se destacado com incremento de 7,6% na quantidade exportada e de 18,0% no valor. De modo geral, a quantidade de suco de uva comercializado no país foi de 241,32 milhões de litros em 2017, valor 5,15% superior ao verificada no ano de 2016. Desse volume, o suco de uva integral apresentou aumento de 25,9% na comercialização, em 2017, enquanto o suco concentrado apresentou redução e 7,1%, em relação ao ano de 2016 (MELLO, 2018).

Cerca de 90% da produção do suco de uva é proveniente da região Sul do país, caracterizada pelo clima temperado, à semelhança do que se observa na maioria das áreas de produção de uva no mundo (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018). Essa região foi responsável pela comercialização de 131,838 milhões de litros de suco de uva no país e 2,222 milhões de litros destinados à exportação (UVIBRA, 2017). Entretanto, outras regiões brasileiras, como o Submédio do Vale do São Francisco, têm apresentado crescimento nesse cenário produtivo.

Essa região, de clima semiárido tropical, produz principalmente uvas de mesa e apresenta o diferencial da possibilidade de se obter duas safras por ano com qualidade pronunciada e diferente daquelas uvas produzidas em outras regiões do país (NUNES et al., 2016; LIMA; GUERRA, 2018). Os níveis de qualidade são favorecidos em grande parte pelas boas condições edafoclimáticas da região (ANUÁRIO BRASILEIRO DA

UVA, 2018). A produção voltada para a elaboração de sucos de uva concentrado e integral é a segunda atividade vitivinícola mais importante. Nos dois estados abrangidos pela região, Bahia e Pernambuco, as estatísticas oficiais indicam que no primeiro houve redução de 11,5% na área cultivada com videiras, enquanto no segundo houve aumento de 26,8%, no ano de 2017. Diante dessa caracterização produtiva, nas diferentes regiões brasileiras, configurou-se, na safra 2017/2018, a maior produção de uvas da história vitícola do país, atingindo aproximadamente 1.68 milhão de toneladas (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018).

2.2 Cultivo da videira em condições tropicais

A vitivinicultura é historicamente praticada em zonas temperadas (paralelos 30-45 ° N e 29-42 ° S), onde as condições climáticas permitem que a videira vegete e produza apenas uma vez ao ano, com uma poda e uma colheita (ILAND et al., 2009). Embora o continente europeu concentre os países mais tradicionais no manejo da videira, tem sido observado um aumento considerável no número de regiões de outras áreas do planeta investindo nesse cultivo.

A vitivinicultura tropical tem tomado destaque no mundo. Há 50 anos, é uma atividade comercial realizada por países como o Brasil, Índia, Tailândia e Venezuela, sendo estes os principais produtores (KOK, 2014). No entanto, outras regiões tropicais, como a Bolívia, Colômbia, Peru, Guatemala, Madagascar, Namíbia, Tanzânia, Vietnã e China, estão, também, entre as áreas de expansão da atividade (JOGAIAH et al., 2013). Essas áreas são caracterizadas pelo calor constante e, em alguns casos, condições hídricas que permitem vários ciclos vegetativos por ano.

Nas regiões brasileiras, a vitivinicultura tropical está em franco desenvolvimento em duas condições bastante distintas, sendo bastante recente quando comparada com aquela destinada à produção dos vinhos tradicionais dos países do Velho e do Novo Mundo, que inclui a região Sul do Brasil (PEREIRA et al., 2018). No período de desenvolvimento e de estabilização da viticultura brasileira, a atividade pode se desenvolver economicamente entre os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul (SOUZA, 1996; MELLO, 2014). No entanto, apesar de concentrar mais da metade da produção nacional de uva, o Rio Grande do Sul tem observado a ascensão de outras regiões vitivinícolas, entre elas, a do Submédio do Vale do São Francisco, que possui uma produção de uvas caracteristicamente tropical.

A vitivinicultura praticada no Vale do São Francisco, mais precisamente na porção do Submédio do Vale do São Francisco, tem pouco mais de trinta anos de história. É uma região de clima tropical semiárido, localizada entre 350 a 400 m de altitude em relação ao nível do mar. Nestas condições, ocorrem duas podas e duas colheitas por ano (TONIETTO; PEREIRA et al., 2011; PEREIRA et al., 2016). A principal característica desta nova fronteira vitivinícola, que a diferencia das demais regiões do Brasil e do mundo, é que a data da poda das videiras e da colheita das uvas é definida em função das condições climáticas (evitando-se os períodos chuvosos), das demandas do mercado, da capacidade de estocagem e vinificação, dos tipos e estilos de bebidas a serem elaboradas, além de se levar em conta atributos qualitativos e as tipicidades dos produtos obtidos. Nesta região, a ausência de um período de dormência e o uso de técnicas de cultivo adequadas a esse ambiente permitem podar videiras e colher uvas em qualquer época do ano, em todos os meses e todas as semanas. Esta situação traz benefícios, como a possibilidade de escalonamento da produção, não sendo necessário ter uma estrutura física muito grande para absorver e vinificar todas as uvas colhidas (KOK, 2014; PEREIRA et al., 2018). A alta incidência de radiação solar local e consequentemente altas temperaturas, mesmo no inverno, impedem a dormência, fazendo com que a planta cresça continuamente, a partir de condições de nutrição mineral e disponibilidade hídrica adequadas. Como consequência, a realização da poda duas vezes ao ano permite manter um equilíbrio entre vegetação e produção, reduzindo o excesso de vigor e induzindo à fertilidade de gemas (CAMARGO et al., 2012).

As uvas produzidas nesta região apresentam características diferenciais em função das distintas condições climáticas nas diferentes épocas do ano, com temperaturas mais elevadas no final do ano e com menores temperaturas no meio do ano (TEIXEIRA et al., 2012; VELEDA et al., 2015; PADILHA et al., 2016). Este fato altera a composição de natureza bioativa das uvas, caracterizando a tipicidade dos produtos oriundos dessa região (de OLIVEIRA et al., 2018; ALVES FILHO et al., 2019).

A vitivinicultura tropical da região do submédio do Vale do São Francisco é altamente exigente em tecnologias, pois requer conhecimento profundo do cultivo bem como dos produtos a serem elaborados. É necessária a aplicação de reguladores vegetais para a quebra de dormência, uso racional da fertirrigação, controle de pragas e doenças, bem como diferentes processos enológicos (CARBONNEAU, 2011; PEREIRA et al., 2018). Entretanto, mesmo com o avanço tecnológico já alcançado, Carbonneau (2010) ressalta que os principais desafios da viticultura tropical são os conhecimentos básicos a

respeito da adaptação ao clima tropical e suas limitações, experimentação de novos sistemas de cultivo e pressão socioeconômica dessas regiões. Investimentos para superar estes desafios são necessários tendo em vista que, segundo Mello (2015), o cultivo da videira nessa região possui grande importância social, econômica e cultural, pois envolve um grande volume anual de negócios, pesquisas e geração de empregos diretos e indiretos.

2.3 Produção de uvas para suco

O suco de uva é uma bebida nutritiva e não fermentada, de cor, aroma e sabor característicos, sendo bastante apreciada mundialmente (RIZZON; MENEGUZZO, 2007). Os EUA, o Brasil e a Espanha são destacados como maiores produtores de suco de uva do mundo (OIV, 2017). Nos últimos anos, a produção de suco de uva no Brasil apresentou crescimento, especialmente para as indústrias de sucos integral (33-52 milhões de litros) e concentrado (156-178 milhões de litros) (MELLO, 2016). O estado do Rio Grande do Sul é responsável por 90% da oferta nacional desta bebida. As variedades americanas *Vitis labrusca* L. são amplamente cultivadas nessa região e representam mais de 80% das uvas processadas, destinadas principalmente à produção do suco de uva.

A utilização maciça dos produtos da videira da espécie *V. labrusca* L. deve-se ao fato de fornecerem matéria-prima ideal para a produção de sucos, uma vez que estas uvas não perdem características aromáticas e gustativas mesmo quando o suco é submetido à pasteurização, mantendo sobretudo o aroma “foxado”, muito apreciado pela população das Américas. Além disso, as uvas labruscas são mais produtivas e resistentes às doenças que comumente afetam as videiras (CAMARGO et al., 2005; GIOVANNINI, 2008; VENTURINI FILHO, 2010). Entre as variedades mais cultivadas, destacam-se Bordô e Isabel, que correspondem a cerca de 50% da produção nacional de uvas (OLIVEIRA et al., 2009; NIXDORF; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, 2010). No entanto, outras regiões surgiram no território brasileiro nos últimos cinco anos, além da região semiárida do submédio do Vale do São Francisco e tem recebido importância no cenário da vitivinicultura nacional.

Atualmente, existem pelo menos seis empresas na região do Submédio do Vale do São Francisco que produzem sucos de uva concentrados e integrais de ‘Isabel Precoce’ (*V. labrusca*), principal cultivar utilizada para a produção de suco na região, além de

outros híbridos interespecíficos, como ‘BRS Magna’, ‘BRS Cora’ e ‘BRS Violeta’, desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da videira na Embrapa com o objetivo de melhorar a qualidade do suco de uva, principalmente no que diz respeito aos elementos de cor e doçura (RIBEIRO et al., 2012; RITSCHHEL et al., 2012; RITSCHHEL et al., 2015).

A cultivar ‘Isabel Precoce’ é uma mutação somática espontânea e apresenta as características gerais da cultivar Isabel, porém com maturação antecipada. Esta cultivar é considerada uma alternativa para a vitivinicultura brasileira, voltada à elaboração de vinho de mesa e de suco de uva, seja para a ampliação do período de processamento na vitivinicultura tradicional, na região Sul, seja pela possibilidade de obtenção de duas colheitas durante o período de estiagem, nas regiões tropicais (CAMARGO, 2004). Além disso, esta cultivar apresenta outras características favoráveis, como: elevado vigor e fertilidade, alta capacidade produtiva, maturação uniforme e características físico-químicas adequadas para a elaboração de sucos (CAMARGO, 2004; RITSCHHEL; CAMARGO, 2007).

A cultivar híbrida ‘BRS Cora’ é oriunda do cruzamento Muscat Belly A x H. 65.9.14 realizado em 1992, na Embrapa Uva e Vinho, e lançada em 2004, como cultivar nacional de uva para suco. Foi desenvolvida para atender novas regiões vinícolas de clima tropical emergentes no Brasil. A cultivar híbrida ‘BRS Violeta’ foi obtida a partir do cruzamento ‘BRS Rúbea’ x ‘IAC 1398-21’, realizado em 1999, na Embrapa Uva e Vinho, e lançada em 2005. Apresenta boa adaptação a climas tropicais sendo destinada à elaboração de suco e vinho de mesa (CAMARGO; MAIA, 2004). Essa cultivar apresenta coloração violácea intensa, elevado teor de açúcares e acidez relativamente baixa. Como a maturação desta uva coincide com o ciclo da cultivar Isabel Precoce, empregá-la para conferir uma coloração mais atrativa ao suco de uva desta tem sido uma alternativa para obtenção de produtos de melhor qualidade (CAMARGO et al., 2005).

Dessa forma, ambas as cultivares são utilizadas na melhoria de cor em sucos com deficiência nessa característica, recomendando-se a mistura na proporção de 15 a 20% da formulação do suco (CAMARGO; MAIA, 2004; CAMARGO et al., 2005). Por fim, com o intuito de validarem o plantio em clima tropical, a cultivar ‘BRS Magna’ está sendo estudada com o objetivo de, também, ser utilizada como corte (mistura), nas empresas produtoras de suco.

2.4 Cultivar BRS Magna

A cultivar híbrida BRS Magna é resultado do cruzamento entre ‘BRS Rúbea’ x ‘IAC 1398-21’ (Traviú), realizado em 1999, na Embrapa Uva e Vinho, e lançada em 2012 como uma cultivar tintureira, com tom violáceo intenso e aroma típico da espécie *V. labrusca*. Essa cultivar possui cacho de tamanho médio, com bagas pequenas e esféricas, de cor preto-azulada (Figura 1), alto teor de açúcares (cerca de 17-19 ° Brix), acidez total média de 90 meq L⁻¹, alta fertilidade de gemas, além de ter potencial produtivo de 25 a 30 t.ha⁻¹.safra⁻¹ (RITSCHHEL et al., 2014; RITSCHHEL et al., 2015).



Figura 1. Cachos de uvas da cultivar ‘BRS Magna’. Foto: Luana Ferreira dos Santos.

A cultivar BRS Magna tem ciclo intermediário e ampla adaptação climática, inclusive a regiões tropicais (RITSCHHEL et al., 2015). Seu suco pode ser consumido puro ou em corte com os de outras cultivares, como a ‘Isabel Precoce’, base da produção e processamento de uva para suco no submédio do Vale do São Francisco. No entanto, mesmo os produtos elaborados da uva ‘Isabel Precoce’ tendo sabor e aroma agradáveis, são pobres em coloração. Como alternativa, a ‘BRS Magna’ pode corrigir o problema.

Os requisitos térmicos da ‘BRS Magna’ são de 1442 graus-dia, desde a poda até o fim da maturação, e de 1330 graus-dia, desde o surgimento do fruto até o final da maturação. Tratando-se de técnicas de manejo, essa cultivar apresentou bom desempenho agrônômico quando enxertada sobre os porta-enxertos ‘Paulsen 1103’, no sul do Brasil, e ‘IAC 572’, em áreas tropicais. Em comparação com o suco feito de outras cultivares o conteúdo de antocianinas e de compostos fenólicos da ‘BRS Magna’ apresentaram valores menores apenas quando comparados com o suco de ‘BRS Violeta’

(RITSCHER et al., 2015). Esses sucos apresentam uma alta capacidade antioxidante (LIMA et al., 2014), exibindo potencial de ampliação de mercado. Além disso, em trabalho desenvolvido na região do submédio do Vale do São Francisco, a ‘BRS Magna’ apresentou alto rendimento, altos teores de açúcares quando comparado às uvas colhidas em clima temperado, confirmando capacidade de cultivo e elaboração de suco nas condições tropicais (LEÃO et al., 2018).

Com o potencial de produção e qualidade que essa cultivar tem apresentado, tem ocorrido expansão das áreas cultivadas, porém com base de informação científica e tecnológica restrita sobre as condições de produção e ponto de colheita que potencialize os componentes da qualidade. A disponibilização destas informações amplia perspectivas de inserção da cultivar na vitivinicultura tropical mundial e apoia o aprimoramento do manejo.

2.5 Maturação das uvas

A maturação corresponde à etapa do desenvolvimento em que ocorrem várias mudanças fisiológicas, bioquímicas e estruturais que tornam as bagas comestíveis, resultando da síntese e da degradação de diferentes compostos, influenciadas principalmente pela idade fisiológica dos tecidos, por fatores ambientais e pelo manejo adotado no parreiral (BORGHEZAN et al., 2017; RIBEIRO et al., 2012). O processo de crescimento e desenvolvimento da baga é caracterizado por uma curva sigmoideal dupla, definindo-se três fases diferentes em que ocorrem alterações específicas (CHERVIN et al., 2012). Essas alterações são independentes umas das outras e, em conjunto, determinam a aparência, o sabor, o aroma e a firmeza da uva (WILLS et al., 1998).

Os eventos mais importantes no desenvolvimento e maturação da uva são as mudanças na cor e no amaciamento das bagas (WINKLER et al., 1974). É nessa fase que compostos como açúcares, terpenos, antocianinas, taninos, ácidos orgânicos e outros são degradados e/ou direcionados para as bagas (CONDE et al., 2007). Além disso, mudanças estruturais, como incremento de massa e do tamanho da baga, estão relacionadas com a divisão e expansão celular, que ocorrem na primeira fase de crescimento da baga e influenciam diretamente as características de massa do cacho e da baga (BORGHEZAN, 2017). Pelo fato de a uva ser uma fruta não climatérica, ou seja, apresenta baixa atividade respiratória e não amadurece após a colheita, ela só deve ser colhida quando atingir as condições apropriadas ao consumo (CHOUDHURY; COSTA,

2004; CHAMPA et al., 2014), pois não apresentam mudanças bioquímicas significativas que contribuam para a melhoria do seu padrão de qualidade após maduras.

Em uvas tintas, o início da maturação é caracterizado pela mudança de coloração do verde para a pigmentação avermelhada. Acompanhando a mudança de cor, também ocorre amaciamento das bagas (UVIBRA 2015; COLETTA et al. 2018). Nessa fase, as bagas amaciam, devido à perda de rigidez da parede das células da casca e da polpa. O amaciamento da uva e o aumento no teor de açúcares (glicose e frutose) ocorrem até que as bagas atinjam a sobrematuração, quando não há mais síntese notável de açúcares, nem decréscimo apreciável da acidez (GUERRA, 2003).

O amaciamento da polpa envolve alterações na parede celular ocasionadas pela ação de expansinas, pectinases e outras enzimas. Embora se reconheça que esses eventos estejam associados com alterações na estrutura e na composição da parede celular, a firmeza das bagas também está fortemente associada a variações na pressão de turgescência (ou turgor) das células do mesocarpo (CASTELLARIN et al., 2016). Dentro da cadeia de controle de qualidade, a textura da polpa é um atributo importante, podendo contribuir para a tomada de decisão da colheita, para a avaliação dos impactos da manipulação pós-colheita na vida útil do fruto, para o processamento e comércio in natura, como também contribui para a análise de aceitação do consumidor (GUERRA, 2003).

A maturação ideal das uvas que são destinadas ao processamento é estabelecida principalmente pela determinação do teor de sólidos solúveis (mínimo de 14 °Brix) e relação sólidos solúveis/acidez titulável determinantes na palatabilidade (GIL; PSZCZÓLKOWSKI, 2007). Os açúcares e os ácidos são os mais importantes constituintes do sabor da fruta, da determinação da relação sólidos solúveis/acidez titulável (ratio) e que melhor definem o grau de maturação das uvas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). No entanto, pesquisas vêm demonstrando que apenas esses atributos usados para estimar a maturidade não são suficientes em prever o potencial de maturação, fazendo-se necessário o acompanhamento da evolução da composição fenólica das bagas (FAILLA et al., 2005; JEDIYI et al., 2019). Sua maturidade pode ser separada em dois tipos: maturidade tecnológica, a da polpa, correspondendo a um teor de açúcares e acidez; e maturação fenólica, compreendendo uma fase em que as antocianinas, outros polifenóis e taninos, bem como as substâncias aromáticas, atingiram teores ótimos assim como a sua capacidade para extração (VAN LEEUWEN et al., 2004).

De fato, podemos definir o amadurecimento das uvas como o período que vai do veraison à colheita, incluindo um conjunto de processos bioquímicos que levam à transformação da uva verde, dura e ácida em uva colorida, flexível, doce e rica em sabores (REYNIER, 2007; BORGHEZAN, 2017). Alguns fatores influenciam a maturação e a colheita das uvas, como a localização da videira dentro da vinha, posição do cacho na videira, fatores genéticos, climáticos, geográficos e práticas de manejo, a exemplo da utilização de porta-enxertos. O efeito dos porta-enxertos no vigor, desenvolvimento, florescimento, frutificação, longevidade e adaptação das plantas a determinadas condições edáficas é indicação de que a produtividade tem relação com a cultivar copa e com o porta-enxerto. Portanto, esses fatores podem acentuar as diferenças na taxa de amadurecimento e influenciar as características fenológicas, produtivas e de qualidade das uvas (FOURNAND et al., 2006; RÍO-SEGADE et al., 2013; TECCHIO et al., 2014).

Outra ferramenta importante para o acompanhamento da maturação da uva é o conhecimento da duração das fases fenológicas. Este torna possível programar as práticas culturais, especialmente as que exigem mais mão de obra, em função da data da poda de produção. Além disso, empresas processadoras de uva poderão otimizar suas operações industriais juntamente com seus fornecedores, programando o recebimento da matéria-prima em função de sua capacidade de processamento, evitando perdas na qualidade do produto (ROBERTO et al., 2005). A fenologia da videira varia de acordo com o genótipo e as condições climáticas de cada região ou da mesma região devido à sazonalidade climática ao longo do ano (PEDRO JÚNIOR et al., 2014). Para entender esta variação, diversos autores avaliam cultivares durante ciclos consecutivos e utilizam escalas fenológicas para comparar e estabelecer a duração dos estádios (HERNANDES et al., 2010; BERTOLETTI BARROS et al., 2015; LOUREIRO et al., 2016).

Além das variáveis citadas anteriormente, fatores como o número de dias após a brotação, índice graus-dia, tamanho da baga e evolução da cor da casca também são utilizados como indicadores do estágio de maturação para definição do ponto ideal de colheita (ASSIS et al., 2011).

2.6 Composição fenólica

Os compostos fenólicos ou polifenóis figuram como o maior grupo de antioxidantes naturais, com cerca de 8.000 compostos diferentes. São substâncias

quimicamente heterogêneas, de caráter hidrofílico, produzidas pelo metabolismo secundário de diversas plantas, como as videiras. Possuem em comum o fato de apresentarem em sua estrutura vários grupos benzênicos característicos, tendo como substituintes grupamentos hidroxilas (HERNÁNDEZ; PRIETO GONZÁLES, 1999; KONDRASHOV et al., 2009). Por apresentar uma infinidade química, estes compostos têm diversas funções no reino vegetal. Têm influência direta e ou indireta na cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa em alimentos, principalmente pelo fato de serem moléculas essenciais para o crescimento e reprodução de plantas (SILVA et al., 2014; FLAMINI et al., 2013).

Induzida sob condições de estresse abiótico e biótico, como infecções, lesões por radiação UV, salinidade, estresse hídrico e calor, a biossíntese dos compostos fenólicos pode ocorrer por meio de diferentes rotas metabólicas, como a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido mevalônico, sendo a última de maior relevância no metabolismo de microrganismos e pouca significância no metabolismo de vegetais. A rota do ácido chiquímico converte intermediários da glicólise (ácido fosfoenolpirúvico) e da via das pentoses fosfato (eritrose-4-fosfato) em aminoácidos aromáticos, sendo esta via regulada pela enzima fenilalanina amônia liase. Os compostos fenólicos sintetizados podem estar na forma livre ou ligados a açúcares e proteínas, podendo ser moléculas simples ou compostos com alto grau de polimerização (ÂNGELO; JORGE, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2004). A quantidade e a composição dos compostos fenólicos nas uvas podem variar de acordo com diferentes fatores, como: espécie da videira, cultivar, maturidade das bagas, condições climáticas, práticas de viticultura, região de cultivo, contato com insetos e microrganismos, exposição à luz ultravioleta e utilização de fertilizantes e pesticidas (SIRIWOHARN et al., 2004).

De acordo com sua estrutura química e rota de síntese, os compostos fenólicos podem ser classificados em dois grupos: flavonoides e não flavonoides, conforme demonstrado na Figura 2 (ABE et al., 2007; FLAMINI et al., 2013). Os flavonoides constituem o maior grupo de compostos fenólicos, com mais de 5.000 moléculas descritas. Possuem em comum o fato de serem formados por dois anéis aromáticos (A e B), unidos por um anel heterocíclico oxigenado, denominado de anel C (WOLFE; LIU, 2008). Os flavonoides dividem-se em vários subgrupos de acordo com o grau de hidrogenação e variações do anel C, a saber: flavonóis (caempferol, quercetina, miricetina), flavanóis (catequina, epicatequina e epigalocatequina), flavonas, flavanonas, antocianinas (delfinidina, cianidina, malvidina, petunidina e peonidina) e

isoflavonoides (Figura 2). Este grupo é o mais importante e majoritário entre os polifenóis das uvas, tanto em quantidade quanto em qualidade, e estão inseridos em três principais classes: flavonóis, flavanóis e antocianinas (ABE et al., 2007).

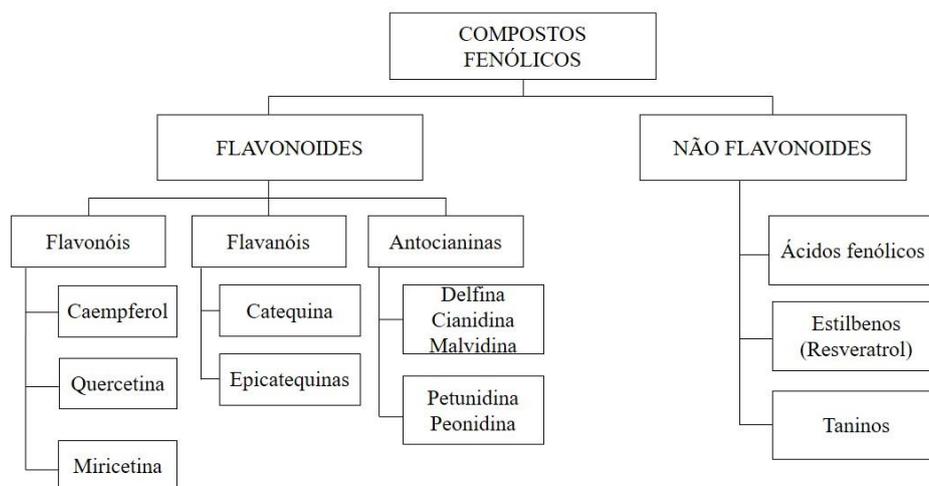


Figura 2. Representação esquemática dos principais compostos fenólicos presentes no suco de uva. Adaptado de ABE et al., 2007 e FLAMINI et al., 2013.

A biossíntese de flavonoides pela videira é altamente influenciada pela luz solar recebida durante o ciclo produtivo. Estudos relataram que uvas mais expostas à luz solar podem apresentar teores de flavonóis até dez vezes superiores aos dos mesmos frutos cultivados em condições de sombreamento (AYENEW et al., 2015; CHASSY et al., 2015; DEGU et al., 2016). Por isso, tem-se a expectativa de que os sucos produzidos com uvas da região do Submédio do Vale do São Francisco possam apresentar teores de compostos fenólicos superiores àqueles presentes em produtos similares oriundos de regiões de clima temperado. Essa condição climática diferenciada pode estimular a síntese de alguns compostos químicos, como as antocianinas, pigmento de natureza bioativa, valorizando dessa forma os produtos dessa região (NATATIVIDADE et al., 2013).

Os flavonóis, presentes principalmente na casca da baga, são formados pelos pigmentos amarelos e sua formação ocorre durante o crescimento da baga. Possuem importante papel no desenvolvimento da coloração do vinho, atuando como co-pigmentos junto às antocianinas (FLAMINI, 2003). Em *V. labrusca*, a quercetina é o

composto predominante (JACKSON, 1994). Por sua vez, os flavanóis estão presentes principalmente nas sementes e são responsáveis pelo sabor e adstringência de vinhos e sucos de uva (ABE et al., 2007). Nos sucos de uva, os flavanois encontram-se na forma monomérica de (+) catequinas e (-) epicatequinas, que pertencem ao grupo dos três polifenóis melhor absorvidos pelo organismo. Dentre os benefícios que proporcionam à saúde humana, destacam-se a redução na incidência de certos tipos de câncer, a redução do colesterol sérico e o estímulo ao sistema imunológico (TUFARELLI et al., 2017; JARA-PALACIOS et al., 2016).

A terceira subclasse de flavonoides são as antocianinas, responsáveis pela pigmentação de flores e frutos, conferindo coloração arroxeadada, alaranjada, azulada e avermelhada (MUÑOZ-ESPADA et al., 2004). Esses pigmentos estão localizados nos vacúolos das células da casca e, conforme as uvas amadurecem, aumenta o espaço ocupado por elas, em detrimento do citoplasma. Na uva, esses pigmentos são sintetizados a partir do início da maturação e evoluem até o completo amadurecimento da baga. Normalmente, estão presentes na casca e nas primeiras camadas de tecido próximas a ela, mas podem também concentrar-se nos vacúolos das células da polpa, em algumas variedades tintas (LIMA; CHOUDHURY, 2007). As antocianinas simples da uva são seis: cianidina, peonidina, pelargonidina, delphinidina, petunidina e malvidina, sendo a última, o principal pigmento encontrado nas uvas tintas (JACKSON, 2008), com diferenças que podem ser decorrentes da cultivar e das condições de cultivo (MUNOZ-ESPADA et al., 2004). As antocianinas que diferem entre si por apresentarem diferentes substituintes do anel B denominam-se glicosiladas. As antocianinas presentes no suco de uva apresentam-se na forma de mono e diglicosídeos, mantendo praticamente o mesmo perfil antociânico das uvas frescas (MALACRIDA; MOTA, 2006).

As uvas da espécie *V. vinifera* apresentam apenas uma molécula de glicose na posição do carbono 3, formando as antocianinas 3-*O*-monoglicosídicas. Nas espécies *V. labrusca*, *V. riparia*, *V. rupestres* e híbridos, a molécula de glicose aparece nas posições 3 e 5 do carbono, formando as antocianinas 3,5-*O*-diglicosídicas, sendo este um fator importante na diferenciação de cultivares (JÁNVÁRY et al., 2009).

Existem três fases do acúmulo de antocianinas na casca de uva. Na primeira, os teores aumentam quase linearmente. Na segunda, a biossíntese é reduzida, podendo haver estabilização ou mesmo diminuição dos teores existentes. A partir daí, algumas cultivares podem apresentar novo aumento na última fase, próximo ao final do ciclo produtivo (FERNÁNDEZ-LÓPES et al., 1999; GOUOT et al., 2018). Em geral, as

antocianinas apresentam seu valor máximo durante a fase final da maturação (BORGHEZAN, 2017). Nas uvas tintas, constituem a maior porcentagem em relação ao total de compostos fenólicos.

Além de serem importantes para a coloração, as antocianinas são os pigmentos que mais contribuem para a capacidade antioxidante das uvas (da SILVA et al., 2016; MORENO-MONTORO et al., 2015). Estudos mencionam o suco de uva e vinhos como bebidas funcionais com alta atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, associados ao efeito do conteúdo de compostos fenólicos (PADILHA et al., 2017; KARNOPP et al., 2017).

O segundo grupo, os não-flavonoides, são representados principalmente pelos ácidos fenólicos, que são derivados do ácido hidroxicinâmico e do ácido hidroxibenzóico, além dos estilbenos (como o resveratrol), cumarinas e lignanas (XIA et al., 2010; KRIKORIAN et al., 2012; FLAMINI et al., 2013), os quais variam amplamente em seus conteúdos e perfis entre diversos frutos. Sobre suas funções na uva, os ácidos fenólicos, que são precursores de compostos voláteis, podem estar envolvidos em reações de escurecimento e possuem atividade antioxidante (FERRANDINO; GUIDONI, 2010). Esses compostos possuem ação antioxidante, protegendo o corpo contra danos oxidativos sob diferentes condições e sua distribuição é variável entre as espécies vegetais, suas cultivares e partes de uma mesma planta (OBREQUE-SLIER et al., 2012a; OBREQUE-SLIER et al., 2012b).

Com relação aos estilbenos, o resveratrol (trans-3,5,4'-trihydroxystilbene) é o composto mais amplamente estudado quando se trata de uvas. O resveratrol é encontrado na uva e seus derivados, tendo mostrado capacidade em diminuir os níveis de lipídeos no soro sanguíneo e agregação plaquetária, aumentar o colesterol HDL, diminuir o LDL-c e prevenir a obstrução das artérias (LEAL et al., 2017).

Por último, os taninos são o terceiro grupo dos fenólicos não-flavonoides, de peso molecular mais elevado, podendo ser constituídos pela união de moléculas de ácido gálico, ácido elágico glicosilado ou proantocianidinas (taninos condensados). Nos alimentos, conferem sensação de adstringência, além de estarem envolvidos em alguns efeitos funcionais (MONTEIRO et al., 2005).

Vale ressaltar que os valores desses compostos em geral, dependem muito do grupo e dos fatores ambientais. As condições climáticas, a composição do solo e sua capacidade de drenagem têm uma grande influência sobre a concentração de compostos fenólicos na baga da uva. Este conceito condiciona que, em determinados lugares, uma mesma cultivar vinífera, proporciona produtos com maiores ou menores concentrações.

Além desses aspectos, existem ainda outros fatores, como características genéticas da própria uva, condições de cultivo, tratos culturais e estágio de maturação fenólica que podem influenciar a quantidade e estabilidade destes compostos (de OLIVEIRA et al., 2018). Além disso, são justificáveis os interesses crescentes em pesquisas voltadas para compostos fenólicos de uva uma vez que estão intimamente ligados aos benefícios à saúde humana, como sua capacidade antioxidante e seu possível efeito cardioprotetor, anticâncer, propriedades de anti-inflamação, antienvelhecimento e antimicrobianas (LEONG et al., 2016; SINGH et al., 2015).

2.7 Porta-enxertos

A produção de uva é influenciada por diversos fatores, sendo o porta-enxerto uma peça chave. Algumas características agronômicas e fisiológicas das cultivares, como vigor, repartição de fotoassimilados, teor de açúcares e acidez dos frutos, acúmulo de biomassa, fenologia, produção e qualidade da uva, podem ser influenciadas, principalmente, pelos porta-enxertos e determinam o sucesso da viticultura (LEÃO et al., 2011). Todavia, essas respostas são diferenciadas conforme as condições edafoclimáticas, a cultivar copa sobre ele enxertada, a técnica da enxertia utilizada, a época e a aplicação ou não de fitorreguladores (MOTA et al., 2009; REGINA et al., 2012; BETTONI et al., 2014). A adaptação a condições ambientais particulares, a resistência ou tolerância a agentes de estresse bióticos e abióticos, incluindo filoxera, nematoides, vírus, adaptabilidade a solos alcalinos e salinos, adaptabilidade a solos úmidos ou mal drenados e adaptabilidade à seca são requisitos designados à função do porta-enxerto e determinantes para sobrevivência da planta (SOUZA et al., 2015; RIAZ et al., 2019).

Desde a segunda metade do século XIX, os porta-enxertos são utilizados nos vinhedos como consequência da grande invasão da praga de solo denominada filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) (JIN et al., 2016). Como consequência do ataque da praga, há deformação das raízes de videiras da espécie *V. vinifera*, resultando na perda de vigor vegetativo, ocorrência de infecção fúngica, declínio das atividades metabólicas, com consequente morte da planta (OLLAT et al., 2016).

Somente três anos após o surgimento da doença, o pulgão foi identificado como agente causal, verificando-se, ainda, que, sua ocorrência em espécies de videiras americanas também pode ser constatada, porém, não compromete sua fisiologia

(MUDGE et al., 2009; RIEGER, 2006). A partir de então, alguns porta-enxertos de espécies americanas foram utilizados, com o intuito de combater o inseto na sua forma radicular. O uso das espécies *V. riparia* e *V. rupestris* e de um híbrido interespecífico de *V. berlandieri* como porta-enxertos para *V. vinifera*, produzidos na Europa, permitiram reduzir o problema com a praga. Além disso, híbridos foram gerados como porta-enxertos com o objetivo de que conferissem características desejáveis à produção com resistência à filoxera (RIEGER, 2006; OLLAT et al., 2016). A potencial perda econômica da infestação é tão grande que o plantio em porta-enxertos resistentes é recomendado mesmo em regiões onde a filoxera ainda não está presente (RIAZ et al., 2019).

Além de conferir resistência a estresses bióticos e abióticos, um fator fundamental e que confere sucesso na enxertia é a interação do enxerto com o porta-enxerto. A boa compatibilidade entre as duas partes permite melhorar a qualidade da produção, requerendo equilíbrio entre vigor vegetativo e produção (TÉTHAL et al., 2015; RIZZON; MIELE, 2017). Para recomendação de um determinado porta-enxerto, deve-se verificar as características de condições de cultivo e cultivares. Reconhece-se que existe um porta-enxerto adequado para cada cultivar, em um determinado local de cultivo.

Atualmente, um número extenso de porta-enxertos encontra-se disponível aos produtores. Porém, cada um deles apresenta suas vantagens e deficiências. Apenas com a experimentação agrícola pode-se determinar com regular precisão qual o mais adequado para uma determinada cultivar e região (POMMER et al., 1997).

Os porta-enxertos mais utilizados no mundo são originários dos seguintes cruzamentos: *V. riparia*, *V. rupestris*, *V. champini*, *V. riparia* x *V. rupestris*, *V. berlandieri* x *V. riparia*, *V. berlandieri* x *V. rupestris*, *V. riparia* x *V. solonis* e *V. cordifolia* x *V. riparia* x *V. rupestris* (GOLDAMMER, 2015). No Brasil, os porta-enxertos foram introduzidos da Europa sendo selecionados e adaptados para cada cultivar e as condições locais de cultivo. Vários porta-enxertos são utilizados na cultura da videira no país. Na região Sul do Brasil, os porta-enxertos ‘Paulsen 1103’, ‘VR 043-43’, ‘SO4’ e ‘420-A’ são destaques na viticultura convencional com maior potencial de cultivo (CAMARGO; NACHTIGAL, 2007). Para regiões tropicais e subtropicais, o desenvolvimento de porta-enxertos foi realizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), destacando-se o ‘IAC 313’ (Tropical), ‘IAC 571-6’ (Jundiaí), ‘IAC 572’ (Jales) e ‘IAC 766’ (Campinas), com ótima qualidade no vigor e na adaptabilidade

(LEÃO; RODRIGUES, 2009), sendo o primeiro a base do desenvolvimento da viticultura tropical no Submédio do Vale do São Francisco, em Jales-SP e Pirapora-MG. Além desses últimos porta-enxertos citados, ‘Harmony’, ‘Paulsen 1103’ e ‘SO4’ têm apresentado comportamento satisfatório em uvas de mesa e vinho, no submédio do Vale do São Francisco, apresentando bom desempenho em uvas sem sementes (LEÃO; RODRIGUES, 2009).

O porta-enxerto ‘IAC 313’ é resultado do cruzamento entre ‘Golia’ x *V. cinerea*, desenvolvido por Santos Neto e lançado em 1950, no Instituto Agrônomo de Campinas. Este porta-enxerto confere grande vigor vegetativo à cultivar copa sobre ele enxertada, com alto enraizamento e boa adaptação a solos ácidos, argilosos e arenosos, além de boa resistência às doenças fúngicas e viroses. Possui bom pegamento na enxertia e apresenta uma lignificação tardia, devendo, no entanto, ser evitadas estacas com diâmetro superior a 1 cm. É também chamado de ‘Tropical’ por ter sido desenvolvido para condições tropicais brasileiras (EMBRAPA, 2019a; LEÃO; RODRIGUES, 2009). Em experimento realizado com a com videira da cultivar Syrah, Nassur et al. (2017) avaliaram a influência de diferentes porta-enxertos sobre a qualidade da uva. Estes autores não verificaram efeito dos porta-enxertos sobre o teor de açúcares totais, cor e antocianinas. No entanto, o uso do porta-enxerto ‘IAC 313’, sob condições tropicais, resultou em vinhos com menor pH e teor de sólidos solúveis, além de maior atividade antioxidante e teores fenólicos. Na mesma cultivar, o uso do porta-enxerto ‘IAC 313’ sob condições tropicais, conferiu maior concentração de taninos condensados e flavonoides (OLIVEIRA et al., 2019).

O ‘IAC 572’ ou Jales é originário do cruzamento de *V. caribaea* com ‘RR101-14’, desenvolvido pelo Instituto Agrônomo de Campinas, em 1955. Apresenta bom vigor para diferentes texturas de solos, boa aptidão para enraizamento, resistência a doenças fúngicas, ampla adaptação e afinidade com as principais cultivares em uso nas regiões tropicais. No entanto, deve ser evitado em regiões subtropicais, onde só interrompe o ciclo vegetativo com ocorrência de geadas. Em consequência, apresenta irregularidade de brotação na primavera, o que afeta o ciclo vegetativo e a produção. É atualmente o porta-enxerto mais utilizado nas principais regiões tropicais produtoras de uvas de mesa (GIOVANNINI, 2005; CORRÊA et al., 2008).

Na região do Submédio do Vale do São Francisco, este porta-enxerto apresenta boa afinidade com as cultivares de uvas de mesa com sementes e tem sido também utilizado em uvas para vinho (LEÃO; RODRIGUES, 2009). Avaliando o conteúdo de

compostos bioativos, ácidos orgânicos e capacidade antioxidante dos sucos de uva das cultivares ‘Isabel Precoce’, ‘BRS Carmem’, ‘BRS Cora’ e ‘IAC 138-22 Máximo’ enxertadas sobre ‘IAC 766’ e ‘IAC 572’ em condições tropicais no Brasil, da Silva et al. (2019) verificaram que, quando o ‘IAC 572’ foi utilizado, maior teor de antocianinas monoméricas foi quantificado nos sucos de ‘BRS Carmem’. Em outro trabalho estudando a influência de ‘IAC 572’ e ‘IAC 766’, avaliando-se componentes de produção e características físico-químicas das uvas citadas anteriormente, da Silva et al. (2018) verificaram que a maioria dos atributos físicos das uvas foram significativamente afetados pelos porta-enxertos. O ‘IAC 766’ favoreceu aumentos de massa, comprimento e largura dos cachos e bagas, comparados com os do ‘IAC 572’. Borges et al. (2014) não observaram diferenças significativas entre ‘IAC 766’ e ‘IAC 572’ para o número de cachos por vinha e massa do cacho para a variedade ‘Concord’, indicando que diferentes variedades respondem diferentemente ao uso dos mesmos porta-enxertos.

O ‘IAC 766’ ou Campinas é resultante do cruzamento do porta-enxerto ‘106-8 Mgt’ Ripária do Traviú com a espécie de videira tropical *V. caribaea*, realizado por Santos Neto, em 1958, em Campinas e lançada como cultivar em 1970. Este porta-enxerto é bastante usado no leste de São Paulo, em Piraporanga-MG e no norte do Paraná. Tem um bom pegamento, enraizamento e resistência média à antracnose, alta à fusariose, míldio, filoxera nas raízes e nematóides, sendo menos vigoroso que o ‘IAC 313’ e ‘IAC 572’. Em regiões com ocorrência de temperaturas mais baixas, este porta-enxerto tende a entrar em dormência durante o inverno, apresentando intensa queda de folhas, dificultando, em alguns casos, a obtenção de plantas com desenvolvimento adequado para a realização da enxertia, neste período. Tem apresentado afinidade com as mais diversas cultivares, dentre elas Niagara Branca, Niagara Rosada, Itália e mutações, Redglobe, Centennial Seedless, Patrícia, Maria, Paulistinha e Máximo (EMBRAPA, 2019b; CAMARGO, 1998).

O porta-enxerto ‘Paulsen 1103’, pertencente ao grupo *V. berlandieri* x *V. rupestris*, teve grande difusão no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina nos últimos anos por apresentar tolerância à fusariose, doença comum nas zonas vinícolas da Serra Gaúcha e do Vale do Rio do Peixe. Entre os viticultores, também é conhecido como ‘Piopeta’ ou ‘Piopa’ (CAMARGO, 2003). Este porta-enxerto apresenta bom pegamento de enxertia, é vigoroso, tem ciclo vegetativo longo, enraíza com facilidade, além de ser recomendado para solos com densidade média, sendo o porta-enxerto mais propagado na região Sul do Brasil. É desaconselhado o uso em regiões de depressão e/ou pouco

ventiladas, onde as geadas na primavera são frequentes (RIAZ et al., 2007; SOARES; LEÃO, 2009).

Em região vitivinícola da Serra Gaúcha, um estudo para avaliar a composição do mosto de ‘Cabernet Sauvignon’ sobre quinze porta-enxertos, dentre eles o ‘Paulsen 1103’, verificou maior acidez titulável na combinação com este porta-enxerto, quando comparado com os demais (MIELE; RIZZON, 2017). Estes autores verificaram ainda que o mosto da combinação ‘Cabernet Sauvignon’/‘Paulsen 1103’ apresentou bons rendimentos, no entanto, com menor teor de sólidos solúveis totais. Em outro trabalho, verificando a influência dos porta-enxertos ‘101-14 Mgt’, ‘SO4’, ‘99R’, ‘110R’ e ‘Paulsen 1103’ em videiras da cultivar Merlot 181, foi observado que ‘Paulsen 1103’ proporcionou taxa de maturação mais lenta, menores bagas, além de menor teor de antocianinas (GUTIÉRREZ-GAMBOA et al., 2018). ‘Paulsen 1103’ é um porta-enxerto muito vigoroso que dá origem a um longo ciclo vegetativo. Isso resulta em um atraso no amadurecimento da uva. O sistema radicular desse porta-enxerto é profundo, podendo conferir um vigor excessivo à cultivar enxertada (MORENO; VALLARINO, 2011).

O ‘Harmony’ é um cruzamento entre ‘1613 Couderc’ e ‘Dog Ridge’ (*V. champinii* x *V. vinifera* x *V. labrusca* x *V. riparia*). Além de apresentar tolerância à salinidade, o porta-enxerto ‘Harmony’ apresenta vigor moderado, uma elevada resistência aos nematóides, adaptando-se bem a solos de textura arenosa, confere um maior tamanho de bagas de uva apirênicas e tem se mostrado como boa alternativa de enxertia da uva ‘Thompson Seedless’ (LEÃO; SOARES, 2009). Sob condições semiáridas no Chile, foram avaliados os efeitos de nove porta-enxertos (‘Couderc 1613’, ‘Freedom’, ‘Harmony’, ‘Paulsen 1103’, ‘Richter 99’, ‘Richter 110’, ‘Ruggeri 140’, ‘Saint George’ e ‘Salt Creek’) sobre o rendimento de três cultivares (Thompson seedless, Flame seedless e Red Globe). Por meio do estudo, foi constatado que todos os porta-enxertos, exceto ‘Saint George’, aumentaram o rendimento em ‘Flame seedless’, enquanto ‘Salt Creek’ foi o único porta-enxerto com efeitos positivos em ‘Thompson seedless’. O uso de ‘Couderc 1613’, ‘Freedom’, ‘Harmony’, ‘Paulsen 1103’ ou ‘Salt Creek’ foi recomendado para Red Globe (IBACACHE et al., 2016).

O ‘SO4’ é um porta-enxerto oriundo do cruzamento entre *V. berlandieri* e *V. rupestris*, selecionado na Alemanha e introduzido no Brasil na década de 1970. Desenvolve-se lentamente e mostra baixo vigor nos primeiros anos de desenvolvimento, mas aumenta depois de certo tempo. Apresenta grandes exigências hídricas, não respondendo bem a solos de fácil drenagem e a climas secos. Tem sido utilizado em

algumas cultivares com diferentes finalidades: vinho ou mesa (GOLDAMMER, 2015). No entanto, atualmente, é pouco propagado porque transfere à cultivar copa alta sensibilidade à fusariose e a problemas de dessecamento do engaço (RIAZ et al., 2007). Este porta-enxerto tem demonstrado grande influência na composição fenólica das uvas. Um estudo realizado por Gutiérrez-Gamboa et al. (2018) documentou que vinhos de videira ‘Merlot’ enxertada em porta-enxertos ‘SO4’, ‘140 Ruggeri’, ‘Gravesac’ e ‘4453 M’ apresentaram boas características de cor, bem como maior teor de antocianias e taninos em relação aos porta-enxertos ‘101-14 Mgt’, ‘99R’, ‘110R’ e ‘Paulsen 1103’.

‘Freedom’ é resultado do cruzamento ‘1613-59 Couderc’ e ‘Dog Ridge’ (*V. champinii* x *V. vinifera* x *V. labrusca* x *V. riparia*), criado em 1967, na Califórnia. A principal razão para o cruzamento foi a busca por um porta-enxerto resistente a nematoides, sendo este seu principal atributo. Este porta-enxerto tem sido amplamente utilizado nos Estados Unidos, no México e no Egito, principalmente para a produção de uvas de mesa. Apresenta alto vigor, longo ciclo vegetativo e adapta-se bem em solos arenosos/argilosos. Cresce muito bem e tem alta produção de estaca por porta-enxerto. Não é adequado para solos rasos, compactados e secos, a menos que seja utilizada irrigação. Tem moderada resistência à seca e a condições de salinidade do solo. O potencial desse porta-enxerto, provavelmente, está nas regiões mais quentes e para cultivares de alto rendimento (EL-GENDY, 2013; TEUBES, 2014).

De modo geral, a indicação de porta-enxertos baseia-se na melhor adaptação deles às condições climáticas e à compatibilidade com a cultivar copa (MOTA et al., 2009). Além disso, a escolha depende fortemente das condições de solo de cada local e, dentro de uma região, pode sofrer muitas variações. Isso faz com que esta seja uma escolha difícil e os trabalhos de pesquisa devam ser repetidos para cada local de cultivo (LEÃO et al., 2011). Em se tratando de uvas para suco, os estudos voltados para as características agrônômicas e de qualidade associadas ao porta-enxerto adotado são escassos.

Há pouquíssimos trabalhos também relacionados à influência de porta-enxertos na composição bioativa das uvas para suco, sendo ainda mais raras pesquisas que evidenciem o efeito dos porta-enxertos na composição fenólica e atividade antioxidante das uvas para suco. Essas informações podem gerar base científica para condições de produção e ponto de colheita ideal que potencialize os componentes de qualidade, apoiando o aprimoramento do manejo.

3. REFERÊNCIAS

- ABE, L. T.; VIEIRA DA MOTA, R.; LAJOLO, F. M., GENOVESE, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 394-400, 2007.
- ALVES FILHO, E. G.; SILVA, L. M. A.; RIBEIRO, P. R.; DE BRITO, E. S.; ZOCCOLO, G. J.; SOUZA-LEÃO, P. C.; CANUTO, K. M. ¹H NMR and LC-MS-based metabolomic approach for evaluation of the seasonality and viticultural practices in wines from São Francisco River Valley, a Brazilian semi-arid region. **Food Chemistry**, 2019.
- ÂNGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolph Lutz**, São Paulo, v. 66, n.1, p. 1-9, set. 2007.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA UVA. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 56 p. 2018.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz. 88 p. 2018.
- ASSIS, A. D.; YAMAMOTO, L. Y.; SOUZA, F. D.; BORGES, R. D. S.; ROBERTO, S. R. Evolução da maturação e características físico-químicas e produtivas das videiras ‘BRS Carmem’ e ‘Isabel’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 493-498, 2011.
- AYENNEW, B.; DEGU, A.; MANELA, N.; PERL, A.; SHAMIR, M. O.; FAIT, A.; Metabolite profiling and transcript analysis reveal specificities in the response of a berry derived cell culture to abiotic stresses. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 728, 2015.
- BARCIA, M. T.; PERTUZATTI, P. B.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GODOY, H. T.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Phenolic composition of grape and winemaking by-products of Brazilian hybrid cultivars BRS Violeta and BRS Lorena. **Food Chemistry**, v. 159, p.159:95-105, 2014
- BERTOLETTI-BARROS, L.; MARGOTI, G.; FOWLER, J. G.; MAY DE MIO, L. L.; BIASI, L. A. Thermal requirement and phenology of different cultivars of *Vitis labrusca* on different rootstocks. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n.4, p. 2433-2442, 2015.
- BETTONI, J. C.; GARDIN, J. P.; SCHUMACHER, R.; FELDBERG, N. P.; SOUZA, C. F.; FURLAN, C. O uso de AIB melhora a qualidade de raízes em estacas herbáceas de porta-enxertos de videira. **Evidência: Ciência e Biotecnologia**, v. 14, n. 1, p. 47-56, 2014.
- BORGES, R. DE S.; ROBERTO, S. R.; YAMASHITA, F.; DE ASSIS, A.M.; YAMAMOTO, L.Y. Produção e qualidade de frutos de clones de videira ‘Concord’ sobre diferentes porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, p.198–204, 2014.
- BORGHEZAN, M. Formação e maturação da uva e os efeitos sobre os vinhos: Revisão. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v. 32, p. 126-141, 2017.

BURIN, V. M.; FERREIRA-LIMA, N. E.; PANCERI, C. P.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: evaluation of different extraction methods. **Microchemical Journal**, v.114, p.155-163, 2014.

CAMARGO, U. A. Cultivares para a viticultura tropical no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 15-19, 1998.

CAMARGO, U. A. Melhoramento genético: variedades de uvas sem sementes para o Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2003, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p. 171-172.

CAMARGO, U. A. (2004). 'Isabel Precoce': alternativa para a vitivinicultura brasileira. Embrapa Uva e Vinho, 2004. 6 p. (Comunicado Técnico, 54).

CAMARGO, A. C.; MAIA, J. D. G. **BRS Cora**: nova cultivar de uva para suco, adaptada a climas tropicais. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 7 p. (Comunicado Técnico, 53).

CAMARGO, U. A.; MANDELLI, F.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; TONIETTO, J. Grapevine performance and production strategies in tropical climates. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**, v. 5, n. 4, p. 257-269, 2012.

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

CAMARGO, U. A.; NACHTIGAL, J., MAIA, J. Implantação do vinhedo: sistema de produção de uva de mesa no norte do Paraná. 2005.

CARBONNEAU, A. Tropical viticulture: Specificities and challenges for a quality viticulture. **II International Symposium on Tropical**, v. 910, p. 15-34, 2010.

CARBONNEAU, A. Tropical viticulture: specificities and challenges for a quality viticulture. **Acta Horticulturae**, n. 910, p. 15-34. 2011.

CASTELLARIN S.D.; GAMBETTA G.A.; WADA H.; KRASNOW M.N.; CRAMER G.R.; PETERLUNGER E.; SHACKEL K.A.; MATTHEWS M.A. Characterization of major ripening events during softening in grape: Turgor, sugar accumulation, abscisic acid metabolism, colour development, and their relationship with growth. **Journal of Experimental Botany**, 67, 709-722, 2016.

CHAMPA, W. A. H.; GILL, M. I. S.; MAHAJAN, B. V. C.; ARORA, N. K. Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extends shelf-life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. **Postharvest Biology and Technology**, v. 91, p. 57-63, 2014.

CHASSY, A. W.; BUESCHL, C.; LEE, H.; LERNO, L.; OBERHOLSTER, A.; BARILE, D.; SCHUHMACHER, R.; WATERHOUSE, A. L.; Tracing flavonoid degradation in grapes by MS filtering with stable isotopes. **Food Chemistry**, v.166, 448-455, 2015.

CHERVIN, C.; AKED, A.; CRISOSTO, C. H. **Grapes. Crop Post-Harvest Science and Technology**, New Delhi, India, 2012. p. 187-211.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 783 p.

CHOUDHURY, M. M.; COSTA, T. S. **Cultivo da Videira**: Ponto de colheita. Embrapa Semiárido. Sistema de Produção, 2004.

CODEVASF. (2018). Companhia de desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **DADOS E ESTATÍSTICAS**. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/principal/aceso-a-informacao/dados-e-estatisticas>>. Acesso em: 19. Abr. 2019.

COLETTA, C.; BOTONDI, R.; FORNITI, R.; BACCELLONI, S.; BELLINCONTRO, A.; MENCARELLI, F. Alternating temperature in postharvest cooling treatment of 'Fiano' and 'Falanghina' grapes affects cell wall enzyme rate, berry softening, and polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.99, p.3142-3148, 2018.

CONDE, C.; SILVA, P.; FONTES, N.; DIAS, A. C. P.; TAVARES, R. M.; SOUSA, M. J.; GERÓS, H. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. **Food**, v.1, n.1, p.1-22, 2007.

CORRÊA L. de S.; BOLIANI, A. C.; FRACARO A. A. Panorama do cultivo de uvas rústicas e propagação. In: BOLIANI, A. C.; FRACARO A. A.; CORRÊA L. de S. (Ed.). **Uvas Rústicas: cultivo e processamento em regiões tropicais**. Jales: [s.n.], 2008. p. 1-29.

DA SILVA, J. K.; CAZARIN, C. B. B.; CORREA, L. C.; BATISTA, Â. G.; FURLAN, C. P. B.; BIASOTO, A. C. T.; MAROSTICA JUNIOR, M. R. Bioactive compounds of juices from two Brazilian grape cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, 1990-1996, 2016.

DA SILVA, M. J. R.; DA SILVA PADILHA, C. V.; DOS SANTOS LIMA, M.; PEREIRA, G. E.; VENTURINI FILHO, W. G.; MOURA, M. F.; TECCHIO, M. A. Grape juices produced from new hybrid varieties grown on Brazilian rootstocks-bioactive compounds, organic acids and antioxidant capacity. **Food Chemistry**, 2019.

DA SILVA, M. J. R.; PAIVA, A. P. M.; JUNIOR, A. P.; SÁNCHEZ, C. A. P. C.; CALLILI, D.; MOURA, M. F.; TECCHIO, M. A. Yield performance of new juice grape varieties grafted onto different rootstocks under tropical conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 194-200, 2018.

DE OLIVEIRA, J. B.; FARIA, D. L.; DUARTE, D. F.; EGIPTO, R.; LAUREANO, O.; DE CASTRO, R.; RICARDO-DA-SILVA, J. M. Effect of the harvest season on phenolic composition and oenological parameters of grapes and wines cv. 'Touriga Nacional' (*Vitis vinifera* L.) produced under tropical semi-arid climate, in the state of Pernambuco, Brazil. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v. 33, p. 145-166, 2018.

DEGU, A.; AYENEW, B.; CRAMER, G. R.; FAIT, A. Polyphenolic responses of grapevine berries to light, temperature, oxidative stress, abscisic acid and jasmonic acid show specific developmental-dependent degrees of metabolic resilience to perturbation. **Food Chemistry**, v. 212, p. 828-836, 2016.

EL-GENDY, R.S. Evaluation of flame seedless grapevines grafted on some rootstocks. **Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants**, v.5, p. 1-10, 2013.

EMBRAPA. Embrapa Uva e Vinho. **Cultivares de uva e porta-enxertos de alta sanidade - IAC 313 Tropical**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/cultivares-e-porta-enxertos/porta-enxertos/-/asset_publisher/rE0HjHq6jP8J/content/porta-enxerto-%7C-iac-313-tropical/1355300>. Acesso em: 20 abr. 2019a.

EMBRAPA. Embrapa Uva e Vinho. **Cultivares de uva e porta-enxertos de alta sanidade - IAC 766 Campinas**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/cultivares-e-porta-enxertos/porta-enxertos>>. Acesso em: 20 abr. 2019b.

FAILLA, O.; BRANCADORO, L.; SCIENZA, A. Maturazione, maturità e qualità dell'uva, **L'Informatore Agrario** (Supplemento n.1-14), p. 7-13, 2005.

FAO. FAOSTAT. (2017). <http://faostat.fao.org/> (Acessado 10 de março de 2019).

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A.; ALMELA, L.; MUÑOZ, J. A.; HIDALGO, V.; CARREÑO, J. Dependence between colour and individual anthocyanin content in ripening grapes. **Food Research International**, v.31, p. 667-672, 1998.

FERRANDINO, A.; GUIDONI, S. Anthocyanins, flavonols and hydroxycinnamates: an attempt to use them to discriminate *Vitis vinifera* L. cv Barbera clones. **European Food Research and Technology**, v. 230, p. 417-427, 2010.

FLAMINI, R. Mass spectrometry in grape and wine chemistry. Part I: polyphenols. **Mass Spectrometry Reviews**, v. 22, p. 218-250, 2003.

FLAMINI, R.; MATTIVI, F.; ROSSO, M. D.; ARAPITSAS, P.; BAVARESCO, L. Advanced knowledge of three important classes of grape phenolics: anthocyanins, stilbenes and flavonols. **International journal of molecular sciences**, v. 14, p. 19651-19669, 2013.

FOURNAND, D.; VICENS, A.; SIDHOUM, L.; SOUQUET, J. M.; MOUTOUNET, M.; CHEYNIER, V. Accumulation and extractability of grape skin tannins and anthocyanins at different advanced physiological stages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 7331-7338, 2006.

GIL F., PSZCZÓLKOWSKI P., Viticultura: fundamentos para optimizar producción y calidad. **Ciencia e Investigación Agraria**. v. 34, p. 243-243, 2007.

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

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. 3. ed. Porto Alegre: Renascença, 2008.

GOLDAMMER, T. **Grape Grower's Handbook**. 2nd edition. Centreville: Apex Publishers, 2015. 728 p.

GOUOT, J. C.; SMITH, J. P.; HOLZAPFEL, B. P.; WALKER, A. R.; BARRIL, C. Grape berry flavonoids: a review of their biochemical responses to high and extreme high temperatures. **Journal of experimental botany**, v.70, p. 397-423, 2018.

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

GRANATO, D.; CARRAPEIRO, M. M.; FOGLIANO, V.; & VAN RUTH, S. M. Effects of geographical origin, varietal and farming system on the chemical composition and functional properties of purple grape juices: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v.52, p.31-48, 2016.

GUERRA, C. C. (org.). **Uva para processamento: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 67p. (Frutas do Brasil, 36).

HERNANDES, J. L.; JÚNIOR, M. J. P.; SANTOS, A. O.; TECCHIO, M. A. Phenology and yield of american and hybrid grapevine cultivars in Jundiaí, state of São Paulo (Brazil). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 135-142, 2010.

HERNÁNDEZ, A. M.; PRIETO GONZÁLES, E. A. Plantas que contienen polifenoles. **Revista Cubana de Investigaciones Biomedica**, Ciudad de La Habana, 18, 12-14, 1999.

IBACACHE, A.; ALBORNOZ, F.; ZURITA-SILVA, A. Yield responses in Flame seedless, Thompson seedless and Red Globe table grape cultivars are differentially modified by rootstocks under Semi arid conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 204, p. 25-32, 2016.

ILAND, P.; GAGO, P.; CAILLARD, A.; DRY, P. **A taste of the world of wine**. Adelaide: Patrick Iland Wine Promotions, 2009. 208 p.

IORA, S. R. F.; MACIEL, G. M.; ZIELINSKI, A. A. F.; DA SILVA, M. V.; PONTES, P. V. DE A., HAMINIUK, C. W. I.; GRANATO, D. Evaluation of the bioactive compounds and the antioxidant capacity of grape pomace. **International Journal of Food Science and Technology**, v.50, p. 62-69, 2015.

JACKSON, R. S. **Wine Science: principles and applications**. San Diego: Academic, 1994.

JACKSON, R. S. **Wine science: Principles, practice and perception**. (3rd ed.). San Diego, CA, USA: Elsevier. 2008.

JÁNVÁRY, L.; HOFFMANN, T.; PFEIFFER, J.; HAUSMANN, L.; TÖPFER, R.; FISCHER, T. C.; SCHWAB, W. A. Double mutation in the anthocyanin 5-*O* glucosyltransferase gene disrupts enzymatic activity in *Vitis vinifera* L. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, p. 3512-3518, 2009.

JARA-PALACIOS, M.; HERNANZ, D.; ESCUDERO-GILETE, M.; HEREDIA, F. The use of grape seed byproducts rich in flavonoids to improve the antioxidant potential of red wines. **Molecules**, v. 21, p. 1526, 2016.

JEDIYI, H.; NAAMANI, K.; ELKOCH, A. A.; DIHAZI, A.; EL FELS, A. E. A.; ARKIZE, W. First study on technological maturity and phenols composition during the ripeness of five *Vitis vinifera* L grape varieties in Morocco. **Scientia Horticulturae**, 246, p. 390-397, 2019.

JIN, Z.; SUN, T.-Y.; SUN, H.; YUE, Q.-Y.; YAO, Y.-X. Modifications of ‘Summer Black’ grape berry quality as affected by the different rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.210, p. 130-137, 2016.

JOGAIAH, S.; OULKAR, D. P.; VIJAPURE, A. N.; MASKE, S. R.; SHARMA, A. K.; SOMKUWAR, R. G. Influence of canopy management practices on fruit composition of wine grape cultivars grown in semi-arid tropical region of India. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 3462-3472, 2013.

KARNOPP, A. R.; MARGRAF, T.; MACIEL, L. G.; SANTOS, J. S.; GRANATO, D. Chemical composition, nutritional and in vitro functional properties of by-products from the Brazilian organic grape juice industry. **International Food Research Journal**, v.24, p. 207, 2017.

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

KOK, D. A review on grape growing in tropical regions. **Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences**, v. 6, p. 1236-1241, 2014.

KONDRASHOV, A.; ŠEVČÍK, R.; BENÁKOVÁ, H.; KOŠTÍŘOVÁ, M.; ŠTÍPEK, S. The key role of grape variety for antioxidant capacity of red wines. **e-SPEN, The European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism**, v. 4, p.41-46, 2009.

KRIKORIAN, R.; BOESPFLUG, E.L.; FLECK, D.E.; STEIN, A.L.; WIGHTMAN, J.D.; SHIDLER, M. D.; HOSSIENY, S. S. Concord grape juice supplementation and neurocognitive function in human aging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 5736-5742, 2012.

LEAL, J. B.; CARVALHO, F. O.; GONÇALVES, D. C.; LEAL, J. B.; DA SILVA, G. C. L.; CARNEVALI, L. C.; HOEFEL, A. L. Resveratrol: composição química e seus benefícios à saúde. **RBONE-Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 11, p. 620-629, 2017.

LEÃO, P. C. D. S.; REGO, J. I. D. S.; NASCIMENTO, J. H. B.; SOUZA, E. M. D. C. Yield and physicochemical characteristics of 'BRS Magna' and 'Isabel Precoce' grapes influenced by pruning in the São Francisco river valley. **Ciência Rural**, v. 48, p. 1-6, 2018.

LEÃO, P. C. de S.; BRANDÃO, E. O.; GONÇALVES, N. P. DA S. Produção e qualidade de uvas de mesa 'Sugraone' sobre diferentes porta-enxertos no Submédio do Vale do São Francisco. **Ciência Rural**, v.41, p.1526-1531, 2011.

LEÃO, P. C. de S.; RODRIGUES, B. L. Principais cultivares. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. de S. (Ed.). **A vitivinicultura no semiárido brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap. 5, p. 149-214.

LEONG, S. Y.; BURRITT, D. J.; OEY, I. Evaluation of the anthocyanin release and health-promoting properties of Pinot Noir grape juices after pulsed electric fields. **Food Chemistry**, v.196, 833-841, 2016.

LI, M.; GUO, Z.; JIA, N.; YUAN, J.; HAN, B.; YIN, Y.; ZHAO, S. Evaluation of eight rootstocks on the growth and berry quality of 'Marselan' grapevines. **Scientia Horticulturae**, v. 248, p.58-61, 2019.

LIMA, M. A. C. de; CHOUDHURY, M. M. Características dos cachos de uva. In: Lima, M. A. C. de (Ed.). **Uva de mesa: pós-colheita**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, p. 21-30, 2007.

LIMA, M. A. C. DE; GUERRA, C. C. Colheita e pós-colheita. In: Motoike, S.; Borém, A. (Org.). **Uva: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 163-185, 2018.

LIMA, M. dos S.; SILANI, I. S. V.; TOALDO, I. M.; CORRÊA, L. C.; BIASOTO, A. C. T.; PEREIRA, G. E.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; NINOW, J. L. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. **Food Chemistry**. v. 161, p. 94-103, 2014.

LOUREIRO, M. D.; MORENO-SANZ, P.; GARCÍA, A., FERNÁNDEZ, O., FERNÁNDEZ, N., & SUÁREZ, B. Influence of rootstock on the performance of the Albarin Negro minority grapevine cultivar. **Scientia horticulturae**, v.201, p.145-152, 2016.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Antocianinas em sucos de uva: composição e estabilidade. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 59-82, jan./jun. 2006.

MELLO, L. M. R de **Desempenho da vitivinicultura brasileira em 2015**. Acesso em: 29 mar. 2019.

MARTINEZ, R. F.; ASCACIBAR, F. M. D. P.; ESPINOZA, A. P.; LORZA, R. L. Predictive modelling in grape berry weight during maturation process: comparison of data mining, statistical and artificial intelligence techniques. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 9, p. 1156-1167, 2011.

MELLO, L. M. R. de. **Vitivinicultura brasileira atrai olhares do mundo todo**. Anuário HF, Uberlândia: Campo & Negócios, 2014. p. 50-52.

MELLO, L. M. R. **Vitivinicultura brasileira: Panorama 2017**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. (Comunicado Técnico 207), 2018.

MELLO, L. M. R. de. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2015**. Embrapa Uva e Vinho: Bento Gonçalves, RS (Comunicado Técnico 191), 2016.

MELLO, L. M. R de **Desempenho da vitivinicultura brasileira em 2015**. Campo & Negócios HF, Uberlândia, p. 109 - 116, 2016. Acesso em: 01 maç. 2019.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Rootstock-scion interaction: 2. effect on the composition of Cabernet Sauvignon grape must. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, 2017.

MONTEIRO, J. M.; DE ALBUQUERQUE, U. P.; DE LARAUJO, E.; DE AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, p. 892-896, 2005.

MORENO-MONTORO, M.; OLALLA-HERRERA, M.; GIMENEZ-MARTINEZ, R.; NAVARRO-ALARCON, M.; RUFÍAN-HENARES, J. A. Phenolic compounds and antioxidant activity of Spanish commercial grape juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.38, p.19-26, 2015.

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

MOTA, R. V. DA; SOUZA, C. R. DE; FAVERO, A. C.; CARVALHO, C. P. S. E; CARMO, E. L. DO C.; FONSECA, A. R.; REGINA, M. DE A. Produtividade e composição físico-química de bagas de cultivares de uva em distintos porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.576-582, 2009.

MUDGE, K.; JANICK, J.; SCOFIELD, S.; GOLDSCHMIDT, E. E. A history of grafting. In: JANICK, J. (ed.). **Horticulture reviews**. Hoboken: John Wiley & Sons Inc, 2009. v. 35, p. 437-493.

MUNOZ-ESPADA, A. C.; WOOD, K. V.; BORDELON, B.; WATKINS, B. A. Anthocyanin quantification and radical scavenging capacity of Concord, Norton, and Marechal Foch grapes and wines. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.52, p. 6779-6786, 2004.

NASSUR, R. D. C. M. R., PEREIRA, G. E., GLÓRIA, M. B. A., DE OLIVEIRA LIMA, L. C. Rootstock influencing the quality and biogenic amines content on Syrah tropical wines. **Comunicata Scientiae**, v.8, p. 202-208, 2017.

NATIVIDADE, M. M. P.; CORRÊA, L. C.; DE SOUZA, S. V. C.; PEREIRA, G. E.; DE OLIVEIRA LIMA, L. C. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: Method validation and characterization of São Francisco Valley samples. **Microchemical Journal**. v.110, p. 665-674, 2013.

NIXDORF, S. L.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Brazilian red wines made from the hybrid grape cultivar Isabel: Phenolic composition and antioxidant capacity. **Analytica Chimica Acta**, v. 659, p. 208-215, 2010.

NUNES, N. A. S.; LEITE, A. V.; CASTRO, C. C. Phenology, reproductive biology and growing degree days of the grapevine 'Isabel' (*Vitis labrusca*, Vitaceae) cultivated in northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, p. 975-982, 2016.

OBREQUE-SLIER E.; LÓPEZ-SOLÍS, R.; PEÑA-NEIRA, A. Differential interaction of seed polyphenols from grapes collected at different maturity stages with the protein fraction of saliva. **International Journal of Food Science and Technology**, v.47, p.1918-1924, 2012a.

OBREQUE-SLIER E; LÓPEZ-SOLÍS R; CASTRO-ULLOA L; ROMERO-DÍAZ C AND PEÑA-NEIRA A. Phenolic composition and physicochemical parameters of Carménère, Cabernet Sauvignon, Merlot and Cabernet Franc grape seeds (*Vitis vinifera* L) during ripening. **LWT – Food Science and Technology**, v.48, p.134-141, 2012b.

OIV – Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. 2018. Conjoncture vitivinicole mondiale 2017, edition 2018. Assemblée Générale, Abril 2018, Paris.

OLIVEIRA, J. B. D.; EGIPTO, R.; LAUREANO, O.; DE CASTRO, R.; PEREIRA, G. E.; RICARDO-DA-SILVA, J. M. Chemical characteristics of grapes cv. Syrah (*Vitis vinifera* L.) grown in the tropical semiarid region of Brazil (Pernambuco State) -influence of rootstock and harvest season. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. no prelo, 2019. doi: 10.1002/jsfa.9748.

OLIVEIRA, J. E. M.; LOPES, P. R. C.; HAJI, F. N. P.; MOREIRA, A. N.; MIRANDA, J. R. Produção Integrada de Uva no Vale do São Francisco. In: ZAMBOLIM, L.; NASSER, L. C. B.; ANDRIGUETO, J. R.; TEIXEIRA, J. M.; FACHINELLO, J. C. (Eds.). **Produção integrada no Brasil**. Brasília: MAPA, 2009. p. 915-934.

OLLAT, N.; BORDENAVE, L.; TANDONNET, J. P.; BOURSIQUOT, J. M.; MARGUERIT, E. Grapevine rootstocks: origins and perspectives. **Acta Horticulturae**, v.1136, p. 11-22, 2016.

PADILHA, C. V. da S.; BIASOTO, A. C. T.; CORREA, L. C.; LIMA, M. DOS S.; PEREIRA, G. E. Phenolic compounds profile and antioxidant activity of commercial tropical red wines (*Vitis vinifera* L.) from São Francisco Valley, Brazil. **Journal Food Biochemistry**, v.41, p. 1-9, 2016.

PADILHA, C. V. da S.; MISKINIS, G. A.; DE SOUZA, M. E. A. O.; PEREIRA, G. E.; DE OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; DOS SANTOS LIMA, M. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food chemistry**, v. 228, p.106-115, 2017.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L.; CONSTANTINO BLAIN, G.; BARDIN-CAMPAROTTO, L. Curva de maturação e estimativa do teor de sólidos solúveis e acidez total em função de graus-dia: Uva IAC 138-22 'Máximo'. **Bragantia**, v.73, p.81-85, 2014.

PEREIRA G. E.; SANTOS, J. de O.; GUERRA C. C.; ALVES L. A. Evaluation of grape and wine quality according to harvest date, in a tropical region in Northeast Brazil. **Actas**. In: 7th Congrès International des Terroirs Viticoles, Suisse. 2008.

PEREIRA, G. E.; GUERRA, C. C.; AMORIM, F. M. D.; NASCIMENTO, A. M. D. S.; SOUZA, J. F. D.; LIMA, L. L. D. A.; TONIETTO, J. Vinhos tropicais do Semiárido do Brasil: Desvendando o potencial vitivinícola desta nova fronteira geográfica do vinho. **Territoires du vin**, v.9, 2018.

PEREIRA, G.E.; PADINHA, C.; BIASOTO, A.C.T.; CANUTO, K.M.; NASCIMENTO, M.A.S.; SOUZA, J.F. Le poids des consommateurs sur l'évolution des vins: L'exemple de la Vallée du São Francisco, Brésil. In **Rencontres du Clos-VOugeot 2015**: "Vin et civilisation. Les étapes de l'humanisation"; Pérard, J., Perrot, M., Eds.; Centre Georges Chevrier: Dijon, France, 2016; Volume 9, p. 301

PEREIRA, G. E.; ARAÚJO, A. J. B.; SANTOS, DE O. J.; OLIVEIRA S.V.; NASCIMENTO, R. L.; QUINTINO, C.; VANDERLINDE, R.; LIMA, L. L. A. Chemical and aromatic characteristics of Brazilian tropical wines. **Acta Horticulturae**, v.91, p.135-140, 2011.

POMMER, C. V.; PASSOS, I. R. S.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P. Variedades de videira para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 59 p. (IAC. Boletim Técnico, 166).

REGINA, M. A.; SOUZA, C. R.; DIAS, F. A. N. Propagação de *Vitis* spp. pela enxertia de mesa utilizando diferentes porta-enxertos e auxinas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 897-904, 2012.

REYNIER, A. **Manual de viticultura**. 6 ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2005. 497p.

RIAZ, S.; PAP, D.; URETSKY, J.; LAUCOU, V.; BOURSIQUOT, J. M.; KOCSIS, L.; WALKER, M. A. Genetic diversity and parentage analysis of grape rootstocks. **Theoretical and Applied Genetics**, p.1-14, 2019.

RIAZ, S.; DOLIGEZ, R. J.; HENRY, M.; WALKER, M. A. Genoma mapping and molecular breeding in plants: fruits and Nuts. California: **Springer Berlin Heidelberg**, v. 4, p. 63-100, 2007.

RIBEIRO, T.P.; LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E. Maturação e qualidade de uvas para suco em condições tropicais, nos primeiros ciclos de produção. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1057-1065, 2012.

RIEGER, M. **Introduction to Fruit Crops**. New York-London-Oxford: Food Products Press, 2006. 520 p.

RÍO-SEGADE, S. R.; GIACOSA, S.; TORCHIO, F.; PALMA, L.; NOVELLO, V.; GERBI, V.; ROLLE, L. Impact of different advanced ripening stages on berry texture properties of 'Red Globe' and 'Crimson Seedless' table grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 160, p. 313–319, 2013.

RITSCHHEL, P.; CAMARGO, U. A. **O programa de melhoramento de uva e o segmento de sucos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007.

RITSCHHEL, P. S.; GIRARDI, C. L.; ZANUS, M. C.; FAJARDO, T. V. M.; MAIA, J. D. G.; SOUZA, R. T.; CAMARGO, U. A. Novel Brazilian grape cultivars. **Acta Horticulturae**, v.1082, p.157-163, 2015.

RITSCHHEL, P.; MAIA, J. D. G.; CAMARGO, U. A.; ZANUS, M. C.; SOUZA, R. T.; FAJARDO, T. G. M. 'BRS Magna' nova cultivar de uva para suco com ampla adaptação climática. **Comunicado Técnico N.º. 125**, 2012.

RITSCHHEL, P., MAIA, J. D. G., CAMARGO, U. A., ZANUS, M. C., SOUZA, R. T. D., FAJARDO, T. V. M. 'BRS MAGNA'-a novel grape cultivar for juice making, with wide climatic adaptation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.14, p.266-269, 2014.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. **Suco de uva**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Efeito do porta-enxerto na composição mineral do vinho Cabernet Sauvignon. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n. 9, p. 66-73, 2017.

ROBERTO, S. R.; SATO, A. J.; ALLEN BRENNER, É.; DA SILVA JUBILEU, B.; EZEQUIEL DOS SANTOS, C.; GENTA, W. Caracterização da fenologia e exigência térmica (graus-dias) para a uva 'Cabernet Sauvignon' em zona subtropical. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, p.183-187, 2005.

SILVA, L. M. R. da; FIGUEIREDO, E. A. T. de; RICARDO, N. M. P. S.; VIEIRA, I. G. P.; FIGUEIREDO, R. W. de; BRASIL, I. M.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.143, p. 398-404, 2014.

SINGH, C. K.; LIU, X.; AHMAD, N. Resveratrol, in its natural combination in whole grape, for health promotion and disease management. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1348, p.150-160, 2015.

SIRIWOHARN, T.; WROLSTAD, R. E.; FINN, C. E.; PEREIRA, C. B. Influence of cultivar, maturity, and sampling on blackberry (*Rubus* L. Hybrids) anthocyanins, polyphenolics, and antioxidant properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p. 8021-8030, 2004.

SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. de S. (Ed.). **A vitivinicultura no semiárido brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap. 5, p. 149-214.

SOUZA, E. M. C.; REGO, J. I. S.; LIMA, M. A. C. de; LEAO, P. D. S Produção e Qualidade da Uva ‘BRS Isis’ no Vale do São Francisco. In **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: X JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, p. 291, 2015, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.

SOUZA, J.S.I. **Uvas para o Brasil**. 2ª ed. Piracicaba: FEALQ, 1996. 791 p.

SUZUKI, M.; NAKABAYASHI, R.; OGATA, Y.; SAKURAI, N.; TOKIMATSU, T.; GOTO, S.; SUZUKI, M.; JASINKI, M.; MARTINOIA, E.; OTAGAKI, S.; MATSUMOTO, S., SAITO, K., SHIRATAKE, K. Multiomics in grape berry skin revealed specific induction of the stilbene synthetic pathway by ultraviolet-C irradiation. **Plant Physiology**, v.168, p.47-49, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; TEIXEIRA, L. A. J.; PIRES, E. J. P.; LEONEL, S. Influence of rootstocks and pruning times on yield and on nutrient content and extraction in ‘Niagara Rosada’ grapevine. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 340-348, 2014.

TEIXEIRA, A.H.C.; TONIETTO, J.; PEREIRA, G.E.; ANGELOTTI, F. Delimitação da aptidão agroclimática para a videira sob irrigação no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p. 399-407, 2012.

TÉTHAL, J.; BAROŇ, M.; SOTOLÁŘ, R.; AILER, S.; SOCHOR, J. Effect of grapevine rootstocks on qualitative parameters of the Cerason Variety. **Czech Journal of Food Science**, v. 33, p. 570-579, 2015.

TEUBES, A. **History of rootstocks in South Africa** (Part 7). 2014. Disponível em: <http://www.winetech.co.za/docs2014/AndrewTeubes-Part_7.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2019.

TONIETO, J.; PEREIRA, G. E. The development of the viticulture for a high quality tropical wine production in the world. In: International Symposium of the Group of International Experts of Vitivinicultural Systems for Cooperation, 17., 2011, Asti. Proceedings. **Asti: Le Progrès Agricole et Viticole**, p. 25-28. 2011.

TOSCANO, L. T.; SILVA, A. S.; TOSCANO, L. T.; TAVARES, R. L.; BIASOTO, A. C. T.; DE CAMARGO, A. C.; SHAHIDI, F. Phenolics from purple grape juice increase serum antioxidant status and improve lipid profile and blood pressure in healthy adults under intense physical training. **Journal of functional foods**, v.33, p.419-424, 2017.

TUFARELLI, V.; CASALINO, E.; D'ALESSANDRO, A. G.; LAUDADIO, V. Dietary phenolic compounds: biochemistry, metabolism and significance in animal and human health. **Current drug metabolism**, v.18, p. 905-913, 2017.

UVIBRA – União Brasileira de Vitivinicultura. **Manual de produção de uvas viníferas de alta qualidade**. Bento Gonçalves: Uvibra, 2015.

UVIBRA - União Brasileira de Vitivinicultura. Comercialização de Vinhos e Derivados. Disponível em: <http://www.uvibra.com.br/pdf/import_vinhos_espumantes_2011_dez2017.pdf>. Acessado: 21 abr de 2019.

VAN LEEUWEN, C.; FRIANT, P.; CHONE, X.; TREGOAT, O.; KOUNDOURAS, S., DUBOURDIEU, D. Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, p. 207-217, 2004.

VELEDA, D.; MONTAGNE, R.; ARAUJO, M.; PEREIRA, G.E.; TYAQUIÇÃ, P.; NORIEGA, C.; LACERDA, F. Tropical atlantic variability impacts on the Sub-middle São Francisco Valley: a Brazilian wine-producing area. **Global Journal of Agricultural Research and Reviews**, v.3, p. 133-145, 2015.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas não alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, v. 2, 2010.

WINKLER, A.J.; COOK, J.A.; KLIEWER, W.M; LIDER, L.A. **General viticulture**. 2.ed. Berkeley: University of California Press, 710 p. 1974.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: na introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. Washington: UNSW Press. 262p. 1998.

WOLFE, K. L.; LIU, R. H. Structure-activity relationships of flavonoids in the cellular antioxidant activity assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 8404-8411, 2008.

XIA, E.-Q.; DENG, G. F.; GUO, Y.-J.; LI, H.-B. Biological activities of polyphenols from grapes. **International Journal of Molecular Sciences**, v.11, p. 622-646, 2010.

CAPÍTULO II: Artigo Científico

MATURAÇÃO E QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ INFLUENCIADA POR PORTA-ENXERTOS EM PRODUÇÃO DE PRIMEIRO SEMESTRE DO ANO

Artigo formatado conforme normas da Scientia Agricola

ISSN: 1678-992X

Fator de impacto: 1.383

Maturação e qualidade da uva ‘BRS Magna’ influenciada por porta-enxertos em produção de primeiro semestre

Resumo

Na região do submédio do Vale do São Francisco, diferenciada pela produção no primeiro e segundo semestres do ano, as condições climáticas em cada período afetam a duração das fases fenológicas da videira e podem determinar diferenças na qualidade do fruto. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar as mudanças nos componentes da qualidade durante a maturação das uvas da videira ‘BRS Magna’ cultivada sob diferentes porta-enxertos, em ciclos de produção do primeiro semestre e em condições tropicais, como suporte à definição do ponto de colheita. O experimento foi realizado em Petrolina, Pernambuco, Brasil, nos ciclos de 9 de janeiro a 17 de abril de 2017 e 27 de dezembro de 2017 a 02 de abril de 2018. Os cachos foram coletados do início da maturação à colheita: aos 49, 56, 61, 64 e 68 dias após o início da frutificação (DAF), no ciclo 1, e 35, 41, 48, 55, 61 e 66 DAF, no ciclo 2. No ciclo 1, o uso dos porta-enxertos ‘IAC 572’ e ‘Paulsen 1103’ resultou em uvas com maior teor de açúcares, repetindo-se no ciclo 2 apenas para o segundo. Acúmulos de antocianinas e flavonoides amarelos foram maiores com o uso dos porta-enxertos ‘IAC 313’ e ‘IAC 572’, no ciclo 1, bem como ‘IAC 313’ e ‘IAC 766’, no ciclo 2. Maior teor de polifenóis foi conferido pelo ‘IAC 572’, no ciclo 1, e ‘IAC 766’, no segundo, que também teve maior capacidade antioxidante. Nos dois ciclos, a colheita aproximadamente aos 64 DAF potencializou a qualidade.

Palavras-chave: Ponto de Colheita, Uvas híbridas, Uvas para suco, Vitivinicultura tropical.

Abstract

In the submedium region of São Francisco Valley, which is differentiated by production in the first and second semesters of the year, the climatic conditions in each period affect the duration of the phenological phases and can determine differences in fruit quality. The objective of this study was to characterize the changes in the quality components during maturation of 'BRS Magna' grape from grapevines under different rootstocks, in first-semester production cycles and in tropical conditions, as a support to the definition of the harvest time. The experiment was carried out in Petrolina, Pernambuco State, Brazil, in the cycles from January 9 to April 17, 2017 and December 27, 2017 to April 2, 2018. Clusters were collected from the beginning of maturation to harvest: at 49, 56, 61, 64 and 68 days after fruit set (DAF) in cycle 1, and 35, 41, 48, 55, 61 and 66 DAF in the second. In cycle 1, the use of 'IAC 572' and 'Paulsen 1103' rootstocks resulted in grapes with higher sugar content, repeating this behavior in cycle 2 only for the second one. Anthocyanins and yellow flavonoids accumulations were favored by 'IAC 313' and 'IAC 572' rootstocks in cycle 1, as well as 'IAC 313' and 'IAC 766' in cycle 2. Higher polyphenol content was conferred to 'IAC 572' in cycle 1, and 'IAC 766' in the second one, which also had greater antioxidant capacity. In both cycles, harvesting at approximately 64 DAF enhanced the quality.

Key-words: Harvesting time, hybrid grapes, grapes for juice, tropical vitiviniculture.

Introdução

O cultivo da videira está disperso por vários países e condições climáticas, atendendo a diferentes usos para a fruta. Além do consumo crescente de uvas frescas, a partir da última década, o interesse em seus derivados aumentou consideravelmente, com destaque para os sucos (FAO e OIV, 2017). No Brasil, a produção em zonas de clima tropical tem crescido, sendo a região do Submédio do Vale do São Francisco, o noroeste Paulista, norte de Minas Gerais e o Estado do Mato Grosso os principais polos. Nestes, as temperaturas mínimas não são suficientes para induzir a videira à dormência. Porém, é exclusivamente no Submédio do Vale do São Francisco que o uso de tecnologias permite a obtenção de duas ou mais colheitas anuais no mesmo vinhedo (de Oliveira et al., 2018).

Na região do submédio do Vale do São Francisco, a produção de uvas é voltada, em sua maioria, para o consumo *in natura*. No entanto, a produção de uvas para suco tem sido ampliada com cultivares brasileiras, como 'Isabel Precoce' (*Vitis labrusca*) e as

híbridas ‘BRS Violeta’, ‘BRS Cora’ e ‘BRS Magna’ (Lima; Guerra, 2018; Dutra et al., 2018b).

Com a possibilidade de produção de uvas em qualquer época do ano, cogita-se que as condições climáticas diferentes em cada período alteram a síntese de compostos químicos, incluindo os bioativos, como as antocianinas, que, sendo estimulados, agregariam valor aos produtos obtidos em regiões tropicais que podem escalonar sua produção (Padilha et al., 2017; Dutra et al., 2018a). Nestas regiões, diferenças de temperaturas entre ciclos resultam, inclusive, em duração distinta entre eles (de Oliveira et al., 2018). A oportunidade de dois ciclos de produção em um mesmo ano, com diferenças climáticas entre eles, acarreta em variações na qualidade das uvas. Porém, a intensidade dessas variações, visando posteriores ações de manejo e processamento que as amenizem ou as amplifiquem, não está caracterizada.

O uso de porta-enxertos de vigor moderado pode controlar o crescimento e melhorar a qualidade das uvas, reduzindo o efeito da influência climática entre ciclos. Vários estudos confirmam essa resposta (Li et al., 2019; da Silva et al., 2018; Bascunán-Godoy et al., 2017; Lo’ay e El-Khateeb, 2017). No entanto, as especificidades de resposta para a cultivar copa e as diferentes regiões de cultivo demandam avaliações para cada situação.

O objetivo desta pesquisa foi caracterizar as mudanças nos componentes da qualidade durante a maturação das uvas da videira ‘BRS Magna’ cultivada sob diferentes porta-enxertos, durante ciclos de produção do primeiro semestre e em condições tropicais, como suporte à definição do ponto ideal de colheita.

Material e Métodos

Descrição do local de execução do experimento

A pesquisa foi realizada durante dois ciclos produtivos (2017/2018), com épocas climáticas semelhantes, no Campo Experimental de Bebedouro, em área cujo solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico plúntico (Embrapa, 2013), textura média/argilosa, de relevo plano, na Embrapa Semiárido (09°09'S, 40°22'W, 365 m de altitude), localizado no município de Petrolina, estado de Pernambuco, Brasil. O município está em região cujo clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h’ (BRASIL, 1973). A região apresentou temperatura máxima de 34,7 °C, temperatura média de 28,8 °C, temperatura mínima de 22,8 °C e umidade relativa do ar de 54,7% no período correspondente ao primeiro semestre de 2017. No primeiro semestre

de 2018, a temperatura máxima foi de 34,2 °C, temperatura média de 27,7 °C, temperatura mínima de 23,0 °C e umidade relativa do ar de 73,0% (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2017; 2018). Os dados meteorológicos no período do estudo foram registrados por uma estação meteorológica disposta no local do experimento e estão apresentados na Tabela 1.

Condições de cultivo e podas de produção

A pesquisa foi realizada em vinhedo da cultivar BRS Magna implantado em agosto de 2014 com plantas conduzidas em latada, no espaçamento 4,0 x 2,0 m e irrigadas por gotejamento. Foram estudados os ciclos de produção correspondentes aos períodos, entre a poda de produção e a colheita, de: i) 9 de janeiro de 2017 a 17 de abril de 2017; e ii) 27 de dezembro de 2017 a 02 de abril de 2018. A frutificação ocorreu em 8 de fevereiro de 2017, no primeiro ciclo, e 27 de janeiro de 2018, no segundo ciclo estudado.

Delineamento experimental

O experimento foi realizado no delineamento de blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas no tempo. A parcela principal foi constituída pelos porta-enxertos ‘IAC 313’, ‘IAC 572’, ‘IAC 766’, ‘Paulsen 1103’, ‘Harmony’ e ‘Freedom’ e a subparcela correspondeu à idade dos frutos, cujas colheitas ocorreram a partir do início da maturação das uvas, reconhecida pela mudança de cor das bagas e início de amaciamento, correspondentes aos 49, 56, 61, 64 e 68 dias após a frutificação (DAF), para o primeiro ciclo, e 35, 41, 48, 55, 61 e 66 DAF, no segundo. Foram adotadas quatro repetições, com seis plantas cada, de onde foram colhidos cinco cachos, em cada coleta.

Variáveis analisadas

Os cachos foram avaliados quanto à massa fresca do cacho, massa fresca da baga, resistência da baga à força de compressão, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), de açúcares solúveis totais (AST), de antocianinas totais (ANT), de flavonoides amarelos (FLA), de polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante total (CAT).

A massa fresca do cacho (g) foi determinada pelo valor médio da pesagem de cinco cachos recém-colhidos, utilizando balança semi-analítica modelo VI 2400 (Acculab, Winter Park, Florida, EUA). A massa fresca da baga (g) foi determinada pelo valor médio da pesagem de dez bagas de regiões diferentes de cada um dos cachos, na balança semi-analítica citada. A resistência da baga à força de compressão (N) foi determinada sobre a baga disposta longitudinalmente, em texturômetro digital Extralab

TA.XT.Plus (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), dotado de placa de pressão P/75 que ocasionou compressão de 20% do volume, adotando-se velocidade pré-teste de 1.00 mm s^{-1} , velocidade de teste de 2.00 mm s^{-1} , força de 5.0 g e distância de 5.00 mm. Para as leituras, foram usadas 20 bagas amostradas dos cachos que compunham a parcela.

O teor de SS (%) foi obtido por meio da leitura do mosto (AOAC, 2010), em refratômetro portátil digital com compensação de temperatura (ATAGO, modelo PAL-1, Zhejiang, China). Os teores de AST ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) foram quantificados utilizando o reagente antrona e leituras em espectrofotômetro Varian Carry 50 Bio UV-Vis (Mulgrave VIC, Australia), a 620 nm (Yemn; Willis, 1954). A AT ($\text{g de ácido tartárico } 100 \text{ mL}^{-1}$) foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N, até a neutralização (AOAC, 2010), em titulador automático digital Metrohm, modelo Tritino Plus 848 (Switzerland, Suíça).

Os teores de ANT e de FLA ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) foram quantificados na casca das uvas em solução de álcool etílico a 95% – HCl 1,5 N (85:15) e leituras em espectrofotômetro UV-Vis Varian, modelo Carry 50 Bio, UV-Vis, (Mulgrave VIC, Australia), a 535 nm e 374 nm, respectivamente (Francis, 1982). O doseamento dos teores de PET ($\text{mg ácido gálico } 100 \text{ g}^{-1}$) foi feito a partir de extratos da casca triturada e polpa macerada em solução de metanol a 50% e acetona a 70%. Ao extrato obtido, foram acrescentados os reagentes Folin-Ciocalteu e carbonato de sódio a 20% para quantificação em espectrofotômetro Varian Carry 50 Bio UV-Vis (Mulgrave VIC, Australia), a 700 nm (Larrauri et al., 1997).

A CAT foi determinada, a partir do mesmo extrato usado para a quantificação dos teores de PET, pelos métodos da captura dos radicais livres DPPH[•] (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) e ABTS^{•+} (2,2'-azino-bis 3-etilbenzeno-tiazolína-6-ácido sulfônico), com o objetivo de ampliar informações sobre o potencial funcional das amostras, visto que há diferenças, por exemplo, nos mecanismos reativos e sensibilidade entre os métodos disponíveis. O método de captura do radical livre ABTS, expresso em $\mu\text{M Trolox } \text{g}^{-1}$, seguiu recomendações de Miller et al. (1993), com as adaptações propostas por Rufino et al. (2010). Alíquotas de diferentes diluições das amostras foram adicionadas a 3,0 mL de radical ABTS^{•+} ($0,700 \text{ nm} \pm 0,05$) e a absorbância foi lida a 734 nm. O método da captura do radical livre DPPH ($\text{g fruta } \text{g}^{-1} \text{ DPPH}$), de acordo com Sanchez-Moreno et al. (1998) e adaptações sugeridas por Rufino et al. (2010), utilizou alíquotas de diluições do extrato à solução de DPPH[•] 0,06 mM para leituras em espectrofotômetro UV-Vis Varian, modelo Carry 50 Bio, UV-Vis, (Mulgrave VIC, Australia), a 515 nm.

Análise estatística

Os dados de cada ciclo foram analisados separadamente. Para os dados que apresentaram distribuição normal, analisados pelo teste de Shapiro-Wilk, foram submetidos separadamente à análise de variância e, quando significativos, à análise de regressão por meio do programa SAS (Statistical Analysis System, versão 9.2). Foram consideradas equações polinomiais até o terceiro grau, com coeficientes de determinação superiores a 70% e significância dos parâmetros da regressão pelo teste t. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram apresentados por suas médias e respectivos desvios padrões. Foi realizada análise de correlação entre as variáveis relacionadas ao potencial funcional a fim de inferir contribuições dos teores dos compostos quantificados sobre a capacidade antioxidante total, nos métodos adotados. A fim de verificar a interrelação das variáveis químicas, análise de componentes principais (ACP) também foi realizada.

Resultados e discussão

A massa fresca do cacho foi influenciada pelo efeito isolado de idade dos frutos e porta-enxertos, em ambos os ciclos (Figuras 1A e 1B). No ciclo 1 (primeiro semestre de 2017), houve diminuição durante a maturação, sendo que o porta-enxerto ‘Harmony’ determinou menor massa dos cachos da cultivar copa que o observado sob ‘IAC 313’, não diferindo dos demais (Figura 1A). No ciclo 2 (primeiro semestre de 2018), constatou-se incremento da massa dos cachos do início da maturação até os 61 DAF, seguido de leve declínio na ocasião da colheita (66 DAF). Sob efeito independente, a massa dos cachos das plantas enxertadas com ‘IAC 572’ foi maior que naqueles associados aos porta-enxertos ‘Freedom’ e ‘Harmony’ (Figura 1B). Mesmo com período de maturação mais curto no ciclo 1, aos 61 DAF, os cachos caracterizaram-se por massa média de 178,68 g, neste, e 180,00 g, no ciclo 2, sugerindo um padrão regular na cultivar copa. Considera-se que o aumento na massa dos cachos e no volume das bagas esteja relacionado à maior translocação de água, estimulada pelo acúmulo de solutos nas células no início da maturação (Doumouya et al., 2014)

Houve efeito significativo da interação entre porta-enxertos e idade dos frutos sobre a massa da baga apenas no ciclo 1 (Figura 1C). Neste ciclo, o porta-enxerto ‘IAC 313’ proporcionou maior incremento de massa nas uvas da cultivar copa até os 61 DAF. A partir daí, a massa da baga tendeu à estabilização, com valores médios de 2,41 g. Nas uvas de plantas enxertadas sobre ‘Freedom’ e ‘Paulsen 1103’, observou-se menor massa

no final da maturação que em fase intermediária. No ciclo 2, houve incremento da massa fresca da baga ao longo da maturação (Figura 1D). O uso do porta-enxerto ‘IAC 572’ resultou em massa da baga (1,88 g) maior que a observada com os porta-enxertos ‘Freedom’, ‘Harmony’ e ‘Paulsen 1103’. O incremento de massa e do tamanho da baga durante a maturação está relacionado ao aumento no volume celular, em especial dos seus vacúolos (Borghezam, 2017), influenciado pelo genótipo, número de sementes, relação fonte-dreno, bem como a resposta da planta às condições climáticas de cada semestre, associadas ao acúmulo de solutos e de água (Borghezam, 2017; Doumouya et al., 2014). Em relação aos efeitos dos porta-enxertos nos componentes de qualidade, Borges et al. (2014) não observaram diferenças entre ‘IAC 766’ e ‘IAC 572’ para os números de cachos por planta e de bagas por cacho para a cultivar Concord. Desta forma, ressaltam-se respostas específicas de cultivares copa para os mesmos porta-enxertos.

Houve efeito significativo da interação idade dos frutos e porta-enxertos sobre a resistência da baga à força de compressão, no ciclo 1 (Figura 1E). Espera-se que haja redução e posterior estabilização dessa resistência ao longo da maturação. Porém, aos 56 DAF, nas uvas de plantas enxertadas sobre ‘IAC 313’, observou-se aumento em relação ao início das avaliações, que pode ser associado a erro amostral. Após este período, foi verificado declínio dos valores, tendendo à estabilização. A variação ao longo da maturação pode ter relação com mudanças na translocação de água e nutrientes para as uvas, determinando sua turgidez. Observando todo o período de maturação, as uvas das plantas enxertadas sobre ‘Freedom’ foram mais resistentes à compressão apenas na fase inicial (49 DAF), com tendência à estabilização após os 64 DAF. No ciclo 2, as respostas entre os porta-enxertos tornaram-se equivalentes, aos 55 DAF (Figura 1F). Após esta data, verificou-se tendência de estabilização. Lo’ay e El-khateeb (2017) relataram maior resistência da baga quando a cultivar Flame Seedless foi enxertada sobre ‘Paulsen 1103’.

Analisando-se os ciclos dos dois semestres, as diferenças nas respostas podem ter sido devido à duração da maturação. No ciclo 2, a maturação foi identificada em fase inicial e começou relativamente mais lenta, destacando queda nos valores de resistência à compressão. Assim, o período em que os valores de resistência à compressão tenderam à estabilização, no ciclo 2, coincidiu com o início da amostragem no ciclo 1. Esta resposta representa a equivalência dos valores observados. Para uvas destinadas à produção de suco, a resistência da baga à compressão tem importância associada à execução da etapa de prensagem, que corresponde à primeira triagem entre suco e partes sólidas (casca e semente) durante o processamento (Soares et al., 2008). A menor resistência à baga

sugere descolamento do pedicelo mais fácil, que pode ser decorrente da degradação enzimática da parede celular (Lo'ay, 2011). Consequentemente, há rendimento maior na fase de desengace, que ocorre antes da maceração da uva para a produção de suco. Ainda, as uvas com menor resistência à força de compressão podem ter seus compostos da casca, como os pigmentos, mais facilmente extraíveis (Coletta et al., 2018).

Em ambos os ciclos, foi verificada interação significativa para os teores de sólidos solúveis (SS) e de açúcares solúveis totais (AST), ratificando-se o aumento progressivo no teor de SS durante a maturação (Figuras 2A, 2B, 3C e 3D). No ciclo 1, os teores de SS na primeira data foram maiores que no ciclo 2, indicando maturação das uvas mais avançada (Figuras 2A e 2B). No ciclo 2, a resposta dos porta-enxertos sobre as uvas da cultivar copa foi mais uniforme, sendo que, com o uso de 'Freedom', as uvas atingiram 21,2%, ao final da maturação (Figura 2B). No ciclo 1, os frutos das plantas enxertadas com 'IAC 572' se destacaram por teor de SS de 23,2%, que supera o relato por Ritschel et al. (2015) para esta cultivar, seguido dos tratamentos 'IAC 766' e 'Paulsen 1103'. As uvas de plantas enxertadas sobre 'IAC 313' apresentaram incremento mais lento no teor de SS. Usando este mesmo porta-enxerto em uvas para vinho 'Syrah', sob condições semiáridas, Nasssur et al. (2017) mencionaram baixos teores relativos de SS.

O teor de SS, que é uma medida indireta do teor de açúcares, depende de fatores como cultivar, tamanho da baga, rendimento da planta e condições climáticas. Também, pode sofrer variações devido à perda de água, que concentra os solutos, ou ao aumento na absorção após chuva ou irrigação acima das necessidades da planta (Kuhn et al., 2014). O ciclo 2 foi caracterizado por maiores precipitações (Tabela 1), o que pode ter aumentado o volume das bagas e diluído seus solutos (açúcares, ácidos, taninos, antocianinas e outros), além de influenciar o tamanho dos cachos (Rogiers et al., 2006).

A influência do porta-enxerto sobre a qualidade dos frutos foi estudada por alguns autores. Wooldridge et al. (2016) destacaram que as uvas da videira 'Pinot Noir' enxertada em '110 R' caracterizaram-se por gerar melhor vinho que aquelas associadas aos porta-enxertos 'Richter 99', 'Ruggeri 140' e 'SO4'. Os teores de SS observados neste estudo, em ambos os ciclos, foram superiores aos relatados por Mota et al. (2018) para as uvas de suco 'Isabel Precoce', 'BRS Carmem', 'Bordo', 'BRS Violeta' e 'Concord Clone 30', em cultivo em clima tropical sobre o porta-enxerto 'Paulsen 1103'. Também superaram os 15,9, 15,4 e 15,1 °Brix relatados por da Silva et al. (2017) para uvas 'BRS Cora', 'Isabel Precoce' e 'BRS Carmem', respectivamente, sob condições tropicais.

A resposta do teor de AST seguiu a tendência do teor de SS, com destaque para

as uvas de videiras enxertadas sobre 'Paulsen 1103', no ciclo 1, que acumularam 21,43 g 100 g⁻¹, quando maduras (Figura 2C). Diferente dos demais porta-enxertos, 'IAC 572' promoveu maior teor de AST, como de SS, nas bagas da cultivar copa, aos 56 DAF. No entanto, ao final da maturação, este porta-enxerto resultou em bagas com menor teor (20,44 g 100 g⁻¹) que o 'Paulsen 1103'. No ciclo 2, o uso do porta-enxerto 'Freedom' resultou em maior teor de AST, atingindo 20,05 g 100 g⁻¹, ao final da maturação (Figura 2D). A resposta para este porta-enxerto, neste ciclo, é consistente com os altos teores de SS (Figura 2B). Os valores superam os teores de 17 e 19 °Brix, descritos por Ritschel et al. (2015) para a uva 'BRS Magna', em regiões de climas tropical e temperado.

O teor de açúcares está relacionado à radiação solar acumulada e às altas temperaturas (Kuhn et al., 2014). Segundo Gatti et al. (2014), o maior acúmulo de SS e AST sob essas condições deve ser decorrente do estímulo às taxas fotossintéticas e ao acúmulo de carboidratos (Greer; Weedon, 2012). Entre os ciclos, além das temperaturas médias maiores, a baixa umidade relativa e precipitação no primeiro possivelmente contribuíram para a maior concentração de açúcares. A temperatura média do ar influencia a perda de água por transpiração e, por esse processo, regula as necessidades hídricas da videira. Quanto maior a temperatura do ar e menor a umidade relativa, maior será a perda de água por transpiração, podendo repercutir em concentração de SS (Tarara et al., 2008).

A acidez titulável (AT) sofreu efeito da interação entre porta-enxertos e idade dos frutos, no ciclo 1 (Figura 2E). Neste ciclo, a diminuição na AT foi comum a todos os tratamentos, tendendo à estabilização ao final da maturação, com diferenças pouco representativas entre os porta-enxertos. Ritschel et al. (2015) mencionaram que a AT média da cultivar BRS Magna é de 0,90 g de ácido tartárico 100 mL⁻¹, em condições de clima temperado. Para as uvas 'Isabel Precoce', 'BRS Carmem' e 'IAC 138-22 Máximo', da Silva et al. (2018) mencionaram valor médio de 0,87 g de ácido tartárico 100 mL⁻¹, sob condições tropicais. Os valores observados neste trabalho, assim como os verificados por da Silva et al. (2018), estão abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira para o suco, que é de 0,90 g de ácido tartárico 100 mL⁻¹ (Brasil, 2004).

Analisando os dois ciclos, verificou-se menor AT nas uvas no ciclo 1 (Figuras 2E e 2F), quando as temperaturas foram maiores durante o período de maturação (Tabela 1). A temperatura tem forte influência nos teores dos ácidos orgânicos uma vez que, quando elevadas, aceleram sua degradação (Kuhn et al., 2014). O amadurecimento também acelera essa degradação em conjunto ao aumento da permeabilidade da membrana. Esses

fenômenos permitem que os açúcares assim como os ácidos orgânicos armazenados nos vacúolos celulares sejam consumidos pela respiração (Kliewer et al., 1967).

Os ácidos tartárico e málico representam cerca de 90% dos ácidos orgânicos presentes nos vacúolos das células das uvas, acumulando-se durante a primeira fase de crescimento. O malato é acumulado até o início da maturação e, em seguida, diminui, enquanto o ácido tartárico é acumulado após a frutificação, diminuindo, principalmente por diluição, durante a maturação (Borghazan, 2017).

Além da quantificação de ácidos e açúcares como indicadores de qualidade, o teor de compostos fenólicos deve ser considerado em uvas para suco. Efeito de interação significativa entre porta-enxertos e idade dos frutos foi verificado nos teores de flavonoides amarelos no ciclo 1, mas não no ciclo 2, quando houve efeito apenas da idade dos frutos (Figuras 3A e 3B). No ciclo 1, aos 64 DAF, os porta-enxertos ‘Harmony’, ‘Freedom’ e ‘IAC 572’ promoveram acúmulo mais pronunciado destes pigmentos nas uvas (Figura 3A). No entanto, o tratamento ‘IAC 572’ repercutiu em maior valor ao final da maturação (85,4 mg.100 g⁻¹). Variações significativas nos teores dos diferentes tipos de flavonóides podem ser atribuídas a fatores como genética, clima, manejo de vinhedos, estágio de maturação da uva, tamanho da baga (Rockenbach et al., 2011), método de extração e avaliação desses compostos. Ressalta-se, neste estudo, que os teores de flavonoides amarelos diminuíram com a proximidade da colheita. No ciclo 2, os teores foram maiores que no ciclo 1 (Figura 3B), o que pode ser justificado pela maior radiação solar global durante o referido período (Tabela 1). O impacto da luz solar e da temperatura na composição da uva tem sido de particular interesse para a síntese desses compostos, pois a temperatura da baga pode influenciar a atividade das enzimas flavonoide-3’,5’-hidroxilase e flavonoide-3’-hidroxilase, induzindo alterações no acúmulo (Downey et al., 2004). O uso dos porta-enxertos ‘IAC 313’ e ‘IAC 766’ promoveu maior acúmulo de flavonoides amarelos nas uvas da cultivar copa no momento da colheita (Figura 3B).

Houve interação significativa entre porta-enxertos e idade dos frutos para o teor de antocianinas na casca das bagas da cultivar BRS Magna apenas no ciclo 1 (Figura 3C). O teor aumentou progressivamente ao longo da maturação, atingindo maior valor, como observado para os teores de flavonoides amarelos, aos 64 DAF, com posterior diminuição. Alguns estudos relataram que a exposição das videiras à radiação solar estimula a síntese e acúmulo de antocianinas nas uvas, assim como temperaturas inferiores a 25° C. Por sua vez, temperaturas acima dos 35 °C estão associadas à degradação das antocianinas (Hickey; Woolf, 2018; Tarara et al., 2008). A diminuição

nos teores destes pigmentos pode estar associada à redução da biossíntese ou a processos degradativos (Fernández-López et al., 1998). No ciclo 1, os maiores teores de antocianinas ao final da maturação foram observados com a adoção dos porta-enxertos 'IAC 313' e 'Freedom', ambos com 595,9 mg.100 g⁻¹ (Figura 3C). No ciclo 2, os teores aumentaram ao longo da maturação em todos os porta-enxertos, porém, partindo de menores valores no início desta fase, quando começa a mudança de cor das bagas. Nesse ciclo, os teores foram maiores, principalmente nas uvas de plantas produzidas sobre 'IAC 313' e 'IAC 766', atingindo 673,16 mg.100 g⁻¹ e 708,02 mg.100 g⁻¹, respectivamente, no momento da colheita. Da Silva et al. (2017), estudando o cultivo das uvas tintas 'Cabernet Sauvignon', 'Cabernet Franc' e 'IAC 138-22 Máximo', relataram maiores teores de antocianinas nas uvas das plantas sobre o porta-enxerto 'IAC 766'. Por sua vez, os autores observaram que uvas 'BRS Violeta' acumularam mais antocianinas quando colhidas de plantas enxertadas sobre '106-8 Mgt'. Outros estudos não relataram diferenças significativas em atributos de qualidade das uvas 'Concord' com o uso dos porta-enxertos 'IAC 766' e 'IAC 572' (Borges et al., 2014). Além das respostas distintas entre cultivares copa e da influência do ambiente, o nível de vigor conferido por diferentes porta-enxertos à copa também pode ser fundamental para a mudança dos atributos físico-químicos das uvas (Bascunán-Godoy et al., 2017). Contudo, as interações fisiológicas e/ou bioquímicas entre copa e porta-enxerto associadas a esses efeitos permanecem como objeto de estudo.

Efeitos significativos de interação para PET em ambos os ciclos, indicaram acúmulo diferencial em função do porta-enxerto adotado (Figuras 3E e 3F). No ciclo 1, os maiores teores foram observados nas bagas de videiras enxertadas sob 'IAC 572' e 'IAC 313': 397,13 e 358,85 mg.100 g⁻¹, respectivamente, aos 68 DAF. Essa observação é coerente com o alto teor de flavonoides amarelos associadas a 'IAC 572', no ciclo 1, no momento da colheita, e que representa parte importante dos polifenóis totais. Em geral, diferentes efeitos de porta-enxertos no teor de compostos fenólicos nas uvas provavelmente estão relacionados a fatores como vigor, capacidade de absorção de água e nutrientes, resistência a doenças e sua interação com a videira copa, afetando os metabólitos dessas plantas e, por conseguinte, as características produtivas e a qualidade das bagas (Tecchio et al., 2014). No ciclo 2, os maiores teores de PET foram verificados ao final da maturação em bagas de plantas enxertadas em 'IAC 766' (Figura 3F). Alguns autores concluíram que porta-enxertos menos vigorosos induzem maior concentração de compostos fenólicos nas uvas (Mota et al., 2009; da Silva et al., 2017). Os resultados deste trabalho podem estar relacionados aos diferentes níveis de vigor conferidos aos

porta-enxertos, sendo ‘IAC 572’, reconhecidamente mais vigoroso que ‘IAC 766’.

Também foram observadas respostas diferenciais da CAT determinada pelo método DPPH* entre os porta-enxertos ao longo da maturação, em ambos os ciclos de produção (Figuras 4A e 4B). No ciclo 1, diferenças entre porta-enxertos podem ser relacionadas à idade dos frutos (Figura 4A). Neste ciclo, após os 56 DAF, os valores apresentaram queda até os 61 DAF, quando a CAT determinada pelo método DPPH* estabilizou. Por este método, os menores valores representam maior CAT porque indicam menor massa da fruta que deve ser consumida para ter correspondência à atividade do radical (Floegel et al., 2011). No ciclo 2, houve efeito significativo da interação porta-enxerto e idade dos frutos para a CAT quantificada por esse método (Figura 4B). A CAT aumentou para todos os porta-enxertos até os 61 DAF. As respostas diferentes entre ciclos corroboram os resultados obtidos por Xu et al. (2011), que constataram que, em região subtropical, as condições climáticas interferem no acúmulo de compostos fenólicos em diferentes cultivares de videira, acarretando diferenças na CAT das uvas.

Quando se adotou o método de captura do radical livre ABTS^{•+}, a CAT também aumentou para todos os porta-enxertos e idade dos frutos, em ambos os ciclos (Figuras 4C e 4D). No ciclo 1, as bagas de plantas enxertadas sobre ‘Harmony’ e ‘Paulsen 1103’ tiveram grande variação ao longo da maturação, apresentando maior CAT na colheita: 40,31 e 40,06 $\mu\text{M trolox g}^{-1}$, respectivamente. No ciclo 2, a maior CAT foi observada nos porta-enxertos ‘IAC 766’ e ‘Harmony’, ao final da maturação. Constatou-se que a avaliação da CAT pelo método ABTS corroborou as respostas observadas com o uso do DPPH, para o tratamento ‘Paulsen 1103’.

Os valores observados para CAT por meio dos métodos ABTS e DPPH estão correlacionados entre si, indicando que é possível extrair conclusões equivalentes a partir do uso de uma ou de outra técnica, mesmo sob influência de diferentes porta-enxertos (Figuras 5A e 5B). As maiores correlações significativas foram observadas entre teores de flavonoides amarelos e antocianinas, para ambos os ciclos (Figura 5A). Flavonoides amarelos e antocianinas, separadamente, apresentaram, em relação a PET, coeficientes de correlação próximos a 70%, no ciclo 1, e de cerca de 85%, no ciclo 2. De modo geral, o teor de PET foi a variável que melhor se correlacionou com os métodos de CAT. A contribuição dos pigmentos flavonoides amarelos e antocianinas para o teor de PET também foi verificada, com coeficientes de correlação particularmente altos no ciclo 2.

Na análise de componentes principais (ACP), 91,23% da variabilidade dos dados foi explicada pelos dois primeiros componentes (Figura 6). O primeiro componente

principal (CP), explicando 86,6% da variância, foi efetivo em separar os porta-enxertos e estádios de maturação. As variáveis com maior contribuição na CP1 foram ABTS, AST, TSS, PET, antocianinas e flavonoides, determinadas nos estádios intermediário e mais avançados de maturação, nos dois ciclos, principalmente a partir de 55-56 DAF. Contribuíram, ainda, no entanto com autovetores negativos, a AT e CAT medida por DPPH. Com base nos escores do CP1, as bagas com maior teor de pigmentos, como antocianinas e flavonoides amarelos, teor de AST, PET e CAT avaliada pelo método ABTS foram associadas a estádios de maturação mais avançados, a partir de 60 DAF. Além disso, os porta-enxertos ‘Freedom’ e ‘Paulsen 1103’ foram destacados por promover maior teor de SS e AST às uvas da cultivar copa enquanto ‘IAC 313’ e ‘Freedom’ promoveram maiores teores de antocianinas. Por sua vez, os tratamentos com os porta-enxertos ‘Freedom’ e ‘Harmony’ foram associados à maior CAT pelo método de ABTS^{•+}, nas uvas da cultivar ‘BRS Magna’. Por outro lado, os estádios iniciais de maturação foram caracterizados por menor CAT, medida pelo método de DPPH[•] e maiores valores de acidez titulável.

O CP2 distinguiu melhor os ciclos de produção estudados (Figura 5). A variável AT foi eficaz em separar as uvas colhidas no ciclo 1 daquelas colhidas no ciclo 2. Estas caracterizaram-se por menor AT.

Conclusões

As condições do ciclo 1 favoreceram maior acúmulo de açúcares e antocianinas totais, bem como melhor capacidade antioxidante nas uvas ‘BRS Magna’. Neste ciclo, o porta-enxerto ‘IAC 313’ proporcionou maior massa do cacho e da baga e melhores teores de antocianinas totais. Por sua vez, o porta-enxerto ‘IAC 572’ favoreceu maiores teores de sólidos solúveis, flavonoides amarelos e polifenóis extraíveis totais bem como menor acidez. Maior capacidade antioxidante foi conferida por meio do uso de ‘Paulsen 1103’.

No geral, os porta-enxertos ‘IAC 572’, ‘Paulsen 1103’ e ‘Freedom’ favoreceram características básicas de qualidade da uva ‘BRS Magna’, como açúcares e acidez titulável adequados, além de potencial funcional decorrente do teor de fenólicos e capacidade antioxidante. Os incrementos de flavonoides, antocianinas, polifenóis e capacidade antioxidante foram maiores para o porta-enxerto ‘IAC 766’. No entanto, ressaltam-se diferenças no comportamento desse porta-enxerto entre os ciclos.

Em ambos os ciclos, o maior potencial de qualidade da uva ‘BRS Magna’ ocorreu na faixa correspondente aos 64-66 dias após a frutificação, sendo considerado período

adequado para a colheita.

Contribuição dos autores

Conceitualização: Lima, M. A. C. Aquisição de dados: Santos, L. F., Nascimento, J. H. B, Rodrigues, A. A. M., Andrade Neto, E. R. A. Análise de dados: Santos, L. F., Lima, M. A. C. Desenvolvimento das metodologias: Lima, M. A. C.; Santos, L. F. Escrita e edição: Santos, L. F., Lima, M. A. C.

Referências

- Association of Official Agricultural Chemists. 2010. Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists. 18^a ed. rev. 3. Gaithersburg: AOAC.
- Bascunán-Godoy, L.; Franck, N.; Zamorano, D.; Sanhueza, C.; Carvajal, D.E.; Ibacache, A., 2017. Rootstock effect on irrigated grapevine yield under arid climate conditions are explained by changes in traits related to light absorption of the scion. *Scientia Horticulturae* 218: 284-292.
- Borges, R de S.; Roberto, S.R.; Yamashita, F.; de Assis, A.M.; Yamamoto, L.Y.; 2014. Produção e qualidade de frutos de clones de videira ‘Concord’ sobre diferentes porta-enxertos. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 44: 198-204.
- Borghazan, M. 2017. Formação e maturação da uva e os efeitos sobre os vinhos: Revisão. *Ciência e Técnica Vitivinícola* 32: 126-141.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013, 353 p.
- Brasil. Ministério da Agricultura. 1973. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife: SUDENE (Boletim Técnico, 26).
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Complementação dos padrões de identidade e qualidade do vinho e dos derivados da uva e do vinho. Brasília, 2004. 21 p.
- Coletta, C.; Botondi, R.; Forniti, R.; Baccelloni, S.; Bellincontro, A.; Mencarelli, F. 2018. Alternating temperature in postharvest cooling treatment of ‘Fiano’ and ‘Falanghina’ grapes affects cell wall enzyme rate, berry softening, and polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99: 3142-3148.
- da Silva, M. J. R.; Vedoato, B. T. I. F.; Lima, G. P. P.; Moura, M. F.; Coser, G. M. D. A. G.; Watanabe, C. Y.; Tecchio, M. A. 2017. Phenolic compounds and antioxidant activity of red and white grapes on different rootstocks. *African Journal of*

Biotechnology 16: 664-671.

da Silva, M. J. R., Paiva, A. P. M., Junior, A. P., Sánchez, C. A. P. C., Callili, D., Moura, M. F., Leonel, S., Tecchio, M. A. 2018. Yield performance of new juice grape varieties grafted onto different rootstocks under tropical conditions. *Scientia horticultrae* 241: 194-200.

de Oliveira, J. B.; Faria, D. L.; Duarte, D. F.; Egipto, R.; Laureano, O.; de Castro, R.; Ricardo-da-Silva, J. M. 2018. Effect of the harvest season on phenolic composition and oenological parameters of grapes and wines cv. 'Touriga Nacional' (*Vitis vinifera* L.) produced under tropical semi-arid climate, in the state of Pernambuco, Brazil. *Ciência e Técnica Vitivinícola* 33: 145-166.

Doumouya, S., Lahaye, M., Maury, C., Siret, R. 2014. Physical and physiological heterogeneity within the grape bunch: impact on mechanical properties during maturation. *American Journal of Enology and Viticulture* 65: 170-178.

Downey, M. O.; Harvey, J. S.; Robinson, S. P. 2004. The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10: 55-73.

Dutra, M. C. P.; De Souza, J. F.; Viana, A. C.; De Oliveira, D.; Pereira, G. E.; Dos Santos Lima, M. 2018a. Rapid determination of the aromatic compounds methyl-anthranilate, 2'-aminoacetophenone and furaneol by GC-MS: Method validation and characterization of grape derivatives. *Food Research International* 107: 613-618.

Dutra, M. C. P.; Rodrigues, L. L.; Oliveira, D.; Pereira, G. E.; Dos Santos Lima, M. 2018b. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. *Food Chemistry* 269: 157-165.

Embrapa Semiárido. Médias anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro. Petrolina, 2017. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>>. Acessado em: 9 de janeiro de 2018.

Embrapa Semiárido. Médias anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro. Petrolina, 2018. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>>. Acessado em: 3 de janeiro de 2019.

FAO, OIV, 2017. Table and dried grapes: world data available. *FAO-OIV Focus* 2017.

- Fernández-López, J. A.; Almela, L.; Muñoz, J. A.; Hidalgo, V.; Carreño, J. 1998. Dependence between colour and individual anthocyanin content in ripening grapes. *Food Research International* 31: 667-672.
- Floegel, A.; Kim, D. O.; Chung, S. J.; Koo, S. I.; Chun, O. K. 2011. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 24: 1043-1048.
- Francis, F.J. 1982. Analysis of anthocyanins. *In*: Markakis, P. (Ed.). *Anthocyanins as food colors*. New York: Academic Press.
- Gatti, M.; Garavani, A.; Cantatore, A.; Parisi, M.G.; Bobeica, N.; Merli, M.C.; Vercesi, A.; Poni, S. 2014. Interactions of summer pruning techniques and vine performance in the white *Vitis vinifera* cv. Ortrugo. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 21: 80-89.
- Greer, D. H.; Weedon, M. M. 2012. Modelling photosynthetic responses to temperature of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Semillon) leaves on vines grown in a hot climate. *Plant, Cell Environment*. 35: 1050-1064.
- Hickey, C. C.; Wolf, T. K. 2018. Leaf removal effects on Cabernet franc and Petit Verdot. I. Crop yield components and primary fruit composition. *American Journal of Enology and Viticulture* 69: 221-230.
- Kuhn, N.; Guan, L.; Dai, Z.; W. Wu, B.; Lauvergeat, V.; Gomès, E.; Li, S.; Godoy, F.; Arce-Johnson, P. Delrot, S. 2014. Berry ripening: recently heard through the *grapevine*. *Journal of Experimental Botany* 65: 4543-4559.
- Kliwer, W.M.; Howarth, L.; Omori, M. 1967. Concentrations of tartaric acid and malic acids and their salts in *Vitis vinifera* grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 18: 42-54.
- Larrauri, J. A.; Rupérez, P.; Saura-Calixto, F. 1997. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 5: 1390-1393.
- Li, M.; Guo, Z.; Jia, N.; Yuan, J.; Han, B.; Yin, Y.; Zhao, S. 2019. Evaluation of eight rootstocks on the growth and berry quality of ‘Marselan’ grapevines. *Scientia Horticulturae* 248: 58-61.
- Lima, M. A. C. de; Guerra, C. C. 2018. Colheita e pós-colheita. *In*: Motoike, S.; Borém, A. (Org.). *Uva: do plantio à colheita*. Viçosa: UFV.
- Lo’ay, A. A.; El-Khateeb, A. Y. 2017. Evaluation the effect of rootstocks on postharvest berries quality of ‘Flame Seedless’ grapes. *Scientia Horticulturae* 220: 299-302.

Lo'ay, A.A., 2011. Biological indicators to minimize berry shatter during handling of Thompson seedless grapevines. *World Applied Sciences Journal* 12: 1107-1113.

Miller, N. J.; Diplock, A. T.; Rice-Evans, C.; Davies, M. J.; Gopinathan, V.; Milner, A. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science* 84: 407-412.

Mota, R. V. D.; Glória, M. B. A.; Souza, B. S. D.; Peregrino, I.; Pimentel, R. M. D. A.; Dias, F. A. N.; Regina, M. D. A. 2018. Bioactive compounds and juice quality from selected grape cultivars. *Bragantia* 77: 62-73.

Mota, R. V. da; Souza, C. R. de; Favero, A. C.; Carvalho, C. P. S. E.; Carmo, E. L. do C.; Fonseca, A. R.; Regina, M. de A. 2009. Produtividade e composição físico-química de bagas de cultivares de uva em distintos porta-enxertos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44: 576-582.

Nassur, R. D. C. M. R., Pereira, G. E., Glória, M. B. A., de Oliveira Lima, L. C. 2017. Rootstock influencing the quality and biogenic amines content on Syrah tropical wines. *Comunicata Scientiae* 8: 202-208.

Padilha, C. V. S.; Miskinis, G. A.; De Souza, M. E. A. O.; Pereira, G. E., Oliveira, D.; Bordignon-Luiz, M. T.; Lima, M. D. S. 2017. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/ DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. *Food Chemistry* 228: 106-115.

Ritschel, P. S., Girardi, C. L., Zanús, M. C., Fajardo, T. V. M., Maia, J. D. G., Souza, R. T., Camargo, U. A. 2015. Novel Brazilian grape cultivars. *Acta Horticulturae*. 1082: 157-163.

Rockenbach, I. I.; Gonzaga, L.V.; Rizelio, V. M.; Gonçalves, A. E. S. S.; Genovese, M. I.; Fett, R. 2011. Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) pomace from Brazilian winemaking. *Food Research International* 44: 897-901.

Rogiers, S.Y.; Greer, D.H.; Hatfield, J.M.; Orchard, B.A.; Keller, M. 2006. Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). *Vitis-Geilweilerhof* 45:115.

Rufino, M. do S.M.; Alves, R. E.; Brito, E. S. de; J. Pérez-Jiménez, J.; Saura-Calixto, F.; Mancini-Filho, J. 2010. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry* 121: 996-1002.

Sánchez-Moreno, C.; Larrauri, J.A.; Saura-Calixto, F. 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*,

London 76: 270-276.

Soares, M.; Welter, L.; Kuskoski, E.M.; Gonzaga, L.; Fett, R. 2008. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30: 59-64.

Tarara, J. M., Lee, J., Spayd, S. E., Scagel, C. F. 2008. Berry Temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in Merlot Grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 59: 235-247.

Tecchio, M. A.; Moura, M. F.; Teixeira, L. A. J.; Pires, E. J. P.; Leonel, S. 2014. Influence of rootstocks and pruning times on yield and on nutrient content and extraction in Niagara Rosada grapevine. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 49: 340-348.

Wooldridge, J.; Louw, P.J.E.; Conradie, W.J.; 2016. Effects of rootstock on grapevine performance, petiole and must composition, and overall wine score of *Vitis vinifera* cv. Chardonnay and Pinot Noir. *South African Journal of Enology and Viticulture* 31: 45-48.

Yemn, E. W.; Willis, A. J. 1954. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal* 57: 504-514.

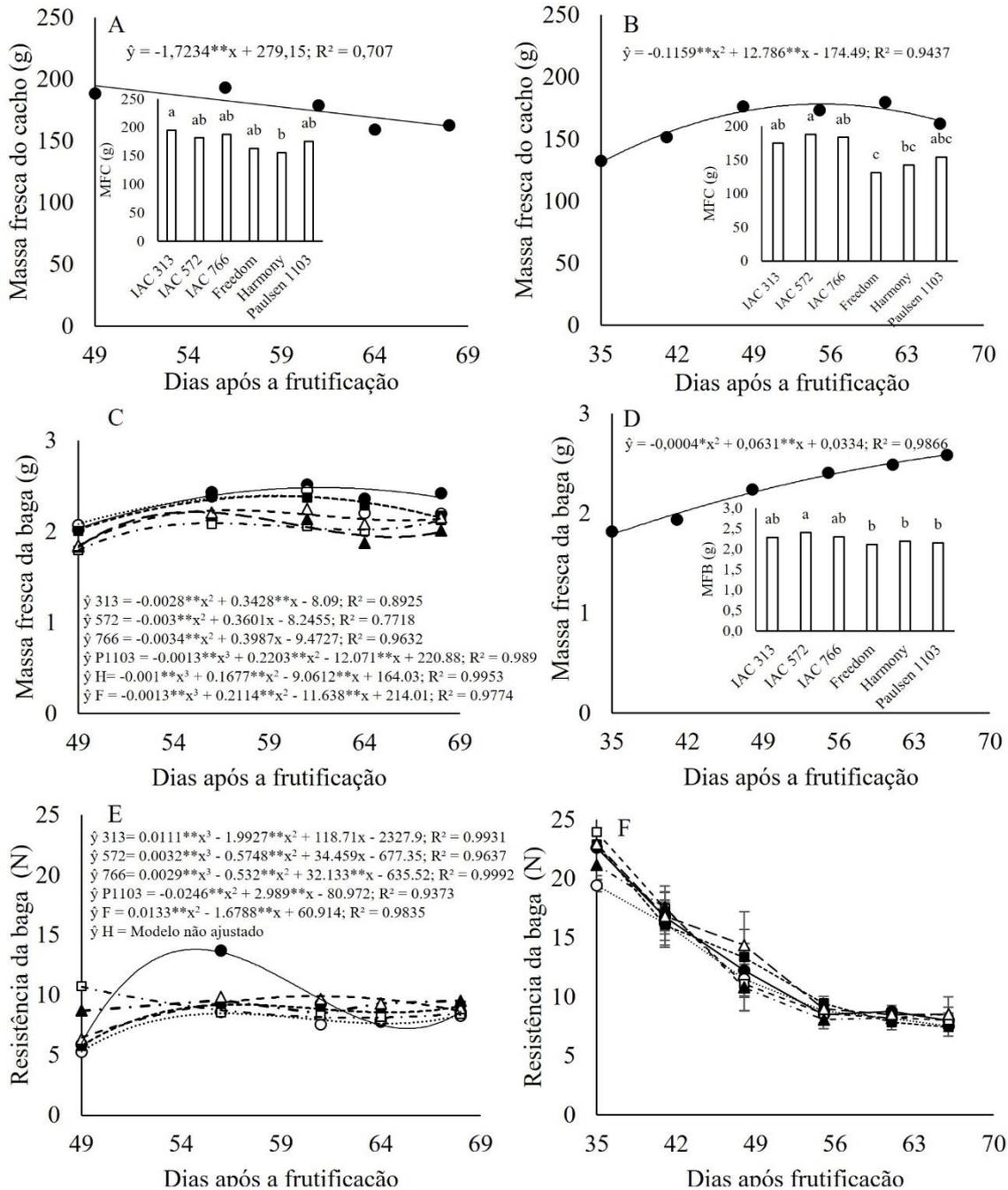
Xu, C.; Zhang, Y.; Zhu, L.; Huang, Y.; LU, J. 2011. Influence of growing season on phenolic compounds and antioxidant properties of grape berries from vines grown in subtropical climate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 1078-1086.

Tabela 1. Dados meteorológicos mensais do Campo Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido, referentes aos dois ciclos produtivos avaliados, desde a poda até a colheita da videira ‘BRS Magna’.

Período (mês/ano)	T (°C)			UR (%)	Rad. (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	Vv (m.s ⁻¹)	Precip. (mm)	ET0 (mm. dia ⁻¹)
	Máx.	Med.	Mín.					
Ciclo de produção de janeiro a abril de 2017								
jan/17	36,0	29,3	23,4	45,1	18,2	2,4	10,0	6,3
fev/17	35,8	29,1	23,4	54,0	19,8	2,0	24,0	5,8
mar/17	34,2	28,8	22,6	57,6	19,8	1,8	6,0	5,5
abr/17	32,7	28,0	21,9	62,0	17,4	2,4	3,0	5,4
Média	34,7	28,8	22,8	54,7	18,8	2,1	10,8	5,7
Ciclo de produção de dezembro de 2017 a abril de 2018								
dez/17	36,1	29,3	24,0	59,7	25,7	1,9	20,0	6,5
jan/18	35,0	28,3	23,3	65,1	23,7	2,0	43,0	6,0
fev/18	33,7	27,3	23,1	80,0	21,5	1,2	66,0	4,9
mar/18	34,1	27,5	22,9	81,2	22,9	0,9	109,0	4,8
abr/18	32,2	26,2	21,6	79,3	20,6	1,1	101,0	4,3
Média	34,2	27,7	23,0	73,0	22,8	1,4	67,8	5,3

T. Méd. = Temperatura média; T. Máx. = Temperatura máxima; T. Mín. = Temperatura mínima; UR = Umidade relativa média do ar; Rad. = Radiação solar global; Vv = Velocidade do vento à altura de 2,0 m; Precip. = Precipitação pluviométrica mensal acumulada; ET0= Evapotranspiração de referência.

Fonte: Estação Agrometeorológica do Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina, PE - Embrapa Semiárido (2017, 2018)

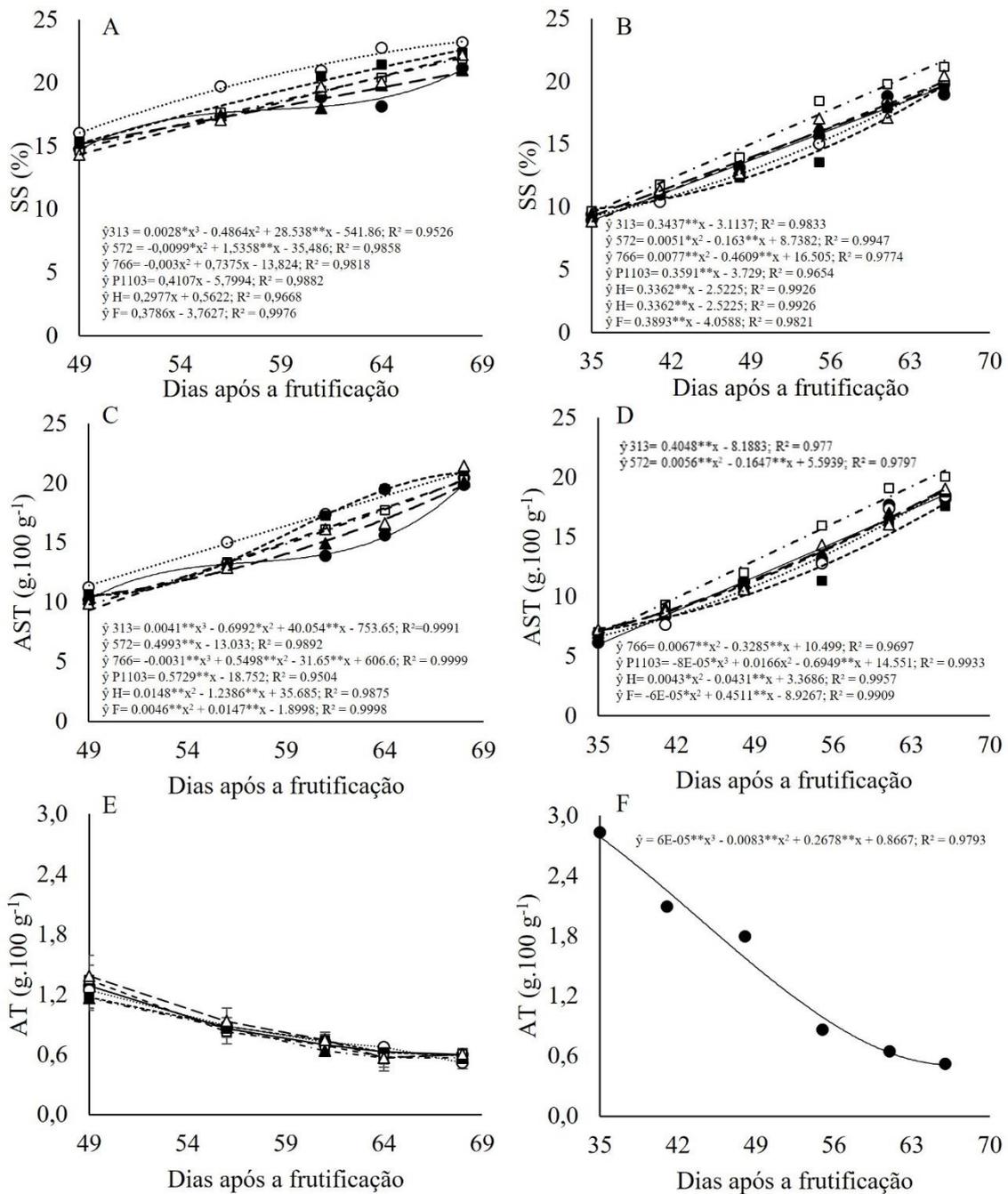


—●— IAC 313 —○— IAC 572 —■— IAC 766 —□— Freedom —▲— Harmony —△— Paulsen 1103

Figura 1. Massa fresca do cacho (A e B), massa fresca da baga (C e D) e resistência da baga à força de compressão (E e F) durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (ciclo 1: 49, 56, 61, 64 e 68 dias após a frutificação) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (ciclo 2: 35, 41, 48, 55, 61 e 66 dias após a frutificação).

Médias seguidas pela mesma letra, nos gráficos de barras internos às Figuras 1A, 1B e 1D, avaliando o efeito isolado dos porta-enxertos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os gráficos à esquerda, na Figura, correspondem aos dados do ciclo 1 enquanto os localizados à direita representam o ciclo 2.

*, ** significância estatística pelo teste t, ($p \leq 0,05$), ($p \leq 0,01$), respectivamente. As barras verticais na Figura 1F representam os desvios-padrões.

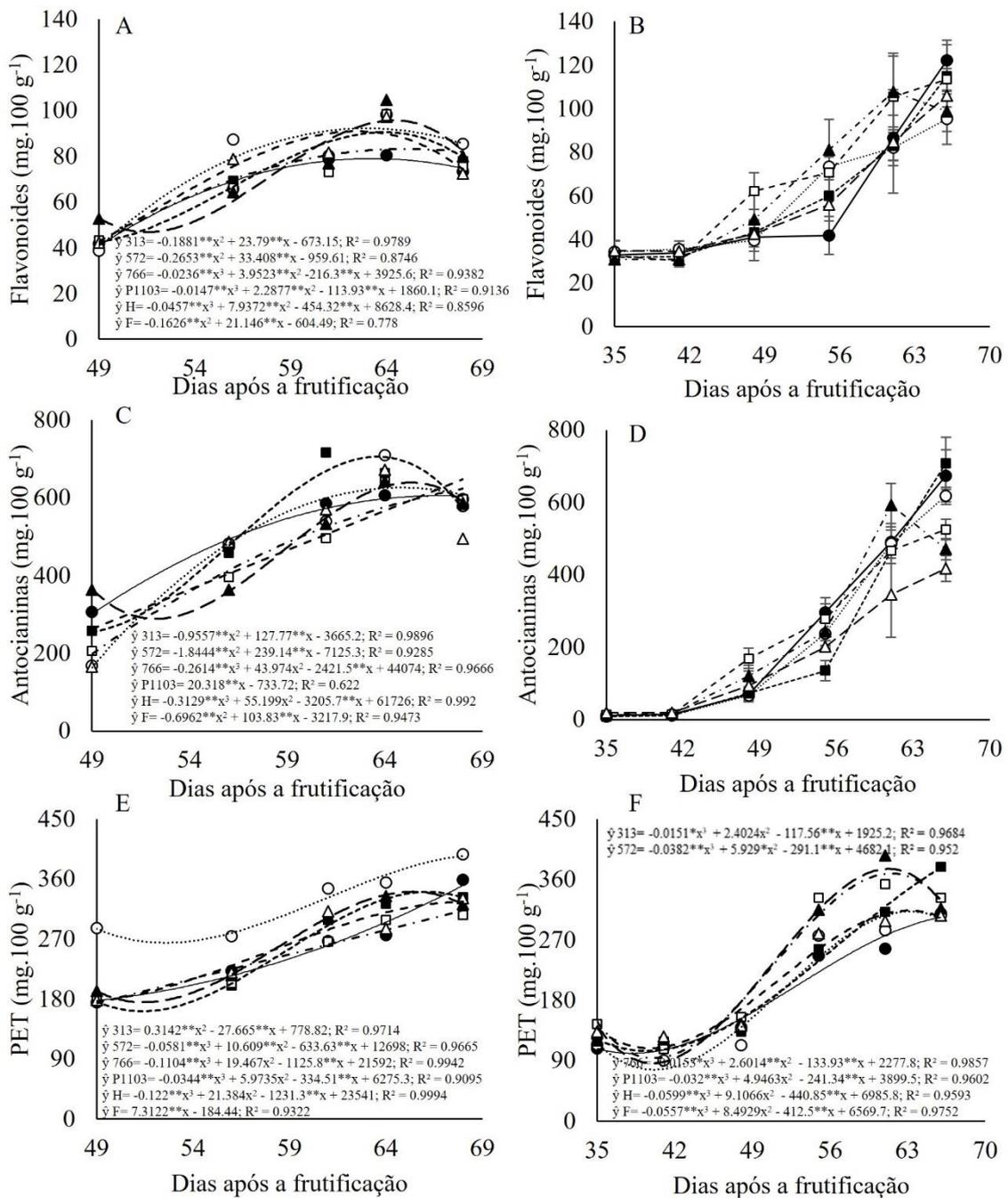


—●— IAC 313 —○— IAC 572 —■— IAC 766 —□— Freedom —▲— Harmony —△— Paulsen 1103

Figura 2. Sólidos solúveis (A e B), açúcares solúveis totais (C e D) e acidez titulável (E e F) durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (ciclo 1: 49, 56, 61, 64 e 68 dias após a frutificação) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (ciclo 2: 35, 41, 48, 55, 61 e 66 dias após a frutificação).

Os gráficos à esquerda, na Figura, correspondem aos dados do ciclo 1 enquanto os localizados à direita representam o ciclo 2.

*, ** significância estatística pelo teste t, ($p \leq 0,05$), ($p \leq 0,01$), respectivamente. As barras verticais na Figura 2E representam os desvios-padrões.



—●— IAC 313○..... IAC 572 ---■--- IAC 766 --□-- Freedom --▲-- Harmony --△-- Paulsen 1103

Figura 3. Conteúdo de flavonoides amarelos da casca (A e B), antocianinas totais da casca (C e D) e polifenóis extraíveis totais – PET (E e F) durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (ciclo 1: 49, 56, 61, 64 e 68 dias após a frutificação) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (ciclo 2: 35, 41, 48, 55, 61 e 66 dias após a frutificação).

Os gráficos à esquerda, na Figura, correspondem aos dados do ciclo 1 enquanto os localizados à direita representam o ciclo 2.

*, ** significância estatística pelo teste t, ($p \leq 0,05$), ($p \leq 0,01$), respectivamente. As barras verticais nas Figuras 3B e 3D representam os desvios-padrões.

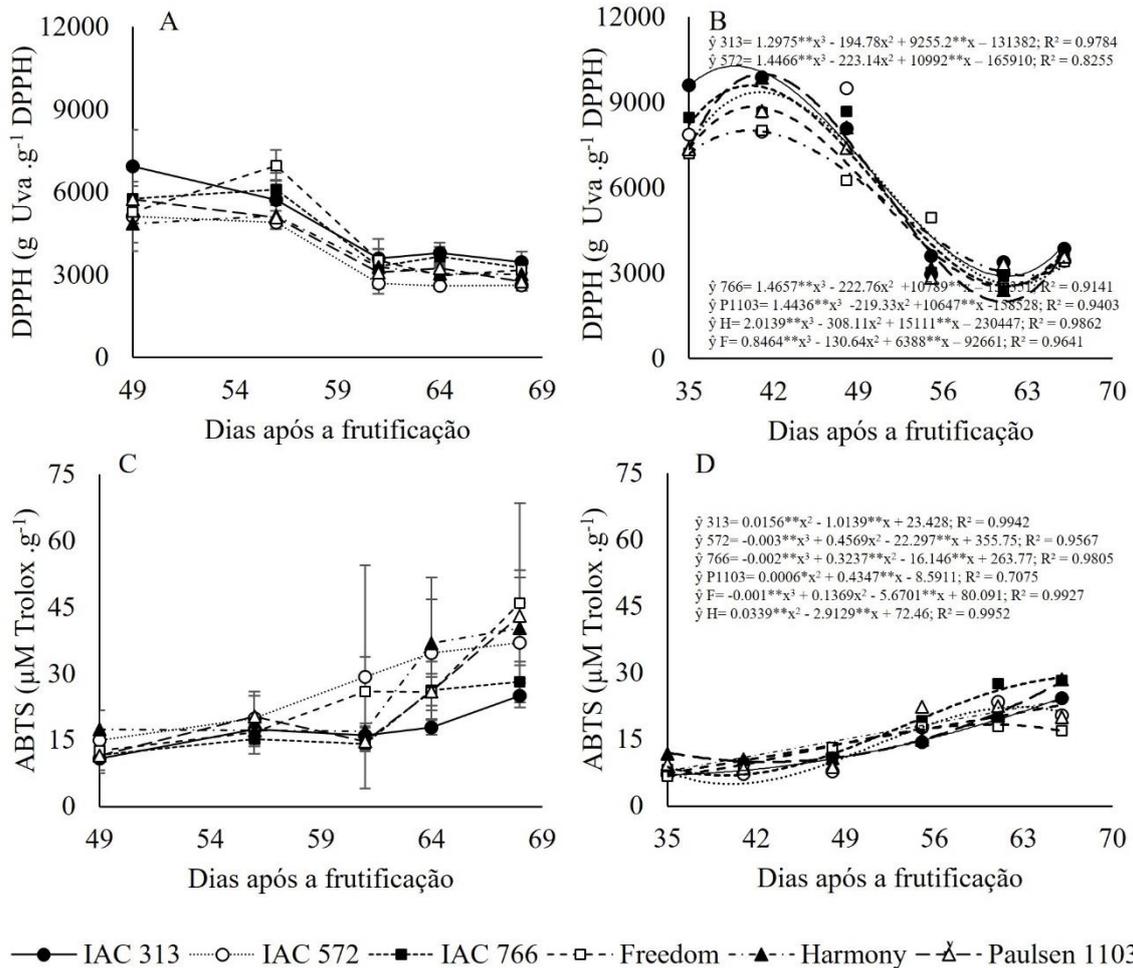


Figura 4. Atividade antioxidante pelos métodos de DPPH (A e B) e ABTS (C e D) durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (ciclo 1: 49, 56, 61, 64 e 68 dias após a frutificação) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (ciclo 2: 35, 41, 48, 55, 61 e 66).

Os gráficos à esquerda, na Figura, correspondem aos dados do ciclo 1 enquanto os localizados à direita representam o ciclo 2.

*, ** significância estatística pelo teste t, ($p \leq 0,05$), ($p \leq 0,01$), respectivamente. As barras verticais nas Figuras 4A e 4C representam os desvios-padrões.

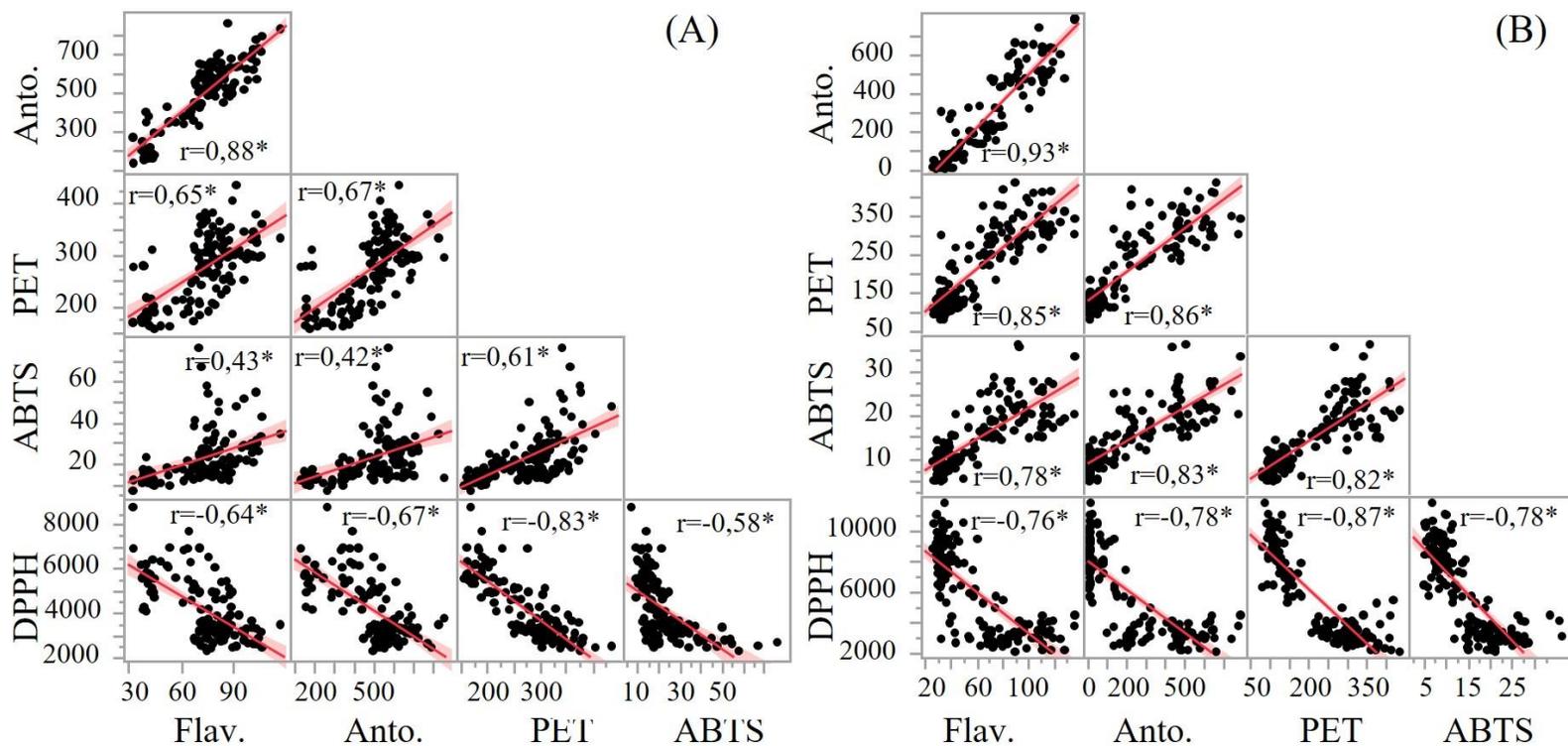


Figura 5. Correlação de Pearson entre os compostos bioativos flavonoides amarelos (Flav.), antocianinas (Anto.) e polifenóis extraíveis totais (PET) e a capacidade antioxidante total, determinada pelos métodos de captura dos radicais livres ABTS^{•+} e DPPH[•], durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (A) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (B). *coeficientes de correlação significativos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

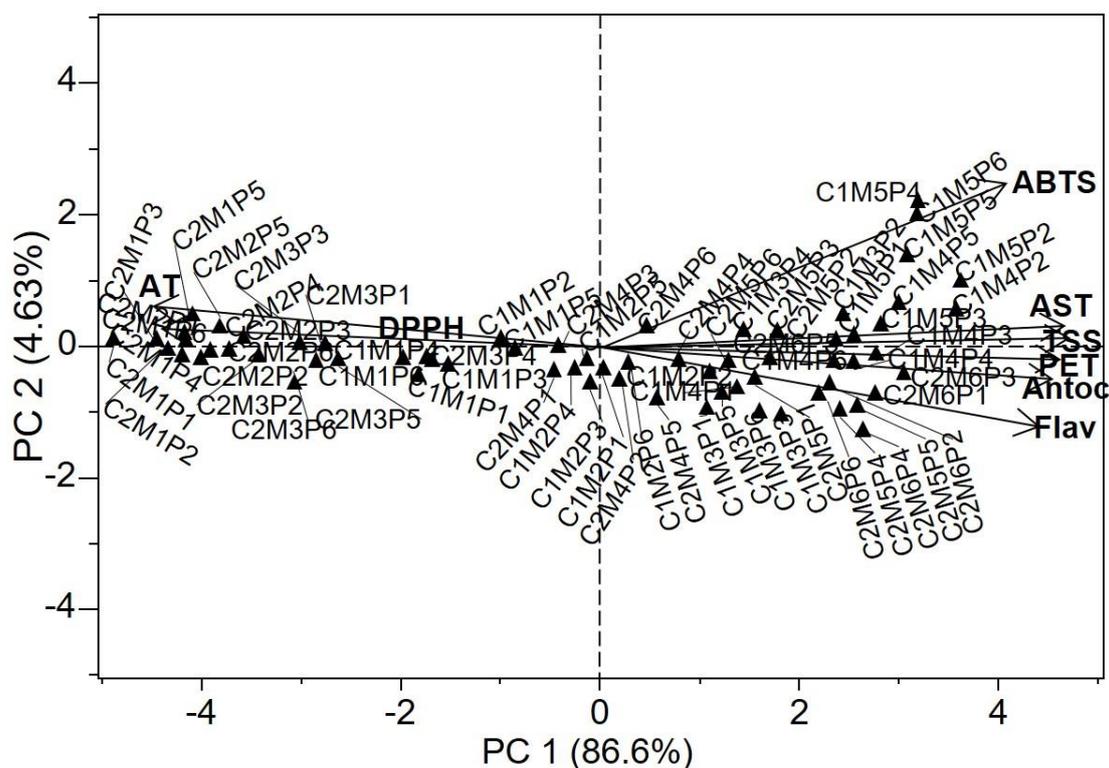


Figura 6. Dispersão das variáveis com base nos autovetores de características de qualidade e da capacidade antioxidante durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sob diferentes porta-enxertos e avaliadas durante os ciclos de janeiro a abril de 2017 (ciclo 1) e de dezembro de 2017 a abril de 2018 (ciclo 2).

Tratamentos: C1= ciclo de produção de 1 (janeiro a abril de 2017); C2= ciclo de produção 2 (dezembro de 2017 a abril de 2018); M1= estágio de maturação 1 correspondente aos 49 dias após a frutificação (DAF), em C1, e aos 35 DAF, em C2; M2= estágio de maturação 2, correspondente aos 56 DAF, em C1, e 41 DAF, em C2; M3= estágio de maturação 3, correspondente aos 61 DAF, em C1, e aos 48 DAF, em C2; M4= estágio de maturação 4, correspondente aos 64 DAF, em C1, e aos 55 DAF em C2; M5= estágio de maturação 5, correspondente aos 68 DAF, em C1, e aos 61 DAF, em C2; M6= estágio de maturação 6 correspondente aos 66 DAF; P1= porta-enxerto ‘IAC 313’; P2= porta-enxerto ‘IAC 572’; P3= porta-enxerto ‘IAC 766’; P4= porta-enxerto ‘Freedom’; P5= porta-enxerto ‘Harmony’; P6= porta-enxerto ‘Paulsen 1103’.

Variáveis: TSS= teor de sólidos solúveis; AST= teor de açúcares solúveis totais; AT= acidez titulável; FLAV= flavonoides amarelos na casca; ANTOC= antocianinas totais na casca; PET= polifenóis extraíveis totais; ABTS= capacidade antioxidante pelo método de ABTS^{•+}; DPPH= capacidade antioxidante pelo método de DPPH[•].

CAPÍTULO III: Artigo Científico

MATURAÇÃO E QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ INFLUENCIADA POR PORTA-ENXERTOS EM SAFRAS DE SEGUNDO SEMESTRE EM CONDIÇÕES TROPICAIS

Artigo formatado conforme normas da Scientia Horticulturae

ISSN: 0304-4238

Fator de impacto: 1.760

MATURAÇÃO E QUALIDADE DA UVA 'BRS MAGNA' INFLUENCIADA POR PORTA-ENXERTOS EM SAFRA DE SEGUNDO SEMESTRE EM CONDIÇÕES TROPICAIS

Resumo

As condições climáticas da região de cultivo e o porta-enxerto utilizado podem afetar a composição química das uvas, determinando variações no ponto de colheita. O objetivo deste estudo foi caracterizar as mudanças nos componentes da qualidade durante a maturação das uvas da videira 'BRS Magna' sob diferentes porta-enxertos, durante ciclos de produção do segundo semestre e em condições tropicais, como suporte à definição do ponto de colheita. O experimento foi realizado em Petrolina, Pernambuco, Brasil, durante os ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (ciclo 1) e 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (ciclo 2). Os cachos foram coletados periodicamente desde o início da maturação até a colheita, correspondendo a: 38, 45, 52, 59, 66 e 73 dias após o início da frutificação (DAF), para o ciclo 1, e 34, 42, 49, 56, 63 e 70 DAF, para o segundo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. As condições climáticas do ciclo produtivo interagiram com porta-enxertos e idade dos frutos, determinando a qualidade da uva. Os porta-enxertos 'IAC 572' e 'Freedom' conferiram maior teor de açúcares às bagas nos dois ciclos. Devido à estabilidade de respostas, as variáveis acidez titulável e resistência da baga à força de compressão podem ser utilizadas como indicativo de colheita em safras de segundo semestre. O ciclo 1 favoreceu o acúmulo de antocianinas nas bagas, sendo 'IAC 766' o que conferiu maiores teores. Independentemente do método, o porta-enxerto 'IAC 572' promoveu maior capacidade antioxidante às uvas do segundo semestre.

Palavras-chave: Colheita, manejo da videira, uvas híbridas, uvas para suco, vitivinicultura tropical.

Abstract

The climatic conditions of the cultivation region and the rootstock adopted can affect the chemical composition of grapes, determining variations in the harvest

time. The objective of this study was to characterize the changes in quality components during maturation of 'BRS Magna' grape from grapevines under different rootstocks, during production cycles of the second semester and in tropical conditions, as a support to the definition of the harvest time. The experiment was carried out in Petrolina, Pernambuco State, Brazil, during the production cycles from June 21 to October 2, 2017 (cycle 1) and June 4 to September 11, 2018 (cycle 2). Clusters were collected periodically from the beginning of maturation to harvest, corresponding to: 38, 45, 52, 59, 66 and 73 days after fruit set (DAF) for cycle 1, and 34, 42, 49, 56, 63 and 70 DAF for the second. The experimental design was in randomized blocks with four replications. The climatic conditions of the productive cycle interacted with rootstocks and age of fruits, determining the grape quality. 'IAC 572' and 'Freedom' rootstocks showed higher sugars content in berries in both cycles. Due to the stability of responses, the variables titratable acidity and resistance of the berry to a compression force can be used as indicative of harvest time in seasons of the second semester. Cycle 1 favored the anthocyanins accumulation in the berries, and 'IAC 766' treatment promoted the highest contents. Regardless of the method, the 'IAC 572' rootstock promoted greater antioxidant capacity to the grapes of the second semester.

Key-words: Harvest, grapevine management, hybrid grapes, grapes for juice, tropical vitiviniculture.

1. Introdução

Os Estados Unidos da América (EUA), o Brasil e a Espanha são os maiores produtores de suco de uva no mundo (OIV, 2017). No período de 2013 a 2015, a produção brasileira de uvas para elaboração de sucos apresentou crescimento, especialmente os tipos integral (33-52 milhões de litros) e concentrado (156-178 milhões de litros) (Mello, 2016).

O crescente interesse pelo consumo de suco de uva está relacionado principalmente às propriedades antioxidantes, cardioprotetoras e de prevenção a canceres, processos inflamatórios e infecciosos, que estão associados aos

compostos fenólicos presentes na bebida, promovendo benefícios para a saúde humana. Os compostos fenólicos associados a estes benefícios são, principalmente, flavonóis, flavanóis, antocianinas, ácidos fenólicos e estilbenos, com destaque para o resveratrol (da Silva et al., 2016).

No Brasil, novos polos de produção de uvas para suco têm se estabelecido, em resposta às demandas de mercado. O Submédio do Vale do São Francisco, localizado na região Nordeste, é um dos mais promissores. Esta região tem clima tropical semiárido, que permite a produção de uvas em períodos não convencionais do ano, oportunizando duas colheitas anuais, geralmente no primeiro e segundo semestres (Lima; Guerra, 2018; Leão et al., 2018). As condições especiais de alta incidência do sol e as altas temperaturas, associadas com a irrigação, tornam esta região única no mundo (de Oliveira et al., 2018). No entanto, é possível que condições climáticas distintas ao longo do ano influenciem a composição química das uvas, alterando, por exemplo, os teores de carboidratos e de compostos fenólicos, principalmente aqueles de ação antioxidante, como os flavonoides. Reconhece-se que, nessa região, o segundo semestre é caracterizado por temperaturas mais altas que promovem rápida maturação da uva, podendo alterar a qualidade. Porém, essa hipótese ainda não está elucidada cientificamente, nem há respostas relacionadas às diferentes cultivares adotadas na região.

As principais cultivares de uvas para suco exploradas nessa região são Isabel Precoce (*Vitis labrusca*) e os híbridos BRS Cora, BRS Violeta e BRS Magna, que foram lançadas pelo programa brasileiro de melhoramento genético (Ritschel et al., 2015; Leão et al., 2018). A fim de aprofundar o conhecimento sobre a adaptação das cultivares em diferentes regiões, estudos de maturação das uvas são fundamentais (Pedro Júnior et al., 2014). Estes estudos são de extrema importância para a qualidade dos sucos, pois é nesta fase que ocorre a síntese, degradação e/ou a translocação de compostos, como açúcares, terpenos, antocianinas, taninos e ácidos orgânicos (Borghesan, 2017).

Essas características fisiológicas, assim como várias respostas agrônômicas das videiras, podem ser influenciadas pelo porta-enxerto (Loureiro et al., 2016). Sua escolha depende das condições de solo de cada local e, dentro de uma região, pode sofrer muitas variações. Por conseguinte, as pesquisas que apoiam essa decisão devem ser conduzidas para cada local de cultivo (Li

et al., 2019) e semestre de produção.

Objetivou-se nessa pesquisa caracterizar as mudanças nos componentes da qualidade durante a maturação das uvas da videira 'BRS Magna' sob diferentes porta-enxertos, durante ciclos de produção do segundo semestre e em condições tropicais, como suporte à definição do ponto de colheita.

2. Material e Métodos

2.1 Localização experimental

Esta pesquisa foi realizada em dois ciclos produtivos de 2017 e 2018, com épocas climáticas semelhantes, considerando a flutuação observada na região ao longo do ano, em vinhedo localizado no Campo Experimental de Bebedouro, na Embrapa Semiárido (09°09'S, 40°22'W, 365 m de altitude), em Petrolina, estado de Pernambuco, Brasil. O solo da área é do tipo Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico plíntico (Embrapa, 2013), textura média/argilosa, de relevo plano. O clima da região é do tipo BSw^h, conforme classificação de Köppen (Brasil, 1973), possuindo temperatura média de 26,2 °C ± 0,9; umidade relativa do ar em torno de 64% ± 6; precipitação de 550 mm ± 182; brilho solar de 7,5 horas ± 1,1; radiação solar média global de 38,21 MJ.m⁻² dia⁻¹ ± 32, 3; evaporação do tanque classe A de 7,3 mm dia⁻¹ ± 0,6; e velocidade do ar de 190,4 Km dia⁻¹ ± 27,2 (BRASIL, 2015). Nesta região, o segundo semestre do ano caracteriza-se pelas mais altas temperaturas, inclusive durante a noite, e pela umidade relativa do ar muito baixa (Tonietto et al., 2012).

Os dados meteorológicos no período do estudo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados meteorológicos mensais do Campo Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido, referentes aos dois ciclos produtivos do segundo semestre do ano que foram avaliados, desde a poda até a colheita da videira ‘BRS Magna’.

Período (mês/ano)	T (°C)			UR (%)	Rad. (MJ.m ² .dia ¹)	Vv (m.s ⁻¹)	Precip. (mm)	ET0 (mm.dia ¹)
	Máx.	Med.	Mín.					
Ciclo de produção de junho a outubro de 2017								
jun/17	30,4	24,2	18,8	74,1	15,7	2,4	9,0	4,2
jul/17	28,4	22,9	17,6	69,0	15,1	3,2	5,0	4,4
ago/17	31,8	25,1	19,1	64,7	21,5	2,7	1,0	5,7
set/17	30,7	24,1	18,5	68,7	20,2	3,5	12,0	6,0
out/17	34,9	27,8	21,7	65,6	25,3	3,5	0,00	7,61
Média	31,2	24,8	19,1	68,4	19,6	3,1	5,4	5,6
Ciclo de produção de junho a setembro de 2018								
jun/18	32,4	25,4	19,4	72,6	19,0	2,2	1,0	4,6
jul/18	31,8	25,0	18,9	66,3	20,0	2,4	0	4,9
ago/18	33,3	26,0	19,5	61,7	23,6	2,5	0	5,9
set/18	34,8	27,6	21,1	56,7	26,0	2,7	0	6,9
Média	33,1	26,0	19,7	64,3	22,2	2,5	0,3	5,6

T. Méd. = Temperatura média; T. Máx. = Temperatura máxima; T. Mín. = Temperatura mínima; UR = Umidade relativa média do ar; Rad. = Radiação solar global; Vv = Velocidade do vento à altura de 2,0 m; Precip. = Precipitação pluviométrica acumulada; ET0= Evapotranspiração de referência. Fonte: Estação Agrometeorológica de Bebedouro, Petrolina, PE - Embrapa Semiárido (2017, 2018).

2.2 Condições experimentais e podas de produção

O experimento foi conduzido em vinhedo da cultivar BRS Magna implantado em agosto de 2014, no qual adotou-se o sistema de condução em latada, em espaçamento 4 x 2 m e irrigação por gotejamento. Foram avaliados dois ciclos de produção, correspondentes aos períodos, entre a poda de produção e a colheita, de: i) 21 de junho a 2 de outubro de 2017; e ii) 4 de junho

a 11 de setembro de 2018. A frutificação ocorreu em 21 de julho de 2017, no primeiro ciclo, e 3 de julho de 2018, no segundo.

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas no tempo, para cada ciclo de produção estudado. Os porta-enxertos 'IAC 313', 'IAC 572', 'IAC 766', 'Paulsen 1103', 'Harmony' e 'Freedom' foram distribuídos nas parcelas e a idade das uvas, nas subparcelas. As colheitas foram realizadas semanalmente, a partir do início da maturação das uvas, reconhecida pela mudança de cor e início de amaciamento das bagas, correspondentes os 38, 45, 52, 59, 66 e 73 dias após o início da frutificação (DAF), para o primeiro ciclo avaliado, e 34, 42, 49,56, 63 e 70 DAF, no segundo. Foram adotadas quatro repetições, com seis plantas cada, de onde foram colhidos cinco cachos, em cada colheita.

2.4 Análises de qualidade

Os cachos amostrados foram analisados para atributos físicos e químicos de qualidade. A massa fresca do cacho (g) foi determinada pelo valor médio da pesagem dos cachos recém-colhidos, utilizando balança semi-analítica (Acculab, modelo VI 2400, Winter Park, Florida, EUA). A massa fresca da baga (g) foi determinada pelo valor médio da pesagem de dez bagas de cada um dos cachos, amostradas de regiões diferentes dos mesmos, em balança semi-analítica (Acculab, modelo VI 2400, Winter Park, Florida, EUA). A determinação da resistência da baga à força de compressão (N) foi feita em texturômetro digital (Extralab TA.XT.Plus, Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), dotado de placa de pressão P/75 que promoveu compressão de 20% do volume da baga, adotando-se velocidade pré-teste de 1.00 mm s^{-1} , velocidade de teste de 2.00 mm s^{-1} , força aplicada de 5,0 g e distância de 5.00 mm. A pressão foi exercida sobre a baga disposta longitudinalmente. Para as leituras, foram usadas 20 bagas amostradas uniformemente dos cachos que compunham a parcela.

O teor de sólidos solúveis (SS, %) foi obtido por meio da leitura do mosto (AOAC, 2010), utilizando refratômetro portátil digital com compensação de temperatura (Atago, modelo PAL-1, Zhejiang, China). Os teores de açúcares

solúveis totais (AST, g 100 g⁻¹) foram quantificados utilizando o reagente antrona, sendo as leituras realizadas em espectrofotômetro UV-Vis (Varian, modelo Carry 50 Bio, Mulgrave VIC, Australia), a 620 nm (Yemn; Willis, 1954). A acidez titulável (AT), expressa em g de ácido tartárico 100 mL⁻¹, foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1 N, até a neutralização (AOAC, 2010), utilizando titulador automático digital (Metrohm, modelo Tritino Plus 848, Switzerland).

Os teores de antocianinas (ANT) e de flavonoides amarelos (FLA) foram quantificados, em mg 100 g⁻¹, na casca das uvas, em solução extratora de álcool etílico a 95%:HCl a 1,5 N (85:15). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-Vis (Varian, modelo Carry 50 Bio, Mulgrave VIC, Australia), a 535 nm, para ANT, e 374 nm, para FLAV (Francis, 1982). O doseamento dos teores de polifenóis extraíveis totais (PET, mg ácido gálico 100 g⁻¹) foi realizado em extratos da casca triturada e polpa macerada das bagas em solução de metanol a 50% e acetona a 70%, utilizando-se Folin-Ciocalteu e carbonato de sódio a 20%, com leituras em espectrofotômetro UV-Vis (Varian Carry 50 Bio, Mulgrave VIC, Australia), a 700 nm (Larrauri et al., 1997).

A capacidade antioxidante total (CAT) foi determinada pelos métodos da captura dos radicais livres DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) e ABTS•+ (2,2'-azino-bis 3-etilbenzeno-tiazolina-6-ácido sulfônico), visando ampliar informações sobre o potencial funcional das amostras, prevenindo conclusões associadas a mecanismos reativos e sensibilidade de um único método. O método de captura do ABTS•+ ($\mu\text{M Trolox g}^{-1}$), seguiu recomendações de Miller et al. (1993), com as adaptações propostas por Rufino et al. (2010), a partir do extrato usado para a quantificação dos teores de PET. Alíquotas das amostras diluídas foram adicionadas a 3,0 mL de ABTS•+ (0,700 nm \pm 0,05) e a absorbância foi lida a 734 nm. O método da captura do DPPH• (g fruta g⁻¹ DPPH) também utilizou o extrato para leitura do teor de PET, cujas alíquotas diluídas foram adicionadas à solução de DPPH• 0,06 mM para leituras em espectrofotômetro UV-Vis (Varian, modelo Carry 50 Bio, Mulgrave VIC, Australia), a 515 nm, de acordo com Sanchez-Moreno et al. (1998) e adaptações sugeridas por Rufino et al. (2010).

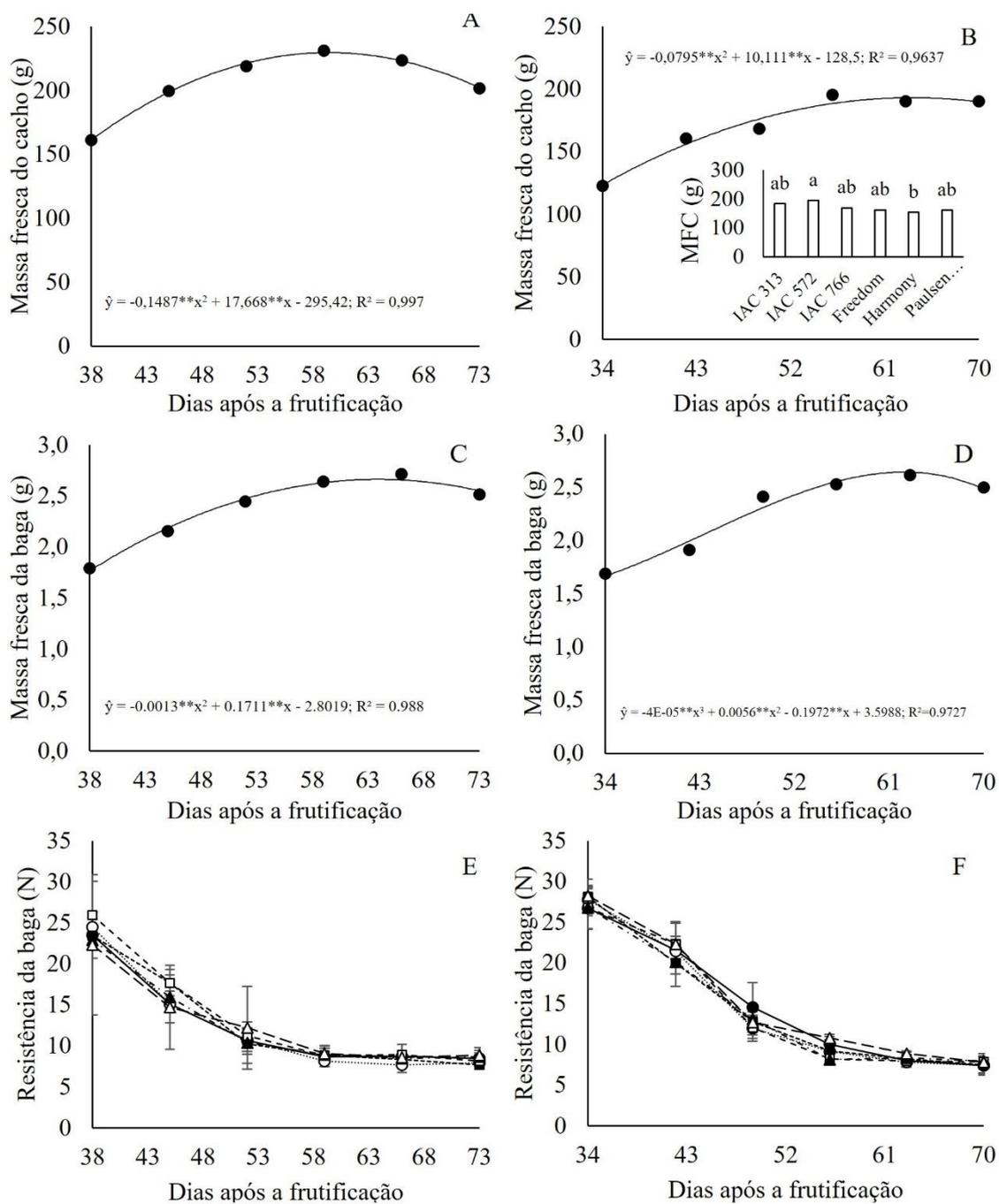
2.5 Análise estatística

Os dados de cada ciclo foram analisados separadamente. Para os dados em que se constatou distribuição normal, pelo teste de Shapiro-Wilk, foram submetidos, por ciclo, à análise de variância e, quando significativos, foram submetidos à análise de regressão por meio do programa SAS (Statistical Analysis System, versão 9.2). Foram admitidas equações polinomiais até o terceiro grau, com coeficientes de determinação superiores a 70% e significância dos parâmetros da regressão pelo teste t. Dados que não apresentaram distribuição normal foram apresentados por suas médias e desvios padrões.

Foi realizada análise de correlação entre as variáveis relativas aos compostos bioativos para inferir contribuições dos seus teores sobre a CAT. A fim de verificar o agrupamento das respostas dos porta-enxertos, foi realizada a análise de componentes principais (ACP) para as variáveis químicas.

3. Resultados

A massa fresca do cacho sofreu efeito isolado da idade dos frutos no ciclo 1 (Fig. 1A). Neste período, observou-se aumento da massa fresca do cacho até os 59 DAF, diminuindo ao final da maturação. No ciclo 2, a massa fresca do cacho foi influenciada pelo efeito isolado da idade dos frutos e dos porta-enxertos. Neste ciclo, o incremento da massa dos cachos ocorreu até os 56 DAF, observando-se valores estáveis até o final da maturação, quando a massa média foi de 190,22 g (Fig. 1B). Entre os porta-enxertos, o uso de 'IAC 572' promoveu maior massa dos cachos da cultivar copa (194,65 g) comparado ao observado nas videiras enxertadas sobre 'Harmony' (154,39 g). Em relação à massa da baga, as variações foram decorrentes do efeito da idade dos frutos em ambos os ciclos (Fig. 1C e 1D). Igualmente à massa do cacho, houve tendência de incremento na massa fresca da baga nos dois ciclos, com leve redução ao final da maturação. A massa fresca da baga foi maior nas uvas produzidas no ciclo 1, no período da penúltima data de amostragem, antes da colheita, em correspondência ao observado para a massa fresca do cacho.



—●— IAC 313 —○— IAC 572 —■— IAC 766 —□— Freedom —▲— Harmony —△— Paulsen 1103

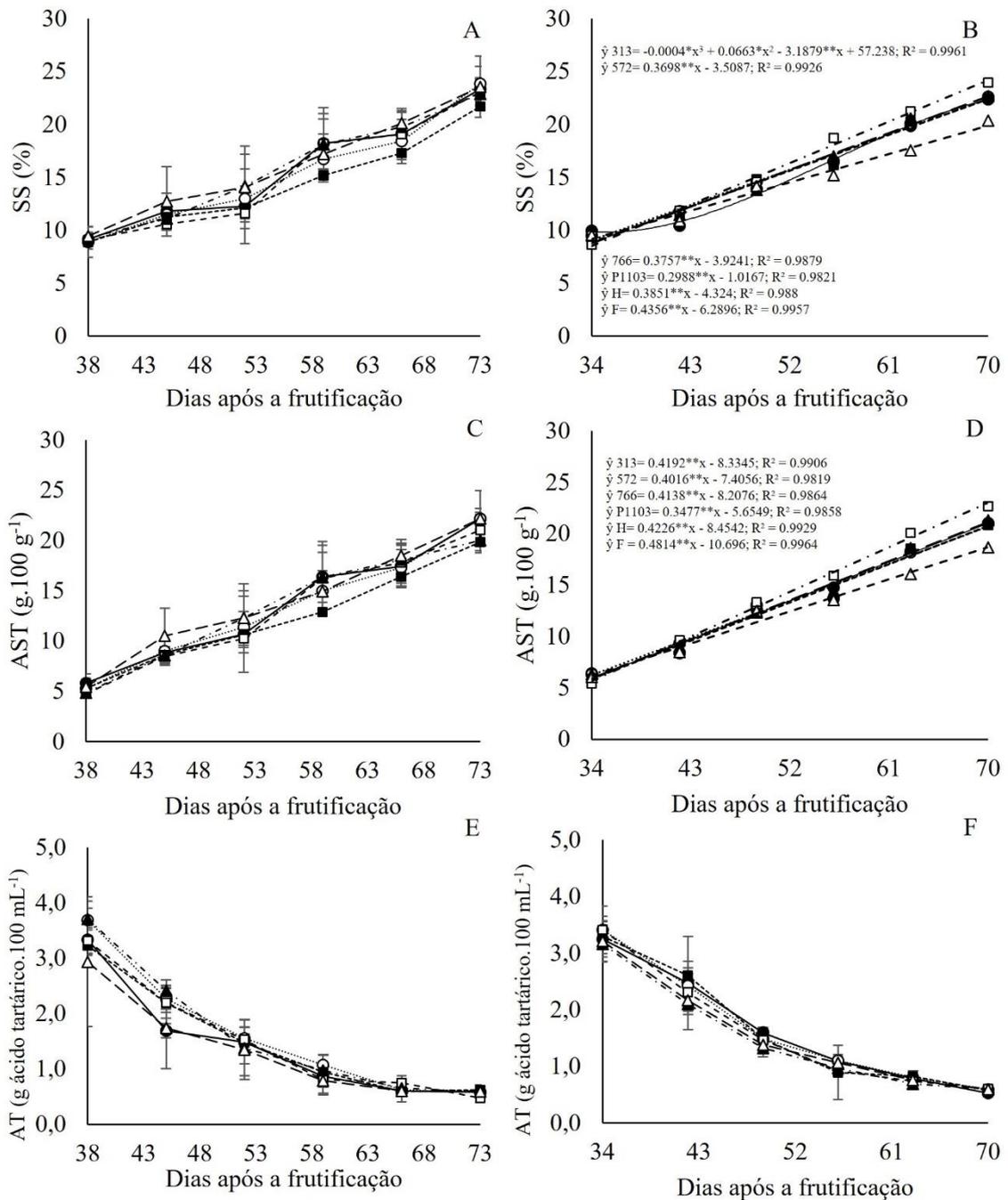
Figura 1. Massa fresca do cacho (A e B), massa fresca da boga (C e D) e resistência da boga à força de compressão (E e F) de uvas da videira ‘BRS Magna’ sobre diferentes porta-enxertos (em B, E e F), avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (correspondente aos 38, 45, 52, 59, 66 e 73 DAF) e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (correspondente aos 34, 42, 49, 56, 63 E 70 DAF), na região do Submédio do Vale do São Francisco.

Médias seguidas pela mesma letra, nos gráficos de barras internos às Figuras 1B, avaliando o efeito isolado dos porta-enxertos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os gráficos à esquerda, na Figura, correspondem aos dados do ciclo 1 enquanto os localizados à direita representam o ciclo 2.

*, **: ($p \leq 0,05$), ($p \leq 0,01$), respectivamente. As barras verticais na Figura 1E e 1F representam os desvios-padrões.

A resistência da baga à força de compressão diminuiu progressivamente, tendendo à estabilização a partir dos 59 DAF, no ciclo 1, e a partir dos 56 DAF, no ciclo 2 (Fig. 1E e 1F). A resposta dos porta-enxertos ao longo da maturação foi similar com pequenas diferenças em datas específicas de avaliação, nos dois ciclos. No ciclo 1, as bagas de plantas enxertadas sobre 'IAC 766' mostraram-se menos resistentes à força de compressão, apresentando valor de 7,66 N, ao final da maturação, quando comparado aos porta-enxertos 'IAC 313', 'Freedom', 'Paulsen 1103' e 'Harmony', que apresentaram as maiores médias neste mesmo período (Fig. 1E). No ciclo 2, ao final da maturação, todos os porta-enxertos apresentaram valores equivalentes em relação a esta variável (Fig. 1F).

No ciclo 1, os dados de teores de sólidos solúveis (SS) não apresentaram distribuição normal (Fig. 2A). Neste período, os teores de SS aumentaram progressivamente durante a maturação. No ciclo 2, verificando-se efeito de interação, o maior acúmulo de SS foi observado em uvas de plantas enxertadas sobre 'Freedom' cujos teores atingiram 24,0 % (Fig. 2B). O menor acúmulo, no mesmo período, foi observado nas uvas do tratamento 'Paulsen 1103'.



—●— IAC 313 —○— IAC 572 —■— IAC 766 —□— Freedom —▲— Harmony —△— Paulsen 1103

Figura 2. Teor de sólidos solúveis (SS), em A e B, teor de açúcares solúveis totais (AST), em C e D, e acidez titulável (AT), em E e F, de uvas da videira 'BRS Magna' sobre diferentes porta-enxertos, avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (correspondente aos 38, 45, 52, 59, 66 e 73 DAF) e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (correspondente aos 34,42,49,56,63 e 70 DAF), na região do Submédio do Vale do São Francisco.

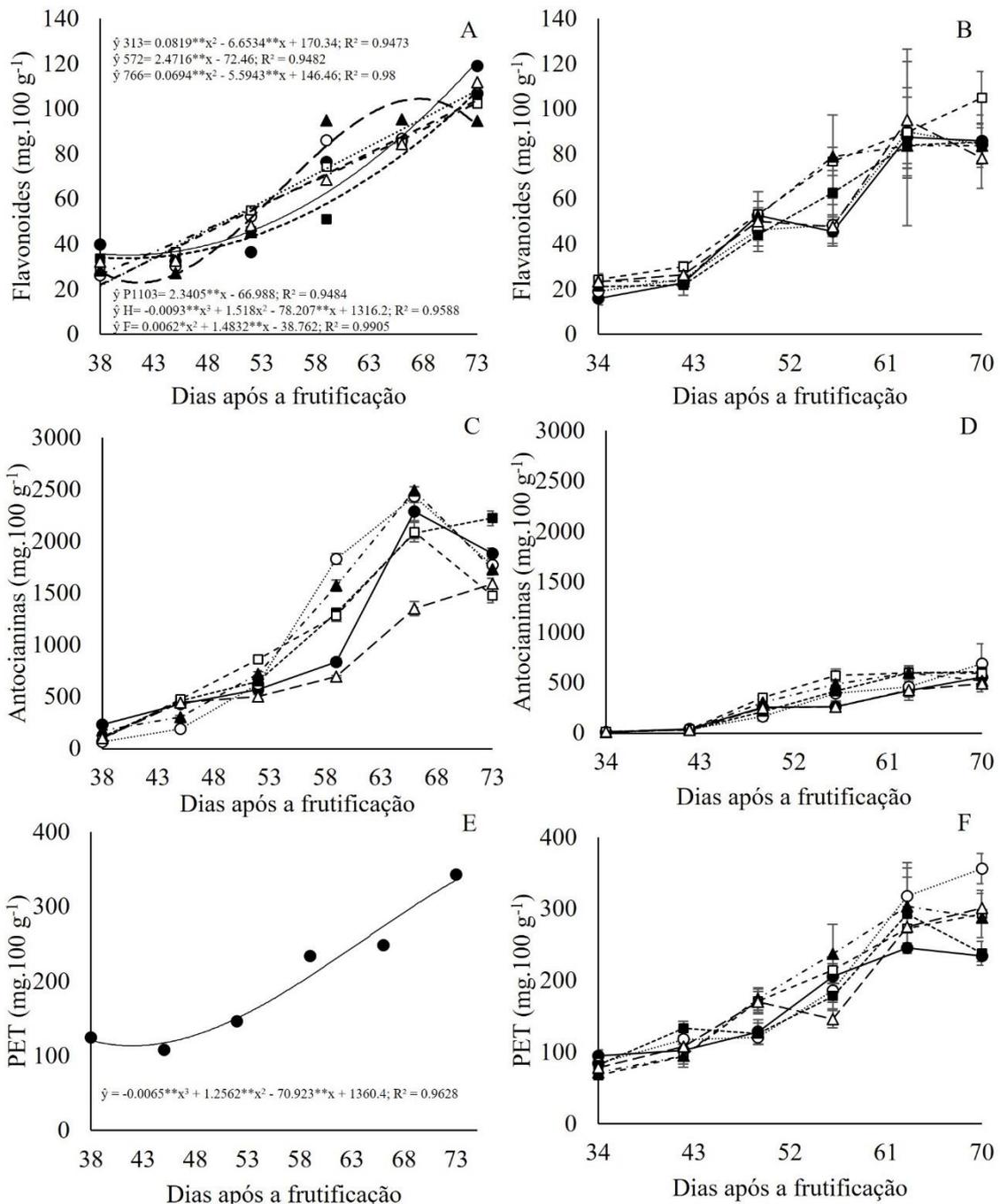
Os gráficos à esquerda, na Figura, correspondem aos dados do ciclo 1 enquanto os localizados à direita representam o ciclo 2.

*, ** (p<0,05), (p<0,01), respectivamente. As barras verticais nas Figuras 2A, 2C, 2E e 2F representam os desvios-padrões.

Igualmente aos teores de SS, no ciclo 1, os dados de teores de açúcares solúveis totais (AST) não apresentaram distribuição normal (Fig. 2C). Porém, seguiram a mesma tendência do acúmulo de SS. No ciclo 2, as uvas colhidas de plantas sobre o porta-enxerto 'Freedom' alcançaram o maior teor de AST ao final da maturação, 22,65 g.100 g⁻¹, diferenciando-se dos demais (Fig. 2D).

Para acidez titulável (AT), no ciclo 1, destacaram-se as uvas colhidas de plantas enxertadas sobre 'Freedom', que lhes conferiu menor acidez ao final da maturação, 0,5 g de ácido tartárico 100 mL⁻¹ (Fig. 2E). Nesta ocasião, os demais porta-enxertos conferiram AT de 0,6 g de ácido tartárico 100 mL⁻¹. A resposta dos porta-enxertos sobre a maturação das uvas, no ciclo 2, foi similar ao observado no ciclo 1 (Fig. 2F).

Durante a evolução da maturação, as taxas de incremento nos teores de flavonoides amarelos foram influenciadas pela interação entre porta-enxertos e idade dos frutos (Fig. 3A). No primeiro ciclo, o uso do porta-enxerto 'IAC 313' resultou em maiores teores, aos 73 DAF (118,90 mg.100 g⁻¹), nas uvas da cultivar copa (Figura 3A). Nas uvas de plantas enxertadas sobre 'Harmony', o teor máximo de flavonoides amarelos ocorreu em torno de uma semana antes de colheita. No ciclo 2, embora os dados não tenham apresentado distribuição normal, é possível verificar que os teores partiram de menores valores no início da maturação, aumentaram até os 63 DAF e diminuíram no momento da colheita (aos 70 DAF), exceto no tratamento 'Freedom', que atingiu 104,87 mg. 100 g⁻¹.



—●— IAC 313 ○..... IAC 572 ---■--- IAC 766 --□-- Freedom -▲- Harmony -△- Paulsen 1103

Figura 3. Teores de flavonoides amarelos da casca (A e B), antocianinas totais da casca (C e D) e polifenóis extraíveis totais - PET (E e F) de uvas da videira 'BRS Magna' sobre diferentes porta-enxertos, em A, B, C, D e F, e avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (correspondente aos 38, 45, 52, 59, 66 e 73 DAF) e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (correspondente aos 34, 42, 49, 56, 63 e 70 DAF), na região do Submédio do Vale do São Francisco.

Os gráficos à esquerda, na Figura, correspondem aos dados do ciclo 1 enquanto os localizados à direita representam o ciclo 2.

*, **: ($p \leq 0,05$), ($p \leq 0,01$), respectivamente. As barras verticais nas Figuras 3B, 3D e 3F representam os desvios-padrões.

Quanto ao teor de antocianinas na casca, o ciclo 1 foi marcado por teores elevados, sobretudo em função das condições climáticas, para todos os porta-enxertos, no entanto com diferenças entre eles (Fig. 3C). Os teores máximos foram atingidos aos 66 DAF, exceto nas uvas dos tratamentos 'IAC 766' e 'Paulsen 1103'. Ao atingir o valor máximo, os demais porta-enxertos promoveram redução nos teores na última amostragem. No momento da colheita, aos 73 DAF, as uvas colhidas de videiras enxertadas sobre 'IAC 766' atingiram o maior teor acumulado: 2223,30 mg.100 g⁻¹. 'Freedom' e 'Paulsen 1103' proporcionaram menores valores acumulados no momento da colheita. Diferentemente, o ciclo 2, marcado por temperaturas mais elevadas, foi caracterizado por teores menores que o ciclo 1, bem como com respostas diferentes entre os porta-enxertos (Fig. 3D). Neste ciclo, os teores partiram de menores valores no início da maturação e os maiores incrementos foram observados a partir de 42 DAF e até 63 DAF. Em geral, os menores teores foram observados no tratamento 'Paulsen 1103'. Neste ciclo, os máximos teores estiveram na faixa de 600-700 mg.100 g⁻¹.

Para os teores de polifenóis extraíveis totais (PET), os incrementos durante a maturação foram uniformes, independentemente do porta-enxerto adotado, no ciclo 1 (Fig. 3E). Neste ciclo, os teores variaram de 124,97 a 343,33 mg.100g⁻¹. No ciclo 2, os teores de PET foram crescentes nas uvas de plantas enxertadas em 'IAC 572' e 'Freedom', ao longo da maturação (Fig. 3F). Por ocasião da colheita, os maiores teores foram associados ao tratamento 'IAC 572', enquanto os menores corresponderam ao uso dos porta-enxertos 'IAC 313' e 'IAC 766'.

Para ambos os ciclos, os dados para a capacidade antioxidante total (CAT), medida pelo método de captura do radical livre DPPH não apresentaram distribuição normal (Fig. 4A e 4B). O comportamento dos porta-enxertos no ciclo 1 foi mais instável em comparação ao segundo. Destaca-se a maior CAT dos frutos de videiras enxertadas sobre 'Paulsen 1103', no período de 38 a 52 DAF. No ciclo 1, o uso dos porta-enxertos 'IAC 572' e 'Harmony' promoveu a maior CAT ao final da maturação. No ciclo 2, a CAT aumentou de maneira regular durante a maturação uma vez que os menores valores indicam o consumo de menor quantidade da fruta para se obter CAT equivalente à do radical utilizado nesse método. Quanto aos porta-enxertos, as plantas sobre 'IAC 572' e 'IAC 766'

produziram uvas com maior CAT.

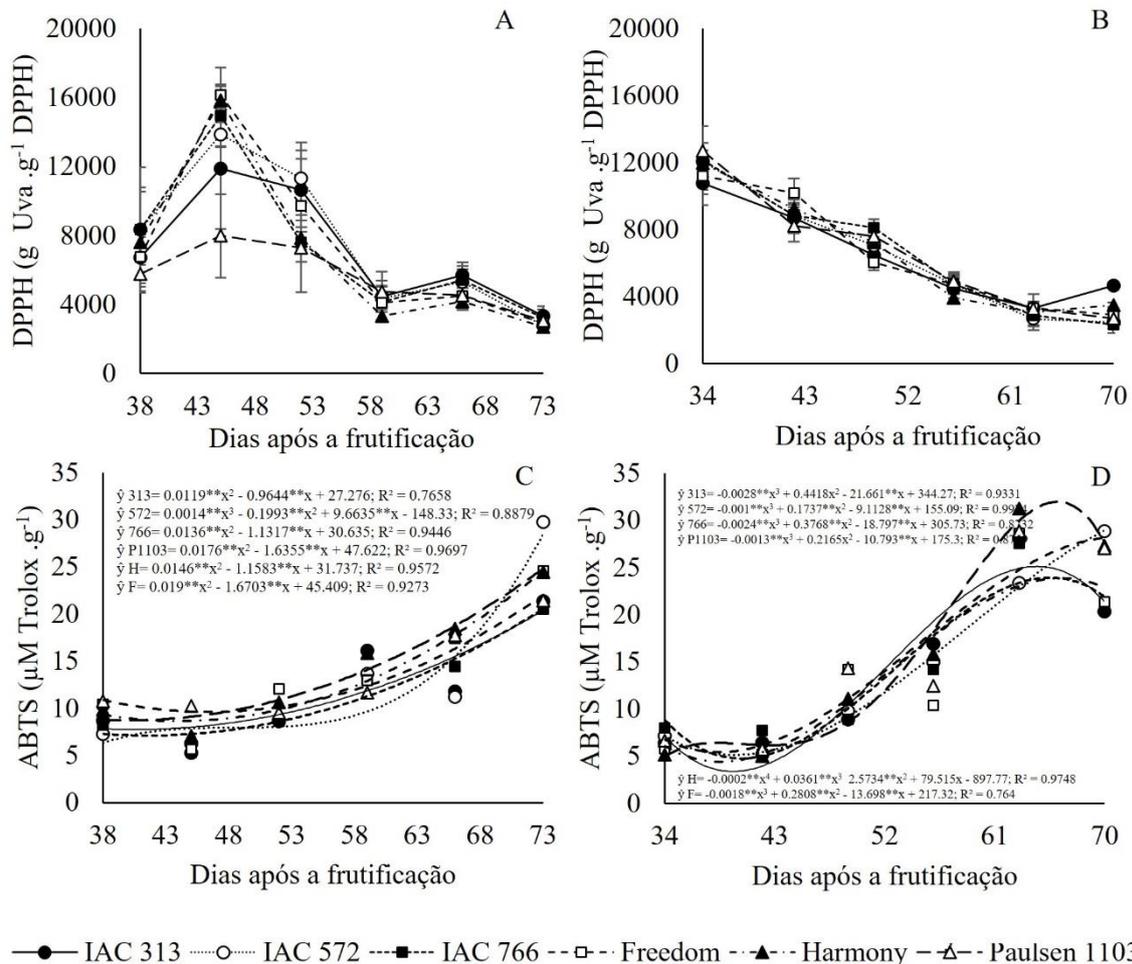


Figura 4. Capacidade antioxidante total determinada por meio dos métodos de captura dos radicais livres DPPH (A e B) e ABTS (C e D) de uvas da videira 'BRS Magna' sobre diferentes porta-enxertos, avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (correspondente aos 38, 45, 52, 59, 66 e 73 DAF) e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (correspondente aos 34, 42, 49, 56, 63 e 70 DAF), na região do Submédio do Vale do São Francisco.

Os gráficos à esquerda, na Figura, correspondem aos dados do ciclo 1 enquanto os localizados à direita representam o ciclo 2.

*, ** significância estatística pelo teste t, ($p \leq 0,05$), ($p \leq 0,01$), respectivamente. As barras verticais na Figura 4A e 4B representam os desvios-padrões.

Para a CAT medida pelo método ABTS^{•+}, o efeito de interação foi verificado nos dois ciclos (Fig. 4C e 4D). Por este método, ratificou-se a alta CAT das uvas colhidas de plantas cultivadas sobre o porta-enxerto 'IAC 572', observando-se valores médios de 29,76 e 28,85 µM Trolox.g⁻¹, respectivamente, nos ciclos 1 e 2, no momento da colheita. Portanto, deve-se destacar a alta CAT

das uvas 'BRS Magna' sobre o porta-enxerto 'IAC 572', nos dois ciclos estudados, com o uso de ambos os métodos. Para os porta-enxertos 'IAC 313' e 'IAC 766' foi verificada queda na CAT ao final da maturação, igualmente ao verificado para os teores de PET para esses mesmos porta-enxertos.

De acordo com a análise de correlação, no ciclo 1, os coeficientes entre a variável flavonoides amarelos em relação a antocianinas, PET e ABTS foram maiores que 0,85 (Fig. 5A). Neste ciclo, a maior correlação positiva e significativa foi constatada entre PET e ABTS ($r= 0,91^*$). O ciclo 2 foi caracterizado por coeficientes de correlação maiores em comparação ao ciclo 1: $\geq 0,83$ (Fig. 5B). Neste ciclo, todos os coeficientes de correlação foram maiores que 80%, com destaque para as variáveis PET e ABTS.

A análise de componentes principais (PCA) indicou que os dois componentes principais (CP1 e CP2) foram responsáveis por 92,81% da variabilidade total dos dados (Fig. 6). As variáveis que participaram no CP1 foram: ABTS, PET, TSS, AST, FLAV e antocianinas com autovetores positivos, contrastando com DPPH com autovetores negativos. Os maiores escores no CP1, que corresponderam aos maiores valores de ABTS, PET, TSS, AST, FLAV e antocianinas, foram verificados nos estádios de maturação M4, M5 e M6.

Por outro lado, maiores valores de AT e DPPH foram verificados nos estádios de maturação M1 e M2.

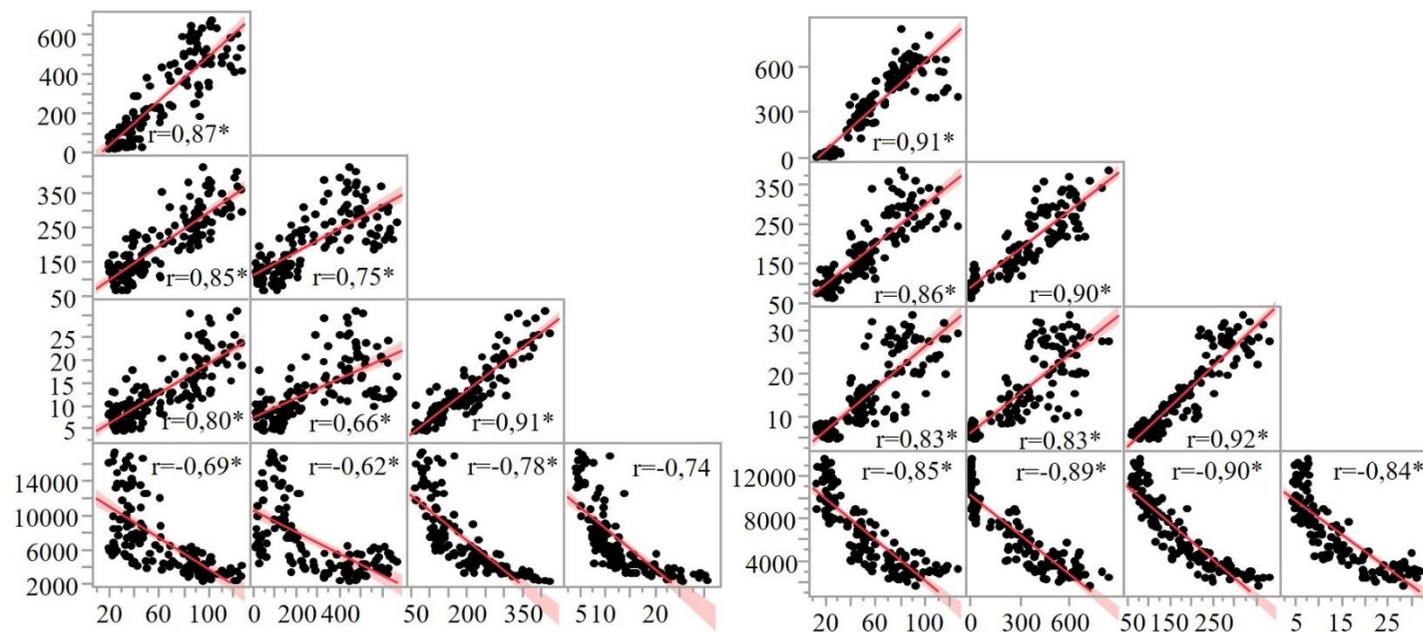


Figura 5. Correlação de Pearson entre os compostos bioativos flavonoides amarelos (Flav.), antocianinas totais (Anto.) e polifenóis extraíveis totais (PET) e as capacidades antioxidantes determinadas pelos métodos de captura dos radicais livres DPPH• e ABTS•+ de uvas da videira 'BRS Magna' sobre diferentes porta-enxertos, avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 (A) e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018 (B), na região do Submédio do Vale do São Francisco.

* indicam significância estatística pelo teste t ($p \leq 0,05$).

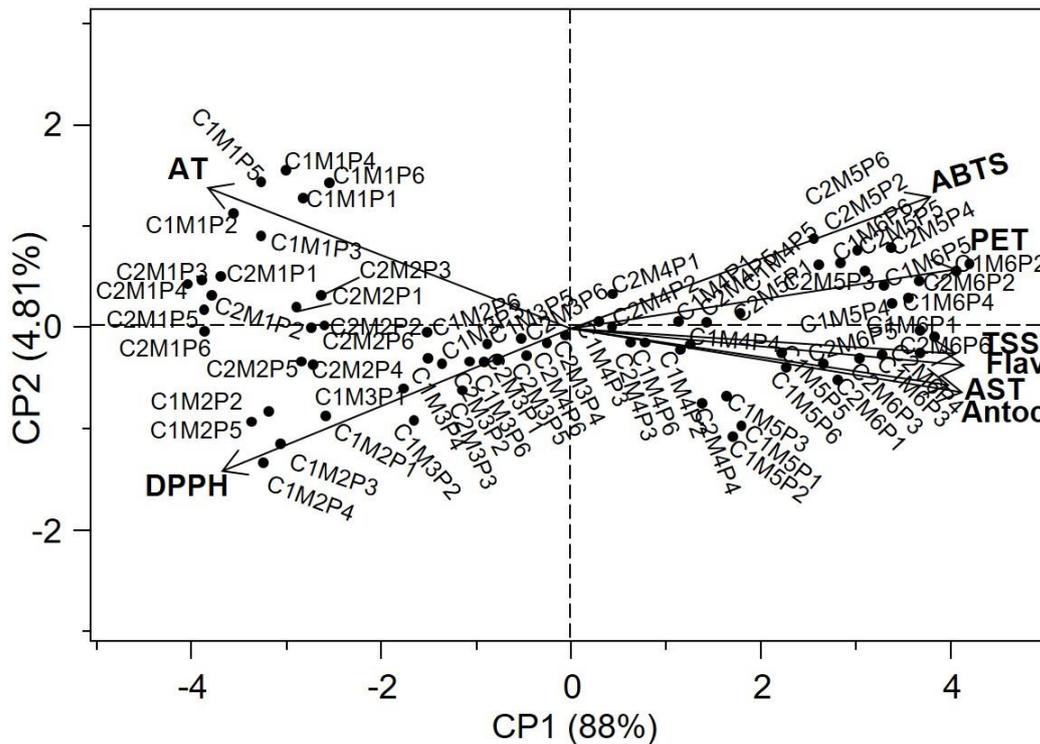


Figura 6. Dispersão das variáveis com base nos autovetores de características de qualidade e da capacidade antioxidante durante a maturação de uvas da videira 'BRS Magna' sobre diferentes porta-enxertos, avaliadas durante a maturação, nos ciclos de produção de 21 de junho a 2 de outubro de 2017 e de 4 de junho a 11 de setembro de 2018, na região do Submédio do Vale do São Francisco.

Tratamentos: C1= ciclo de produção de 1 (junho a outubro de 2017); C2= ciclo de produção 2 (junho a setembro de 2018); M1= estágio de maturação 1 correspondente aos 38 dias após a frutificação (DAF), em C1, e aos 34 DAF, em C2; M2= estágio de maturação 2, correspondente aos 45 DAF, em C1, e 42 DAF, em C2; M3= estágio de maturação 3, correspondente aos 52 DAF, em C1, e aos 49 DAF, em C2; M4= estágio de maturação 4, correspondente aos 59 DAF, em C1, e aos 56 DAF em C2; M5= estágio de maturação 5, correspondente aos 66 DAF, em C1, e aos 63 DAF, em C2; M6= estágio de maturação 6 correspondente aos 73 DAF, em C1, e aos 70 DAF, em C2; P1= porta-enxerto 'IAC 313'; P2= porta-enxerto 'IAC 572'; P3= porta-enxerto 'IAC 766'; P4= porta-enxerto 'Freedom'; P5= porta-enxerto 'Harmony'; P6= porta-enxerto 'Paulsen 1103'.

Variáveis: TSS= teor de sólidos solúveis; AST= teor de açúcares solúveis totais; AT= acidez titulável; FLAV= flavonoides amarelos na casca; ANTOC= antocianinas totais na casca; PET= polifenóis extraíveis totais; ABTS= capacidade antioxidante pelo método de ABTS^{•+}; DPPH= capacidade antioxidante pelo método de DPPH[•].

4. Discussão

A massa dos cachos é uma das características fundamentais para definir a viabilidade da produção, pois está diretamente relacionada à produtividade da videira (Bascunán-Godoy et al., 2017). No ciclo 1, não foi verificada influência dos porta-enxertos, havendo apenas tendência de incremento na massa fresca do cacho ao longo da maturação, com leve declínio ao 59 DAF. Ao contrário do ciclo 1, no ciclo 2 foi constatado efeito isolado dos porta-enxertos e do tempo, com tendência de incremento crescente até o final da maturação. As videiras enxertadas no porta-enxerto 'IAC 572' apresentaram cachos maiores, diferindo apenas do 'Harmony'. O vigor conferido à copa pelos porta-enxertos é um fator fundamental na mudança dessas características (Bascunán-Godoy et al., 2017), porém, ainda não são muito claras as respostas fisiológicas e/ou bioquímicas decorrentes da interação entre copa e porta-enxerto. Além disso, deve-se considerar que a interação fisiológica entre ambos parece ser um fator mais responsivo que o efeito isolado do porta-enxerto sobre a copa.

As bagas de uva sofrem várias alterações fisiológicas e bioquímicas durante a maturação. Parte delas induz modificações na textura. Estas modificações podem ser identificadas por análises sensoriais, podendo indicar uma maturação textural paralela à maturidade fisiológica ou bioquímica que apoiam a identificação do período de colheita ideal (Giacosa et al., 2013). Para uvas destinadas à elaboração de suco, as bagas mais macias têm maior facilidade de execução da etapa de esmagamento, que permite a separação entre o suco e as partes sólidas da uva, durante o processamento (Soares et al., 2008). Entre os porta-enxertos, o 'IAC 766' conferiu bagas mais macias, no ciclo 1. Possivelmente, o vigor diferencial entre os porta-enxertos determinou essa resposta. O vigor conferido pelo porta-enxerto à cultivar copa pode influenciar a capacidade de absorção de água e nutrientes (da Silva et al., 2019). Por conseguinte, afeta a turgidez da baga. Trabalhos anteriores relataram que a espessura da casca de uva é uma ferramenta útil para prever a capacidade de extração de antocianinas da casca para o mosto. As cascas mais finas parecem ser caracterizadas por uma maior liberação de pigmentos vermelhos. Por outro lado, cascas mais duras têm cinética de extração mais rápidas das antocianinas (Río Segade et al., 2011; Rolle et al., 2012). Outro fator a ser considerado é que

diferenças observadas para resistência da baga à compressão, entre os ciclos avaliados podem estar relacionadas à maior atividade metabólica sob temperaturas mais elevadas (Lima; Choudhury, 2007). Acredita-se que as diferenças de cerca de 4,0°C na temperatura do ar, 1 h de insolação, associada à maior amplitude entre os valores, e de 100 ly dia⁻¹ de radiação entre os ciclos (Tabela 1) estimulam os processos fisiológicos que promovem o amaciamento dos tecidos, em especial a degradação de compostos da parede celular por ação enzimática (Ribeiro et al., 2012).

Os teores de SS observados em ambos os ciclos foram superiores aos encontrados por Mota et al. (2018) para as uvas 'Isabel Precoce', 'BRS Carmem', 'Bordo', 'BRS Violeta' e 'Concord Clone 30' também destinadas à elaboração de suco e cultivadas em clima tropical, sobre o porta-enxerto 'Paulsen 1103'. Este fato ratifica a 'BRS Magna' como uma cultivar promissora para a região do Submédio do Vale do São Francisco, sendo alternativa de alta qualidade e diferencial quando cultivada em clima semiárido tropical.

Comparando os dois ciclos, os maiores teores de SS foram acumulados durante o ciclo 2. Essa variação entre os ciclos de produção pode estar associada a diferenças de maior temperatura, radiação global e umidade relativa do ar verificada no ciclo 2 (Tabela 1), que podem promover maior acúmulo de açúcares nas bagas (Arrizabalaga et al., 2018). O teor de açúcares é uma grandeza relacionada à radiação solar acumulada. Assim, ciclos de produção mais extensos resultam em maior radiação solar acumulada e, conseqüentemente, maior teor de açúcares no fruto. Este é um fator determinante desta característica nos frutos. Neste estudo, a baixa precipitação e menor umidade relativa, no ciclo 2, possivelmente interferiram na concentração de solutos na baga, determinando maiores teores de SS. Segundo Ritschel et al. (2015), o teor de SS da cultivar BRS Magna é de 17-19 °Brix, em regiões de clima subtropical e temperado. No entanto, em climas tropicais, como o encontrado no Submédio do Vale do São Francisco, onde predominam altas temperaturas e insolação, o metabolismo da videira favorece o maior acúmulo de sólidos solúveis nas uvas (de Oliveira et al., 2018). Sob condições tropicais, Leão et al. (2018), avaliando as características físico-químicas das uvas 'BRS Magna' sobre o porta-enxerto 'IAC 572' e submetidas a dois tipos de poda, observaram 19,4 °Brix, quando se adotou poda com seleção de ramos laterais

na formação da planta, e 17,6 °Brix na poda sem seleção de ramos laterais. O elevado teor de açúcares na uva 'BRS Magna' pode ser um diferencial para a estrutura agroindustrial de produção de suco, uma vez que esta cultivar pode ser utilizada em cortes, intensificando a doçura e cor dos sucos provenientes de cultivares deficientes nestas características. Além disso, outro fator a ser considerado para o acúmulo de açúcares na baga é o vigor do porta-enxerto. Esse fator pode explicar as diferenças entre as uvas da cultivar copa nos aspectos de qualidade. Alguns autores argumentam que porta-enxertos vigorosos prolongam o período vegetativo e dessa forma retardam o acúmulo de açúcares nas bagas (Pongrácz, 1983). Esta característica pode explicar o menor acúmulo de açúcares nas uvas cultivadas sobre 'Paulsen 1103', porta-enxerto com alto vigor, no ciclo 1. Relação contrária foi verificada nas uvas cultivadas sobre 'Freedom', porta-enxerto com menor vigor, que acumulou maior quantidade de açúcares nas bagas.

Ao contrário dos açúcares, os teores de ácidos orgânicos na uva diminuem a partir do início da maturação em resposta, possivelmente, ao consumo no processo respiratório (Famiani et al., 2016). Ritschel et al. (2015) citaram que a AT média da uva 'BRS Magna' é de 0,90 g de ácido tartárico 100 mL⁻¹, em condições de clima temperado. Em regiões com temperaturas mais elevadas, como às do presente trabalho, a degradação dos ácidos é geralmente mais pronunciada, caracterizando frutos menos ácidos (Arrizabalaga et al., 2018). Em ambos os ciclos, a diminuição da AT foi regular para todos os porta-enxertos, tendendo à estabilização ao final da maturação, com poucas diferenças entre os tratamentos.

Para os teores de flavonoides amarelos, as diferenças entre os ciclos 1 e 2, possivelmente, podem estar ligadas a fatores como radiação solar incidente e temperatura. De acordo com a Tabela 1, o ciclo 2 foi caracterizado por maiores temperaturas e radiação solar incidente, ao longo da maturação. Este ciclo foi marcado por menores teores de flavonoides, o que pode estar associado à ação das altas temperaturas sobre a síntese e acúmulo desses pigmentos. Alguns estudos correlacionaram temperaturas elevadas à diminuição dos teores de flavonoides (Pastore et al., 2017; Hickey; Wolf, 2018). Outros estudos relataram que essa classe de compostos é mais regulada pela luz que pela temperatura (Chassy et al., 2015; Degu et al., 2016). Várias pesquisas mostraram que luz

intensa eleva a atividade de enzimas centrais do metabolismo dos flavonoides, como PAL (fenilalanina amônia-liase) e CHS (Chalcona sintase), e aumenta a acumulação destes compostos (Liu; Cheng, 2003). No entanto, sugere-se que este comportamento não foi verificado neste trabalho, em que elevada radiação solar e temperatura, possivelmente, ocasionaram menor conteúdo de flavonoides. Efeitos menores nos flavonóis foram encontrados quando os cachos de uvas 'Sangiovese', em estudo sob condições controladas, foram submetidos a elevadas temperaturas durante o período da noite. Quando os frutos foram submetidos a altas temperaturas durante o dia, mudanças na concentração foram frequentemente relatadas (Pastore et al., 2017). No geral, os flavonóis não parecem ser diretamente afetados por alta temperatura, mas sim indiretamente impactado por uma mudança no metabolismo primário que gera esqueleto de carbono para suprir o metabolismo secundário. Flavonóis são intermediários na via dos fenilpropanóides e mudanças na expressão dos genes compartilhados com os outros flavonóides poderiam explicar porque eles às vezes são afetados pela temperatura (Gouot et al., 2019).

Em resumo, o efeito da temperatura na biossíntese de flavonóides pode ser estudado em diferentes níveis: quantificação da expressão de genes que codificam enzimas centrais da rota dos fenilpropanóides (por exemplo, fenilalanina amônia-liase, chalcona sintase, chalcona isomerase, flavonoide 3-hidroxilase, dihidroflavonoide-4-reductase e leucoanthocyanidin dioxygenase); níveis de transcrição gênica relacionada a ramos específicos da via, como UFGT (flavonoide 3-O-Glucosyltransferase), ANR (antocianidina reductase), LAR (leucoantocianidina reductase) e FLS (flavonol sintase), e modificando genes como F3'5'H (flavonoid-3'5'-hydroxylase), MT (methyl transferase) e 3AT (3-aminotriazol), além do fator de transcrição MYB; ou atividade enzimática (Gouot et al., 2019). Contudo, a inter-relação entre os fatores luz e temperatura ainda não está bem elucidada a nível molecular. Considera-se, ainda, que diferenças entre genótipos e parâmetros de temperatura, como intensidade, duração e tempo, mostram que os resultados de pesquisa nem sempre estão de acordo com relatos anteriores da literatura.

Para a síntese de antocianinas, são reconhecidos os efeitos de altas temperaturas em estádios fenológicos específicos da videira. A síntese é desencadeada por volta do fim do estágio II/ início do estágio III de crescimento

sigmoidal duplo da baga. Nestes, a temperatura impactou diretamente a biossíntese destes pigmentos, pois, neste intervalo, todos os genes associados às antocianinas são altamente expressos e sensíveis a altas temperaturas (Lecourieux et al., 2017). Por outro lado, no período próximo a colheita, altas temperaturas não afetam a expressão dos genes ligados à biossíntese. Neste caso, os teores de antocianinas são afetados por degradação ou solubilização. Igualmente ao comportamento dos flavonoides em geral, a síntese e acúmulo particularmente das antocianinas também foi influenciada por altas temperaturas e taxas de radiação solar incidente observadas durante a maturação (Tabela 1). Ressalta-se que temperaturas acima dos 35 °C estão associadas à degradação das antocianinas (Arrizabalaga et al., 2018). Estudos sugerem que há uma combinação complexa da ativação de processos como inibição da atividade enzimática e ou regulação dos genes da via dos fenilpropanóides, que podem acontecer em conjunto ou isoladamente e influenciam a estabilização e degradação das antocianinas, sob altas temperaturas. Estes estudos confirmaram que a PAL respondeu às altas temperaturas nas quais sua atividade foi avaliada. No entanto, também foi ressaltada a heterogeneidade da atividade dessa enzima em função das diferentes cultivares de uvas analisadas. Por exemplo, em uvas 'Sangiovese', a expressão gênica e a atividade enzimática foram significativamente reprimidas por altas temperatura (Movahed et al., 2016; Pastore et al., 2017). No caso da uva 'BRS Magna', infere-se que, possivelmente, a expressão gênica relacionada a biossíntese de antocianinas foi influenciada por altas temperaturas.

Quanto à influência do porta-enxerto na biossíntese e conteúdo desses compostos, ainda não é compreendida. Pesquisas mostraram que a expressão de genes como *VviPAL3-like*, *VviCHS3*, *VviLAR2* e *VviUFGT*, relacionados à biossíntese de flavonoides em bagas da uva 'Cabernet Sauvignon' enxertada sobre o porta-enxerto 'M4' ocorreu antes e em maior intensidade que naquelas enxertadas sobre o 'Paulsen 1103', paralelamente ao aumento da pigmentação e do acúmulo de flavonoides na casca (Corso et al., 2016). Este fato caracteriza o efeito responsivo do porta-enxerto para esta característica.

Há poucos trabalhos avaliando o efeito de porta-enxertos na qualidade fenólica das uvas, sendo os vinhos os principais objetos de estudo nesse aspecto. Alguns autores afirmaram que porta-enxertos menos vigorosos tendem

a acumular mais compostos fenólicos. Essa consideração pode explicar as diferenças encontradas nas uvas da cultivar BRS Magna em função do porta-enxerto. O principal fator que explica as diferenças entre porta-enxertos está associado ao seu vigor, em conjunto com as temperaturas e a radiação solar prevaletentes no ciclo produtivo, conferindo exposição diferente das uvas ao sol (Martínez-Lüscher et al., 2014). As altas temperaturas e radiação solar proporcionaram grandes diferenças nos teores de antocianinas entre os ciclos estudados neste trabalho.

Estes resultados vão ao encontro da pressuposição de indução da composição fenólica, nas condições do Submédio do Vale do São Francisco, por meio da alta radiação solar local. Essas observações corroboram trabalhos que mostram alto teor desses compostos, em uvas destinadas à produção de suco (Padilha et al., 2017) e vinho (Andrade et al., 2013). No entanto, diferenças genéticas devem ser ressaltadas. Os conteúdos de antocianinas das uvas produzida no ciclo 1, desse estudo, foram maiores que os encontrados nos sucos de outras variedades de *Vitis labrusca* e híbridos (da Silva et al., 2019; da Silva et al., 2016). Além disso, são maiores que os teores de antocianinas de suco de uvas 'BRS Violeta', produzidas no Submédio do Vale do São Francisco e que tem sido considerada como interessante matéria-prima para elaboração de vinhos e sucos (Lima et al., 2014).

Determinados tratamentos aos quais a uva e o mosto são submetidos durante a produção do suco, tais como tipo de extração, tempo de contato entre o suco e as partes sólidas da uva, prensagem, tratamentos térmicos, tratamentos enzimáticos e adição de dióxido de enxofre e ácido tartárico, também interferem na quantidade destes compostos no suco pronto (Shahidi; Naczk, 1995). A extração a quente contribui para uma maior concentração de fenólicos no suco. Entretanto, o uso de altas temperaturas durante a extração, pasteurização e estocagem pode acarretar perdas na quantidade de compostos fenólicos, principalmente devido à degradação de antocianinas (Malacrida; Motta, 2005).

Assim, a 'BRS Magna' é uma cultivar com alto potencial de cor e sabor para a produção de suco e vinho no Brasil. Ademais, o conhecimento do potencial antioxidante é de grande importância, considerando a demanda de pesquisa por cultivares destinadas à produção de suco com alto padrão de compostos bioativos, visando à valorização do produto final. Levando em

consideração que diferenças entre os ciclos foram destacadas no presente estudo e, tendo em vista as altas temperaturas, que estão associadas à alta radiação, no Submédio do Vale do São Francisco, é esperado que no segundo semestre as condições sejam favoráveis ao acúmulo de polifenóis, desde que elas não superem os limites fisiológicos da videira, resultando em danos aos sistemas enzimáticos.

De acordo com os dados deste trabalho, as uvas mais ricas em compostos fenólicos possuíram também maior poder antioxidante. Esta associação foi observada por outros autores, tanto em uvas como em sucos e vinhos (da Silva et al., 2016; Xu et al., 2011). A alta CAT das uvas 'BRS Magna' em relação a outras tradicionalmente utilizadas no Brasil para elaboração de sucos ('Isabel', 'Bordô' e 'Concord') está sendo recentemente documentada. A capacidade antioxidante, pelo método de DPPH, das uvas 'Isabel', 'Bordô', IAC 138-22 'Máximo' e 'BRS Violeta' foi analisada por da Silva et al. (2017), que relataram valores de 2,12; 5,49; 6,54 e 7,51 mg g⁻¹, respectivamente. Também, a CAT da uva 'Isabel Precoce' e das bebidas elaboradas com ela foram consideradas baixas em relação às cultivares citadas (Lima et al., 2014; da Silva et al., 2016).

No geral, foram obtidas correlações significativas entre os compostos fenólicos e a atividade antioxidante determinada pelos métodos DPPH e ABTS, o que também foi observado por Burin et al. (2014), em uvas *V. vinifera* e *V. labrusca*. Altos valores de correlação foram verificados entre antocianinas e flavonoides com ABTS e polifenóis, caracterizando a contribuição desses compostos fenólicos na capacidade antioxidante. Isso sugere que os compostos fenólicos presentes na 'BRS Magna' possuem alta capacidade de sequestro de radicais livres e, por isso, são fontes importantes de agentes antioxidantes primários, de grande importância para a indústria de alimentos, especialmente a de produção de suco. Da Silva et al. (2017) relataram correlação positiva significativa entre antocianinas totais com compostos fenólicos totais e com atividade antioxidante pelo método DPPH, em uvas tintas, dentre elas 'Isabel', 'BRS Violeta' e 'IAC 138-22 - Máximo'. Nesse contexto, para a 'BRS Magna', a alta correlação verificada entre compostos fenólicos totais e resultados de capacidade antioxidante evidencia as propriedades biológicas desta cultivar, responsáveis pelos efeitos benéficos para a saúde do consumidor.

O CP1, da análise de componentes principais, indica que as uvas em

estádios de maturação mais avançados apresentaram maiores CAT pelo método ABTS, teor de polifenóis, teor de sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, flavonoides e antocianinas. Essa constatação corrobora com os resultados de correlação desse trabalho (Figura 5), em que polifenóis, antocianinas e flavonoides tiveram grande contribuição para a capacidade antioxidante, principalmente em uvas em estádios de maturação mais avançados. Este fato caracteriza o aproveitamento máximo dos componentes de qualidade, evidenciando as propriedades biológicas responsáveis por efeitos benéficos à saúde do consumidor.

O CP1 ainda separou as uvas em estágio inicial de maturação, caracterizando uvas com maior AT e menor CAT medida por DPPH. Esses atributos corroboram com os eventos desencadeados no início da maturação, quando as bagas apresentam tamanho pequeno, consistência firme e elevada acidez da polpa (Keller et al., 2010).

Em função das variáveis analisadas, ressalta-se que o conhecimento dos atributos físicos, englobando rendimento, e variáveis químicas, que caracterizam o sabor e a conformidade aos mercados de uva fresca ou processada, permitem enfatizar aqueles que podem ser específicos de uma região, proporcionando a tipicidade de um produto que pode ser comercializado com diferencial na qualidade.

5. Conclusões

As condições climáticas entre os ciclos diferenciaram variações em alguns compostos associados à qualidade durante a maturação da uva 'BRS Magna' produzida no Submédio do Vale do São Francisco, como massa da baga e do cacho, teor de sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, acidez titulável, resistência da baga à força de compressão, flavonoides e antocianinas.

As variáveis resistência da baga à força de compressão e acidez titulável podem ser recomendadas como indicadores do ponto de colheita apropriado, em ciclos produtivos do segundo semestre, pela estabilidade de respostas.

O ciclo 1 foi marcado por teores elevados de antocianinas, sendo o porta-enxerto 'IAC 766' o que propiciou acúmulo deste pigmento ao longo da maturação.

Os porta-enxertos 'IAC 572' e 'Freedom' acumularam maior teor de açúcares em ambos os ciclos. Porém, o primeiro mostrou-se mais vantajoso por conferir maior capacidade antioxidante na uva 'BRS Magna', em ambos os ciclos, independentemente do método utilizado.

O período ideal de colheita da uva 'BRS Magna' nas condições do Submédio do Vale do São Francisco foi entre os 63-68 dias após a frutificação, para ambos os ciclos.

6. Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos à primeira autora, e à Embrapa Semiárido, pela infraestrutura de trabalho e apoio financeiro.

7. Referências

- Andrade, R.H.S. de, Nascimento, L.S. do, Pereira, G.E., Hallwass, F., Paim, A.P.S., 2013. Anthocyanic composition of Brazilian red wines and use of HPLC-UV-Vis associated to chemometrics to distinguish wines from different regions. *Microchemical Journal*. 110, 56-262.
- Arrizabalaga, M., Morales, F, Oyarzun, M., Delrot, S., Gomès, E., Irigoyen, J.J., Hilbert G., Pascual, I., 2018. Tempranillo clones differ in the response of berry sugar and anthocyanin accumulation to elevated temperature. *Plant Science*. 267, 74-83.
- Association of Official Agricultural Chemists. 2010. Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists. Gaithersburg: AOAC 18 (3).
- Bascuñán-Godoy, L., Franck, N., Zamorano, D., Sanhueza, C., Carvajal, D. E., Ibacache, A. 2017. Rootstock effect on irrigated grapevine yield under arid climate conditions are explained by changes in traits related to light absorption of the scion. *Scientia horticultrae*, 218, 284-292.
- Borghezan, M. 2017. Formação e maturação da uva e os efeitos sobre os vinhos: Revisão. *Ciência e Técnica Vitivinícola*. 32, 126-141.

- Burin, V. M., Ferreira-Lima, N. E., Panceri, C. P., Bordignon-Luiz, M. T. 2014. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: evaluation of different extraction methods. *Microchemical Journal*. 114, 155-163.
- Brasil, Embrapa Semiárido. 2015. Médias Anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S, 40°22'W). Período 1975-2014. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>>. [Accessed Jan 1, 2019.]
- Brasil. Ministério da Agricultura. 1973. Levantamento exploratório–reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife: SUDENE (Boletim Técnico, 26).
- Corso, M.; Vannozzi, A., Ziliotto, F., Zouine, M., Maza, E., Nicolato, T., Müller, M. 2016. Grapevine rootstocks differentially affect the rate of ripening and modulate auxin-related genes in Cabernet Sauvignon berries. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1–14.
- Chassy, A.W., Bueschl, C., Lee, H., Lerno, L., Oberholster A., Barile D., Schuhmacher R., Waterhouse A.L. 2015. Tracing flavonoid degradation in grapes by MS filtering with stable isotopes. *Food Chemistry*. 166, 448-455.
- Da Silva, M. J. R., Vedoato, B. T. I. F., Lima, G. P. P., Moura, M. F., Coser, G. M. D. A. G., Watanabe, C. Y., Tecchio, M. A. 2017. Phenolic compounds and antioxidant activity of red and white grapes on different rootstocks. *African Journal of Biotechnology*. 16, 664-671.
- Da Silva, M. J. R., da Silva Padilha, C. V., dos Santos Lima, M., Pereira, G. E., Venturini Filho, W. G., Moura, M. F., Tecchio, M. A. 2019. Grape juices produced from new hybrid varieties grown on Brazilian rootstocks-bioactive compounds, organic acids and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 289, 714-722.
- Da Silva, J. K., Cazarin, C. B. B., Correa, L. C., Batista, Â. G., Furlan, C. P. B., Biasoto, A. C. T., Marostica Junior, M. R. 2016. Bioactive compounds of juices from two Brazilian grape cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 96, 1190-1996.

- De Oliveira, J. B.; Faria, D. L.; Duarte, D. F.; Egipto, R.; Laureano, O.; de Castro, R.; Ricardo-da-Silva, J. M. 2018. Effect of the harvest season on phenolic composition and oenological parameters of grapes and wines cv. 'Touriga Nacional' (*Vitis vinifera* L.) produced under tropical semi-arid climate, in the state of Pernambuco, Brazil. *Ciência e Técnica Vitivinícola* 33: 145-166.
- Degu, A., Ayenew, B., Cramer, G.R., Fait, A., 2016. Polyphenolic responses of grapevine berries to light, temperature, oxidative stress, abscisic acid and jasmonic acid show specific developmental-dependent degrees of metabolic resilience to perturbation. *Food Chemistry*. 212, 828–836.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013, 353 p.
- Embrapa Semiárido. 2015. Médias Anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S, 40°22'W). Período 1975-2014. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/cebanual.html> (Acessado em 5 jan. 2018).
- Embrapa Semiárido. Médias anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro. Petrolina, 2017. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>. Acessado em: 9 de janeiro de 2018.
- Embrapa Semiárido. Médias anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro. Petrolina, 2018. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>. Acessado em: 3 de janeiro de 2019.
- Famiani, F., Farinelli, D., Frioni, T., Palliotti, A., Battistelli, A., Moscatello, S., Walker, R. P., 2016. Malate as substrate for catabolism and gluconeogenesis during ripening in the pericarp of different grape cultivars. *Biologia Plantarum*. 60, 155-162.
- Francis, F.J., 1982. Analysis of anthocyanins. *In*: Markakis, P. (Ed.). *Anthocyanins as food colors*. New York: Academic Press. 181-207.
- Giacosa, S., Torchio, F., Segade, S. R., Gaiotti, F., Tomasi, D., Lovat, L., Rolle, L. 2013. Physico-mechanical evaluation of the aptitude of berries of red wine grape varieties to resist the compression in carbonic maceration vinification. *International Journal of Food Science & Technology*. 48, 817-825.

- Gouot, J. C., Smith, J. P., Holzappel, B. P., Walker, A. R., Barril, C. 2019. Grape berry flavonoids: a review of their biochemical responses to high and extreme high temperatures. *Journal of experimental botany*. 70, 397-423.
- Hickey, C. C., Wolf, T. K. 2018. Leaf Removal Effects on Cabernet franc and Petit Verdot. I. Crop Yield Components and Primary Fruit Composition. *American Journal of Enology and Viticulture*. 69, 221-230.
- Keller M., 2010. *The Science of grapevines. Anatomy and Physiology*. 368p. Elsevier, Academic Press, Burlington.
- Larrauri, J.A., Rupérez, P., Saura-Calixto, F., 1997. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 5, 1390-1393.
- Leão, P. C. D. S., Rego, J. I. D. S., Nascimento, J. H. B., Souza, E. M. D. C. 2018. Yield and physicochemical characteristics of 'BRS Magna' and 'Isabel Precoce' grapes influenced by pruning in the São Francisco river valley. *Ciência Rural*. 48, 1-6.
- Lecourieux, F., Kappel, C., Pieri, P., Charon, J., Pillet, J., Hilbert, G., Renaud, C., Gomès E., Delrot, S., Lecourieux, D., 2017. Dissecting the biochemical and transcriptomic effects of a locally applied heat treatment on developing cabernet sauvignon grape berries. *Frontiers in Plant Science*. 8, 53.
- Li, M., Guo, Z., Jia, N., Yuan, J., Han, B., Yin, Y., Zhao, S. 2019. Evaluation of eight rootstocks on the growth and berry quality of 'Marselan' grapevines. *Scientia Horticulturae*. 248, 58-61.
- Lima, M. A. C. de; Guerra, C. C. 2018. Colheita e pós-colheita. In: Motoike, S.; Borém, A. (Org.). *Uva: do plantio à colheita*. Viçosa: UFV, p. 163-185.
- Lima, M. dos S., Silani, I. D. S. V., Toaldo, I. M., Corrêa, L. C., Biasoto, A. C. T., Pereira, G. E., Ninow, J. L. 2014. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. *Food Chemistry*. 161, 94–103.
- Lima, M.A.C. de; Choudhury, M.M. Características dos cachos de uva. In: LIMA, M.A.C. de (Ed.). *Uva de mesa: pós-colheita*. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. p.21-30. (Série frutas do Brasil, 12).
- Liu W, Cheng S (2003). Effects of the light and mechanical hurt on PAL activities in Ginkgo biloba leaf. *Hubei Agricultural Sciences*. 3, 73-75.

- Loureiro, M. D., Moreno-Sanz, P., García, A., Fernández, O., Fernández, N., Suárez, B. 2016. Influence of rootstock on the performance of the Albarin Negro minority grapevine cultivar. *Scientia Horticulturae*. 201, 145-152.
- Malacrida, C. R., Motta, S. D. 2005. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 25, 659-664.
- Martinez-Lüscher, J., Torres, N., Hilbert, G., Richard, T., Sánchez-Dias, M., Delrot, S., Aguirreolea, J., Pascual, I., Gomes, E. 2014. Ultraviolet-B radiation modifies the quantitative and qualitative profile of flavonoids and amino acids in grape berries. *Phytochemistry, Amsterdam*. 102, 106-114.
- Mello, L. M. R. de. *Vitivinicultura brasileira: panorama 2015*. Embrapa Uva e Vinho: Bento Gonçalves, RS (Comunicado Técnico 191), 2016.
- Miller, N.J., Diplock, A.T., Rice-Evans, C., Davies, M.J., Gopinathan, V., Milner, A. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*. 84, 407-412.
- Mota, R.V.D., Glória, M.B.A., Souza, B.S.D., Peregrino, I., Pimentel, R.M.D.A., Dias, F.A.N., Regina, M.D.A. 2018. Bioactive compounds and juice quality from selected grape cultivars. *Bragantia*. 77, 62-73.
- Movahed, N., Pastore, C., Cellini, A., Allegro, G., Valentini, G., Zenoni, S., Cavallini, E, D'Incà E, Tornielli GB, Filippetti I. 2016. The grapevine VviPrx31 peroxidase as a candidate gene involved in anthocyanin degradation in ripening berries under high temperature. *Journal of Plant Research* 129, 513–526.
- OIV. International Organization of Vine and Wine. 2017. Database and Statistics. Available from: <<http://www.oiv.int/>>. Accessed em: Março. 17, 2019.
- Padilha, C.V.S., Miskinis, G.A., Souza, M.E.A.O. de, Pereira, G.E., Oliveira, D. de, Bordignon-Luiz, M.T., Lima, M.S., 2017. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. *Food Chemistry, Amsterdam*. 228, 106-115.
- Pastore, C., Dal Santo, S., Zenoni, S., Movahed, N., Allegro, G., Valentini, G., Filippetti I., Tornielli, G.B. 2017. Whole plant temperature manipulation affects flavonoid metabolism and the transcriptome of grapevine berries. *Frontiers in Plant Science*. 8, 929.

- Pedro Júnior, M. J., Hernandez, J. L., Constantino Blain, G., Bardin-Camparotto, L. 2014. Curva de maturação e estimativa do teor de sólidos solúveis e acidez total em função de graus-dia: Uva IAC 138-22 'Máximo'. *Bragantia*. 73, 81-85.
- Pongrácz, D. P. *Rootstocks for grapevines*. Cape Town: David Philip, 1983.
- Ribeiro, T. P., de Lima, M. A. C., Alves, R. E. 2012. Maturação e qualidade de uvas para suco em condições tropicais, nos primeiros ciclos de produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 47, 1057-1065.
- Río Segade, S., Giacosa, S., Gerbi, V., Rolle, L. 2011. Berry skin thickness as main texture parameter to predict anthocyanin extractability in winegrapes. *LWT Food Science and Technology*. 44, 392–398.
- Ritschel, P. S., Girardi, C. L., Zanus, M. C., Fajardo, T. V. M., Maia, J. D. G., Souza, R. T., Camargo, U. A. 2015. Novel Brazilian grape cultivars. *Acta Horticulturae*. 1082, 157-163.
- Rolle, L., Torchio, F., Ferrandino, A. Guidoni, S. 2012. Influence of wine-grape skin hardness on anthocyanin extraction kinetic. *International Journal of Food Properties*, 15, 249–261.
- Rufino, M. do S.M., Alves, R.E., Brito, E.S. de, J. Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., Mancini-Filho, J., 2010. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*. 121, 996–1002.
- Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J.A., Saura-Calixto, F., 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture, London*. 76, 270-276.
- Soares, M., Welter, L., Kuskoski, E.M., Gonzaga, L., Fett, R. 2008. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30, 59-64.
- Shahidi, F.; Naczk, M. *Food Phenolics: sources, chemistry, effects and applications*. Lancaster: Technomic, 1995, 331 p.
- Tonietto J., Ruiz V. S., Gómez-Miguel, V. D., 2012. *Clima, Zonificación y Tipicidad del Vino en Regiones Vitivinícolas Iberoamericanas*. CYTED, Madrid. 411.
- Yemn, E. W.; Willis, A. J. 1954. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*. 57, 504-514.

Xu, C., Zhang, Y., Zhu, L., Huang, Y., Lu, J. 2011. Influence of Growing Season on Phenolic Compounds and Antioxidant Properties of Grape Berries from Vines Grown in Subtropical Climate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59, 1078-1086.

CAPÍTULO IV: Artigo Científico

ASSOCIAÇÃO DO PORTA-ENXERTO E ÉPOCA DE PRODUÇÃO AFETA A QUALIDADE DA UVA 'BRS MAGNA' EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO SOB CONDIÇÕES TROPICAIS

Artigo formatado conforme normas da Anais da Academia Brasileira de Ciências

ISSN: 1678-2690

Fator de impacto: 0.956

ASSOCIAÇÃO DO PORTA-ENXERTO E ÉPOCA DE PRODUÇÃO AFETA A QUALIDADE DA UVA ‘BRS MAGNA’ EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO SOB CONDIÇÕES TROPICAIS

RESUMO

Diversos fatores exercem influência sobre a composição da uva, que refletirão na qualidade do suco. O objetivo deste trabalho foi reconhecer porta-enxertos que, ao longo de ciclos sucessivos de produção, favoreçam a qualidade tecnológica e o potencial antioxidante das uvas da videira ‘BRS Magna’ em três estádios de maturação, em condições tropicais. O experimento foi realizado em Petrolina, Pernambuco, Brasil, nos ciclos de produção de 9 de janeiro de 2017 a 17 de abril de 2017, 21 de junho a 2 de outubro de 2017, 27 de dezembro de 2017 a 02 de abril de 2018 e 4 de junho a 11 de setembro de 2018. Os cachos foram coletados no início da maturação das uvas; em estágio intermediário; e na ocasião da colheita comercial, correspondendo aos 49, 61 e 68 dias após a frutificação (DAF), para o primeiro ciclo; 38, 52 e 73 DAF, para o segundo; 35, 48 e 66 DAF, no terceiro; e, 34, 49 e 70 DAF, no quarto ciclo estudado. Em função das condições climáticas evidenciadas no ciclo de primeiro semestre de 2017, as uvas apresentaram qualidade, composição fenólica e capacidade antioxidante diferentes em relação àquelas cultivadas nos demais ciclos de produção. Ferramentas de análise multivariada confirmaram que uvas em estágio de maturação mais avançado apresentaram maiores teores de compostos bioativos que refletiram na maior capacidade antioxidante. Os porta-enxertos ‘IAC 572’ e ‘Freedom’ destacaram-se por reunir as melhores características de qualidade em safras específicas.

Palavras-chaves: compostos bioativos, manejo da videira, uvas híbridas, vitivinicultura tropical.

ABSTRACT

Several factors influence the composition of grapes, which will reflect on the quality of the juice. The objective of this study was to recognize rootstocks that, along successive production cycles, favor the technological quality and antioxidant potential of 'BRS Magna' grapes in three maturity stages under tropical conditions. The experiment was carried out in Petrolina, Pernambuco State, Brazil, during the production cycles from January 9, 2017 to April 17, 2017; June 21 to October 2, 2017; December 27, 2017 to April 2, 2018 and June 4 to September 11, 2018. The clusters were collected at the beginning of maturation of the grapes; in intermediate maturity stage; and at the commercial harvest time, corresponding to 49, 61 and 68 days after fruit set (DAF), for the first cycle; 38, 52 and 73 DAF for the second; 35, 48 and 66 DAF in the third; and, 34, 49 and 70 DAF, in the fourth cycle studied. Due to the climatic conditions evidenced in the cycle of the first half of 2017, the grapes presented differential quality, phenolic composition and antioxidant capacity in relation to those grown in other production cycles. Multivariate analysis tools confirmed that grapes at more advanced maturity stage had higher levels of bioactive compounds that reflected in higher antioxidant capacity. 'IAC 572' and 'Freedom' rootstocks stand out for bringing together the best quality characteristics in specific productive cycles.

Key-words: bioactive compounds, grapevine management, hybrid grapes, tropical vitiviniculture.

INTRODUÇÃO

O panorama da viticultura mundial está em constante mudança e isso se torna evidente pelas novas regiões vitícolas, que estão produzindo sucos e vinhos de qualidade (SILVA et al., 2009). Nesse ponto de vista, o Brasil possui condição favorável para o estabelecimento de novos polos vitivinícolas em diferentes regiões climáticas, incluindo zonas temperadas, tropicais e subtropicais. O Estado do Rio Grande do Sul, na região Sul do Brasil, é responsável por 90% do abastecimento nacional da bebida, tendo elaborado 125,4 milhões de litros de sucos prontos para consumo e 31 milhões de quilos de suco concentrado na safra 2017/2018. Os 10% restantes estão sendo elaborados nos estados de Santa Catarina, Mato Grosso, Bahia, Paraná, São Paulo e Pernambuco (Mello, 2017). Na região Nordeste do país, o cultivo de uvas para a produção de suco ganhou espaço no Submédio do Vale do São Francisco, que apresenta clima tropical semiárido. Cultivares voltadas à elaboração de sucos posicionaram essa região como polo produtor de uvas para bebidas de alta qualidade, ao lado da Serra Gaúcha, no Sul do Brasil.

Caracterizada por altas temperaturas e radiação solar bem como disponibilidade de água para irrigação, o Submédio do Vale do São Francisco pode proporcionar duas safras por ano (de Oliveira et al. 2018). Porém, as uvas podem apresentar diferenças na composição química, qualidade e tipicidade, em função das condições climáticas desde a fase de desenvolvimento até a colheita (da Silva et al. 2018).

Juntamente com a cultivar Isabel Precoce, que lidera a produção de suco no Brasil, os híbridos BRS Cora, BRS Violeta e BRS Magna compõem a base da bebida de alta qualidade produzida no Submédio do Vale do São Francisco. A cultivar BRS Magna, cujo cultivo está em expansão nessa região, foi lançada pelo programa de melhoramento genético na Embrapa. Tem boa produtividade, podendo atingir 60 ton ha⁻¹, em duas safras, geralmente, no primeiro e segundo semestre do ano. Ainda, essa cultivar foi lançada como alternativa para melhorar a cor, doçura e sabor dos sucos de uva brasileiros. Possui teor de açúcares de 17-19 °Brix e acidez titulável média de 90 meq.L⁻¹, podendo ser usada pura ou em corte com sucos de outras cultivares (Ritschel et al. 2014).

O crescente interesse e boa aceitação de sucos de uva estão relacionados aos benefícios à saúde, devido à atividade biológica dos compostos fenólicos presentes, inclusive antioxidante, cardioprotetora, propriedades anticancerígenas, anti-inflamatórias e antimicrobianas (Granato et al., 2016). As características bioativas do suco são especialmente dependentes da uva utilizada em sua elaboração, sendo que cada cultivar

tem uma composição fenólica característica. No entanto, a concentração desses compostos pode variar dependendo de fatores como espécie, sistema de condução, porta-enxerto utilizado, condições climáticas da região e estágio de maturação da uva na colheita (da Silva et al. 2019; de Oliveira et al. 2018; Hickey; Wolf, 2018; Jedyi et al. 2019; Pedro Júnior et al. 2018). Pesquisas apontam que a interação entre porta-enxerto e a cultivar copa pode influenciar a qualidade, direcionando a diferentes perfis fenólicos nas uvas e, conseqüentemente, em seus sucos e vinhos (da Silva et al. 2018; da Silva et al. 2019; Li et al. 2019; Gutiérrez-Gamboa et al. 2019).

Considerando a complexidade das interações entre os fatores que influenciam a qualidade, o emprego de ferramentas de análise multivariada é necessário, uma vez que proporciona a predição das relações entre características avaliadas e pode gerar conclusões mais claras que permitam potencializar a composição química desejável nas uvas e no produto final. Estas informações contribuiriam para maior competitividade dessa atividade.

O objetivo deste trabalho foi reconhecer porta-enxertos que, ao longo de ciclos sucessivos de produção, favoreçam a qualidade tecnológica e o potencial antioxidante das uvas da videira ‘BRS Magna’ em três estágios de maturação, em condições tropicais.

MATERIAL E MÉTODOS

LOCAL DE EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi realizada durante quatro ciclos produtivos, sendo dois referentes ao primeiro semestre e dois ao segundo semestre dos anos de 2017 e 2018, no Campo Experimental de Bebedouro, em solo do tipo Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico plúntico (Embrapa, 2013), textura média/argilosa e de relevo plano, na Embrapa Semiárido (09°09'S, 40°22'O, 365 m de altitude), em Petrolina, estado de Pernambuco, Brasil. O município está em região cujo clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h (BRASIL, 1973), com temperatura média de 26,2 °C ± 0,9; umidade relativa do ar de 64% ± 6; precipitação de 550 mm ± 182; brilho solar de 7,5 horas ± 1,1; radiação solar global de 38,21 MJ.m⁻² dia⁻¹ ± 32,3; evaporação do tanque classe A de 7,3 mm dia⁻¹ ± 0,6; e velocidade do ar de 190,4 Km dia⁻¹ ± 27,2 (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2015).

Os dados meteorológicos no período do estudo foram registrados por uma estação meteorológica disposta no local do experimento e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados meteorológicos mensais do Campo Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido, referentes aos quatro ciclos produtivos avaliados, desde a poda até a colheita da videira ‘BRS Magna’.

Período (mês/ano)	T (°C)			UR (%)	Rad. (MJ.m ² .dia ¹)	Vv (m.s ⁻¹)	Precip. (mm)	ET0 (mm.dia ¹)
	Máx.	Med.	Mín.					
Ciclo de produção de janeiro a abril de 2017								
jan/17	36,0	29,3	23,4	45,1	18,2	2,4	10,0	6,3
fev/17	35,8	29,1	23,4	54,0	19,8	2,0	24,0	5,8
mar/17	34,2	28,8	22,6	57,6	19,8	1,8	6,0	5,5
abr/17	32,7	28,0	21,9	62,0	17,4	2,4	3,0	5,4
Média	34,7	28,8	22,8	54,7	18,8	2,1	10,8	5,7
Ciclo de produção de junho a outubro de 2017								
jun/17	30,4	24,2	18,8	74,1	15,7	2,4	9,0	4,2
jul/17	28,4	22,9	17,6	69,0	15,1	3,2	5,0	4,4
ago/17	31,8	25,1	19,1	64,7	21,5	2,7	1,0	5,7
set/17	30,7	24,1	18,5	68,7	20,2	3,5	12,0	6,0
out/17	34,9	27,8	21,7	65,6	25,3	3,5	0,0	7,6
Média	31,2	24,8	19,1	68,4	19,6	3,1	5,4	5,6
Ciclo de produção de dezembro a abril de 2018								
dez/17	36,1	29,3	24,0	59,7	25,7	1,9	20,0	6,5
jan/18	35,0	28,3	23,3	65,1	23,7	2,0	43,0	6,0
fev/18	33,7	27,3	23,1	80,0	21,5	1,2	66,0	4,9
mar/18	34,1	27,5	22,9	81,2	22,9	0,9	109,0	4,8
abr/18	32,2	26,2	21,6	79,3	20,6	1,1	101,0	4,3
Média	34,2	27,7	22,9	73,0	22,8	1,4	67,8	5,3
Ciclo de produção de junho a setembro de 2018								
jun/18	32,4	25,4	19,4	72,6	19,0	2,2	1,0	4,6
jul/18	31,8	25,0	18,9	66,3	20,0	2,4	0	4,9
ago/18	33,3	26,0	19,5	61,7	23,6	2,5	0	5,9
set/18	34,8	27,6	21,1	56,7	26,0	2,7	0	6,9
Média	33,1	26,0	19,7	64,3	22,2	2,5	0,3	5,6

T. Méd. = Temperatura média; T. Máx. = Temperatura máxima; T. Mín. = Temperatura mínima; UR = Umidade relativa média do ar; Rad. = Radiação solar global; Vv = Velocidade do vento à altura de 2.0 m; Precip. = Precipitação pluviométrica acumulada; ET0= Evapotranspiração de referência.

Fonte: Estação Agrometeorológica do Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina, PE - Embrapa Semiárido (2017, 2018)

CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

O vinhedo da cultivar BRS Magna foi implantado em agosto de 2014 com plantas conduzidas em latada, em espaçamento 4 x 2 m e irrigadas por gotejamento. Foram estudados quatro ciclos de produção, desde a poda de produção até a colheita: 9 de janeiro de 2017 a 17 de abril de 2017; 21 de junho a 2 de outubro de 2017; 27 de dezembro de 2017 a 02 de abril de 2018; e 4 de junho a 11 de setembro de 2018. A plena frutificação ocorreu em 8 de fevereiro de 2017, no primeiro ciclo; 21 de julho de 2017, no segundo; 27 de janeiro de 2018, no terceiro; e 3 de julho de 2018, no quarto ciclo estudado.

TRATAMENTOS

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas no tempo. A parcela principal foi constituída pelos porta-enxertos 'IAC 313', 'IAC 572', 'IAC 766', 'Paulsen 1103', 'Harmony' e 'Freedom' e a subparcela correspondeu à idade dos frutos (relacionada aos estádios de maturação). Os cachos foram coletados no início da maturação das uvas (M1), reconhecida pela mudança de cor das bagas e início de amaciamento; em estágio intermediário (M2); e na ocasião da colheita (M3). As colheitas corresponderam aos 49, 61 e 68 dias após a frutificação (DAF), para o primeiro ciclo; 38, 52 e 73 DAF, para o segundo; 35, 48 e 66 DAF, no terceiro; e 34, 49 e 70 DAF, no quarto ciclo estudado.

Foram adotadas quatro repetições, cada uma com seis plantas por parcela, de onde foram colhidos cinco cachos, em cada coleta.

CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO MOSTO

As características químicas das uvas foram avaliadas pela determinação da acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), de açúcares solúveis totais (AST), de antocianinas totais (ANT), de flavonoides amarelos (FLA), de polifenóis extraíveis totais (PET) e capacidade antioxidante total (CAT).

A AT (g de ácido tartárico 100 mL⁻¹) foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N, até a neutralização (AOAC, 2010), em titulador automático digital Metrohm, modelo Tritino Plus 848 (Switzerland, Suíça). O teor de SS (%) foi obtido por meio da leitura do mosto (AOAC, 2010), em refratômetro portátil digital com compensação de temperatura (ATAGO, modelo PAL-1, Zhejiang, China). Os teores de AST (g 100 g⁻¹) foram quantificados com o reagente antrona e leituras em espectrofotômetro (Varian, Carry 50 Bio UV-Vis (Mulgrave VIC, Australia), a 620 nm (Yemn; Willis, 1954).

Os teores de ANT e de FLA ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) foram quantificados na casca das uvas em solução de álcool etílico a 95% – HCl 1,5 N (85:15), com leituras em espectrofotômetro UV-Vis (Varian, modelo Carry 50 Bio UV-Vis, Mulgrave VIC, Australia), a 535 nm e 374 nm, respectivamente (Francis, 1982). O doseamento dos teores de PET ($\text{mg ácido gálico } 100\text{g}^{-1}$) foi feito a partir de extratos da casca triturada e polpa macerada em solução de metanol a 50% e acetona a 70%. Os reagentes Folin-Ciocalteu e carbonato de sódio a 20% foram usados para quantificação em espectrofotômetro (Varian, Carry 50 Bio UV-Vis, Mulgrave VIC, Australia), a 700 nm (Larrauri et al. 1997).

A CAT foi determinada, a partir do mesmo extrato usado para a quantificação dos teores de PET, pelos métodos da captura dos radicais livres DPPH[•] (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) e ABTS^{•+} (2,2'-azino-bis 3-etilbenzeno-tiazolina-6-ácido sulfônico), com o objetivo de aumentar a confiabilidade aos dados visto que diferenças nos mecanismos reativos e sensibilidade, por exemplo, entre os métodos podem subestimar ou superestimar dada resposta. O método de captura do radical livre ABTS, expresso em $\mu\text{M Trolox } \text{g}^{-1}$, seguiu recomendações de Miller et al. (1993), com as adaptações propostas por Rufino et al. (2010). Alíquotas das amostras diluídas foram adicionadas ao radical ABTS^{•+} ($0,700 \text{ nm} \pm 0,05$), sendo a absorbância lida a 734 nm. O método da captura do radical livre DPPH ($\text{g fruta } \text{g}^{-1} \text{ DPPH}$), de acordo com Sanchez-Moreno et al. (1998) e adaptações sugeridas por Rufino et al. (2010), acrescentou alíquotas do extrato à solução de DPPH[•] 0,06 mM para leituras em espectrofotômetro UV-Vis (Varian, modelo Carry 50 Bio, UV-Vis, Mulgrave VIC, Australia), a 515 nm.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada análise de correlação linear pelo coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas, com os dados de todos os ciclos de produção, estádios de maturação e porta-enxertos. A significância de r foi avaliada pelo teste t ($p \leq 0,05$), utilizando-se o programa estatístico XLSTAT.

A fim de verificar o agrupamento das respostas das combinações dos quatro ciclos de produção, três estádios de maturação e seis porta-enxertos, a análise de componentes principais (ACP), também foi realizada para todas as variáveis, com o software JMP 10 (SAS).

Análise hierárquica (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean - UPGMA) foi realizada para cada estágio de maturação separadamente, caracterizando os ciclos de produção e os porta-enxertos similares e ou diferenciados. Para isto, utilizou-se

a distância de Mahalanobis entre os pares, identificando-se as dissimilaridades em dendrogramas. O programa estatístico adotado foi o Genes. Além disso, foi realizado o ranqueamento das variáveis associadas ao potencial bioativo (ANT, FLAV, PET, ABTS e DPPH) com o objetivo de identificar as combinações de tratamentos que mais favoreceram o conjunto dessas variáveis. Foi usado o índice de soma de *ranks* ou soma de postos, proposto por Mulamba e Mock (1978), para identificação das 20% melhores combinações de tratamentos. O procedimento foi executado usando o software Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de correlação foi verificado que os teores de sólidos solúveis (SS) e de açúcares solúveis totais (AST) estão correlacionados positivamente com os compostos bioativos antocianinas, flavonoides e PET, bem como com a capacidade antioxidante total (CAT), tanto pelo método ABTS quanto DPPH (Tabela 2). Também houve correlação positiva entre o teor de SS e AST, com coeficiente maior que 0,98.

De acordo com Borghezian (2017), cerca de 95% do teor de SS nas uvas são constituídos de açúcares livres. Este fato explica a alta correlação significativa entre SS e AST. Para uvas destinadas à produção de suco, o conteúdo de açúcares é característica primordial. Em função das condições climáticas no Submédio do Vale do São Francisco, de altas temperaturas e radiação solar, as uvas apresentam altas concentrações de açúcares (de Oliveira et al. 2018), em decorrência do favorecimento do metabolismo de síntese de carboidratos na videira (Ribeiro et al. 2012; Bender et al. 2016).

Tabela 2. Correlação de Pearson entre as variáveis de qualidade, compostos bioativos e capacidade antioxidante total, determinada pelos métodos de captura dos radicais livres ABTS^{•+} e DPPH[•], em uvas de videiras ‘BRS Magna’ colhidas em três estádios de maturação, cultivadas sobre diferentes porta-enxertos e avaliadas durante ciclos de produção de primeiro e segundo semestres.

Variável	AST	AT	FLAV	ANT	PET	ABTS	DPPH
TSS	0,982	-0,919	0,906	0,924	0,929	0,826	-0,870
AST		-0,916	0,917	0,904	0,899	0,821	-0,828
AT			-0,849	-0,884	-0,845	-0,721	0,802
FLAV				0,885	0,891	0,721	-0,826
ANT					0,899	0,792	-0,855
PET						0,851	-0,903
ABTS							-0,782

*valores em negrito indicam significância pelo teste t ($p \leq 0,05$)

TSS = teor de sólidos solúveis totais; AST = açúcares solúveis totais; FLAV = flavonoides amarelos na casca; ANTOC= antocianinas totais na casca; PET= polifenóis extraíveis totais; ABTS= capacidade antioxidante pelo método de ABTS^{•+}; DPPH= capacidade antioxidante pelo método de DPPH[•].

O conteúdo de açúcares verificado neste trabalho para a uva ‘BRS Magna’ supera o relatado para ‘Isabel Precoce’, ‘BRS Carmem’, ‘Bordo’, ‘BRS Violeta’ e ‘Concord Clone 30’ também destinadas à elaboração de suco e cultivadas em clima tropical, sobre o porta-enxerto ‘Paulsen 1103’ (Mota et al. 2018). Além disso, foi maior também que o conteúdo de açúcares quantificado por Ritschel et al. (2015), trabalhando com mesma cultivar, no entanto em regiões de clima subtropical e temperado. Este fato caracteriza a tipicidade da ‘BRS Magna’, reforçando a indicação de ampla adaptação climática da cultivar, sobretudo com estímulo ao acúmulo de açúcares em região tropical. Ademais, com base nessas informações, pode-se estimar os teores de compostos bioativos e da CAT a partir dos teores de SS e AT, sugerindo aplicação prática dos resultados dessa pesquisa.

Alta correlação positiva foi verificada entre a AT e a resistência da baga à força de compressão (Tabela 2). Ambas as características têm valores diminuídos ao longo da maturação, uma resposta típica desta fase fisiológica. O padrão de resposta correspondente entre elas é ratificado pelo alto coeficiente de correlação ($r=0.95$). Os ácidos orgânicos, principalmente o málico, são degradados e utilizados como fonte de

energia durante a maturação, sendo significativamente reduzido até a colheita (Conde et al. 2007). O padrão de resposta entre acidez titulável e resistência da baga à força de compressão segue comportamento de queda inicial em poucos dias com posterior estabilidade ao final da maturação. Em estudo com a videira ‘BRS Magna’ sobre os porta-enxertos ‘IAC 572’ e ‘IAC 766’ associados aos sistemas de condução latada, lira e espaldeira, Ferreira (2019) relatou esse padrão de redução da acidez e da resistência da baga à força de compressão até a colheita. Desta forma, é possível com precisão satisfatória estimar a resistência da baga à força de compressão por meio da acidez titulável, configurando prática acessível ao produtor.

Altos coeficientes de correlação, próximos de 0,90, foram observados entre os teores de antocianinas e de flavonoides amarelos na casca com os de PET, evidenciando a contribuição dos pigmentos para a composição fenólica (Tabela 2). As correlações entre os compostos fenólicos extraíveis totais, flavonoides e antocianinas com a CAT foram significativamente altas e negativas quando o método empregado foi o de DPPH. Com a adoção do método ABTS, foi verificada correlação positiva com o teor de PET apenas. Uma vez que a atividade antioxidante resulta da ação de compostos presentes no mesmo tecido ou ambiente celular em determinada fase do ciclo de vida, efeitos sinérgicos podem ser medidos de forma diferenciada pelos métodos usados. Além disso, considera-se que há maior afinidade de compostos com determinados radicais (Mareček et al. 2017).

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada considerando-se as oito características estudadas, para fornecer visão geral das respostas em dimensão reduzida. Da variabilidade total explicada por oito componentes principais (CP), a CP1 e CP2 explicaram 92,37% (Figura 1). A CP1 encerra a maior parte da variação ocorrida nos dados, o que confere a propriedade de melhor preditora linear das variáveis originais.

No geral, a ACP foi mais eficiente em separar os estádios de maturação em função da contribuição das variáveis estudadas que a separação de porta-enxertos e ciclos (Figura 1). A CP1, que explicou 88,1% da variabilidade dos dados, está constituída com ABTS, PET, TSS, AST, ANT e FLAV com autovetores negativos e com DPPH e AT com autovetores positivos. Os maiores valores de ABTS foram observados no estágio M3 em todos os ciclos e porta-enxertos. Além disso, no M2 ciclo 1. Por outro lado, no estágio M1 e muitas combinações de M2, verificou-se os maiores valores de DPPH e AT.

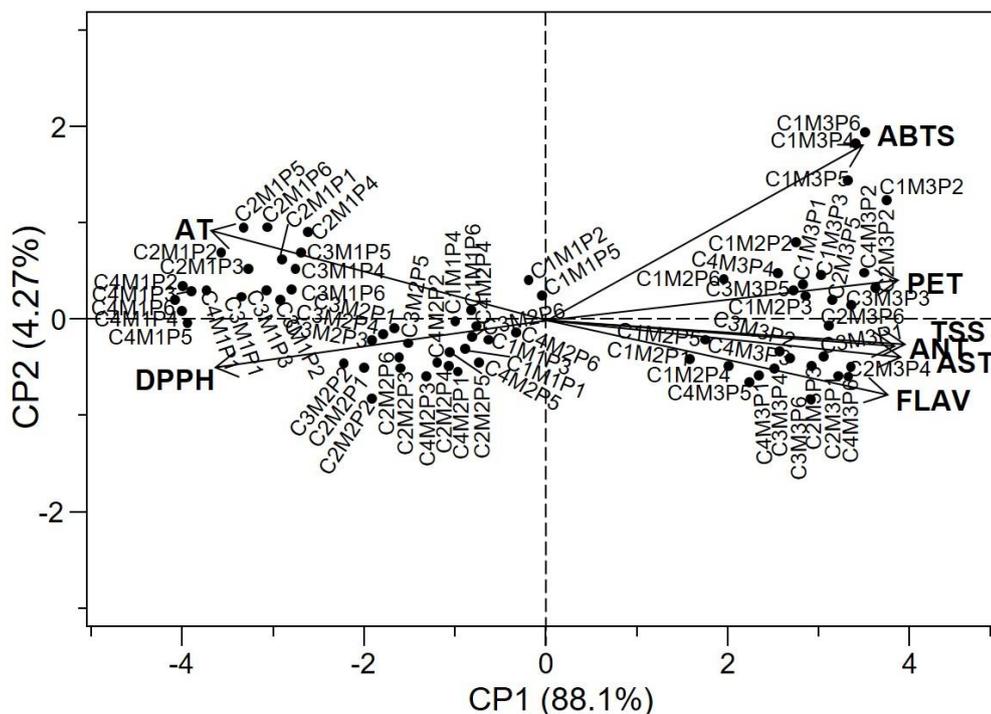


Figura 1. Dispersão das variáveis com base nos autovetores de características de qualidade e da capacidade antioxidante total durante a maturação de uvas de videiras ‘BRS Magna’ cultivadas sobre diferentes porta-enxertos e ciclos de produção, na região do Submédio do Vale do São Francisco.

Tratamentos:

C1= ciclo de produção 1 (janeiro a abril de 2017); C2= ciclo de produção 2 (junho a outubro de 2017); C3= ciclo de produção 3 (dezembro a abril de 2018); C4= ciclo de produção 4 (junho a setembro de 2018).

M1= estágio de maturação inicial; M2= maturação intermediária; M3= colheita.

P1= porta-enxerto ‘IAC 313’; P2= porta-enxerto ‘IAC 572’; P3= porta-enxerto ‘IAC 766’; P4= porta-enxerto ‘Paulsen 1103’; P5= porta-enxerto ‘Harmony’; P6= porta-enxerto ‘Freedom’.

Variáveis:

TSS= teor de sólidos solúveis; AST= teor de açúcares solúveis totais; AT= acidez titulável; FLAV= flavonoides amarelos na casca; ANTOC= antocianinas totais na casca; PET= polifenóis extraíveis totais; ABTS= capacidade antioxidante pelo método de ABTS^{•+}; DPPH= capacidade antioxidante pelo método de DPPH[•].

As variáveis teor de SS, AST, FLAV e ANT foram as que mais contribuíram para diferenciar os tratamentos que associaram o estágio de maturação final (M3) e os porta-

enxertos 'Freedom' e 'Harmony', independentemente do ciclo. A maioria das alterações na composição, morfologia e química das uvas ocorre a partir do início do véraison (Rusjan et al. 2008). Portanto, é esperado o maior teor de açúcares nas uvas ao final da maturação. Esse aumento resulta da produção de sacarose nas folhas a partir da assimilação de carbono fotossintético e pelo seu carregamento via floema para as bagas. Sob condições específicas associadas ao clima e ao uso da irrigação, o aumento no teor desses compostos pode não ser quantificado adequadamente ou mesmo pode-se observar alguma perda devido ao efeito da diluição em água (Kuhn et al. 2014; Rienth et al. 2014; de Oliveira et al. 2019).

O acúmulo de polifenóis totais nas uvas ao final da maturação foi confirmado neste trabalho, que enfatiza diferenças nos teores de antocianinas totais e de flavonoides amarelos nesta fase (Figura 1). Foram verificados, na CP1, maiores teores de antocianinas totais e de flavonoides amarelos, em especial nos ciclos referentes ao primeiro semestre do ano, ciclos 1 e 3, quando as temperaturas são comparativamente mais amenas (Tabela 1). A faixa ideal de temperatura para a síntese de antocianinas é 17-26 °C. Baixas temperaturas, especialmente à noite, preservam a coloração vermelha nas uvas enquanto temperaturas acima de 35 °C inibem a síntese (Azuma et al. 2012; de Oliveira et al. 2018). Porém, no ciclo 4, referente ao segundo semestre do ano, quando as temperaturas e radiação solar foram mais elevadas, os teores de antocianinas foram relativamente altos (Tabela 1). Supõe-se que o sistema de condução adotado (latada), que gera uma proteção aos cachos que são sombreados pelas folhas, ameniza os efeitos da radiação solar direta e das altas temperaturas que, em níveis excessivos, degradam as antocianinas (De la Fuente et al. 2007). Ainda, em função das maiores concentrações de antocianinas e flavonoides amarelos, os frutos em estágio de maturação mais avançado devem apresentar maior capacidade antioxidante total, sendo esta resposta mais marcante quando se adota o método ABTS.

As variáveis PET e ABTS foram as que mais contribuíram para separar os tratamentos com os porta-enxertos 'Paulsen 1103' e 'Harmony', nas uvas em início de maturação e em maturação intermediária (Figura 1). Por sua vez, as variáveis AT e DPPH foram as que mais contribuíram para separar uvas em início de maturação e em maturação intermediária, independentemente do porta-enxerto utilizado, caracterizando bagas mais ácidas, mais resistentes e com menor capacidade antioxidante total quantificada pelo método de DPPH.

Na análise de agrupamento por UPGMA em relação ao estágio de maturação inicial,

o primeiro semestre apresentou 100% de dissimilaridade em relação aos demais (Figura 2A). Observa-se a formação de dois grupos divergentes, sendo o primeiro deles formado pelos ciclos do segundo semestre de 2017 e primeiro semestre de 2018, com similaridade de 9,29%. O segundo grupo foi composto pelo segundo semestre de 2018 com similaridade de 13,65% e, portanto, características de qualidade e potencial funcional semelhantes. As diferenças observadas nas uvas colhidas no primeiro semestre de 2017 em relação aos demais ciclos foram expressas por maior teor de SS e de açúcares solúveis totais, menor acidez titulável e maior teor de compostos fenólicos, refletindo em maior capacidade antioxidante (Figura 1). Este conjunto de características das bagas indicam condições que favoreceram o início antecipado da maturação comparados aos demais ciclos. A fenologia da videira é condicionada pela disponibilidade térmica, tendo a temperatura do ar estreita relação com o início da brotação e com a fase de florescimento (Ribeiro et al. 2012). As temperaturas médias mais altas e a menor umidade relativa do ar ocorridas no ciclo do primeiro semestre de 2017 devem ter contribuído para acelerar o metabolismo das plantas e, conseqüentemente, encurtar esse ciclo.

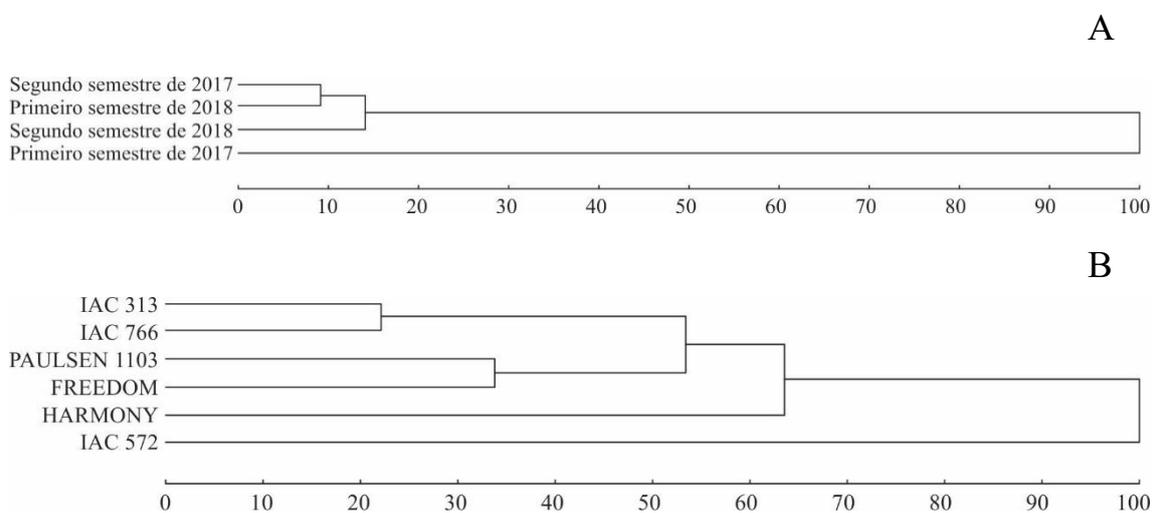


Figura 2. Dendrogramas gerados pelo método UPGMA, a partir da dissimilaridade de Mahalanobis, para uvas ‘BRS Magna’ em estágio de maturação inicial (M1) para ciclos de produção de primeiro e segundo semestres do ano (A) e sobre diferentes porta-enxertos (B).

O desenvolvimento vegetativo e a duração do ciclo das videiras estão relacionados à produção e ao acúmulo de carboidratos das mesmas, por meio do processo de fotossíntese, sendo que as condições climáticas possuem influência direta sobre esse processo. Em temperatura igual ou abaixo de 10 °C, a taxa fotossintética das videiras é

praticamente nula. Em regiões de clima ameno, que apresentam temperaturas médias entre 25 e 35 °C, a videira atinge o seu ápice em relação à produção e acúmulo de carboidratos, e com temperaturas superiores a 40 °C a sua taxa fotossintética começa a cair (Mullins et al. 1992; Sato et al. 2008).

No estágio de maturação inicial, o porta-enxerto 'IAC 572' foi o que mais se diferenciou, apresentando maior divergência em relação aos demais (Figura 2B). Os porta-enxertos 'IAC 313' e 'IAC 766' foram similares entre si, bem como 'Paulsen 1103' e 'Freedom'. Apesar da diferença de vigor existente entre o 'IAC 313' e 'IAC 766' (Maia; Camargo, 2012), as respostas das variáveis foram semelhantes. Estudo realizado com os porta-enxertos vigorosos, 'IAC 766' e 'IAC 572', combinados com cinco cultivares híbridas de uvas brancas, não determinou diferenças na duração dos estádios fenológicos das copas (Moura et al. 2017). Em outra pesquisa, esses mesmos porta-enxertos sob clones da cultivar Concord, também não diferiram entre si na duração do ciclo e nas demandas térmicas das videiras, mas ambos proporcionaram ciclo mais longo e maior acúmulo de graus-dia (GD) (Borges et al. 2014). As variações observadas na duração dos ciclos fenológicos das videiras em diferentes locais podem estar relacionadas às diferentes condições edafoclimáticas entre as regiões, especialmente à temperatura do ar. Além disso, ressalta-se que a interação copa/porta-enxerto parece ser mais responsiva que o efeito isolado do porta-enxerto sobre a copa.

O tratamento com o porta-enxerto 'IAC 572' apresentou a maior divergência com os demais por conferir em quatro combinações, representando 66,7% das combinações deste porta-enxerto, maior teor de sólidos solúveis, de açúcares solúveis totais, acidez titulável e polifenóis extraíveis totais bem como menor teor de flavonoides amarelos e antocianinas nas bagas da cultivar copa (Figura 1). O porta-enxerto 'Harmony' divergiu devido à promoção de maiores teores de flavonoides amarelos, de antocianinas e capacidade antioxidante total, pelo método ABTS, nas uvas da cultivar BRS Magna (Figura 1). Alguns trabalhos relatam que o vigor dos porta-enxertos está relacionado ao teor de compostos fenólicos, sendo que os menos vigorosos induzem maior concentração de compostos fenólicos nas uvas (Gutiérrez-Gamboa et al. 2019; da Silva et al. 2017).

No primeiro semestre de 2017, as características das uvas em estágio de maturação intermediária divergiram dos demais ciclos pelos maiores teores de sólidos solúveis, de açúcares solúveis totais, de flavonoides amarelos, de antocianinas totais, de polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante total por ABTS e DPPH assim como pela menor acidez titulável e resistência da baga à força de compressão (Figuras 1A e 3A). Os

ciclos do primeiro semestre de 2018 e segundo semestre de 2017 e 2018 foram semelhantes entre si. Isto implica em, mesmo existindo diferenças nas condições climáticas durante ciclos produtivos de mesma época do ano, existe equivalência nas características de qualidade, que podem sugerir padronização dos frutos.

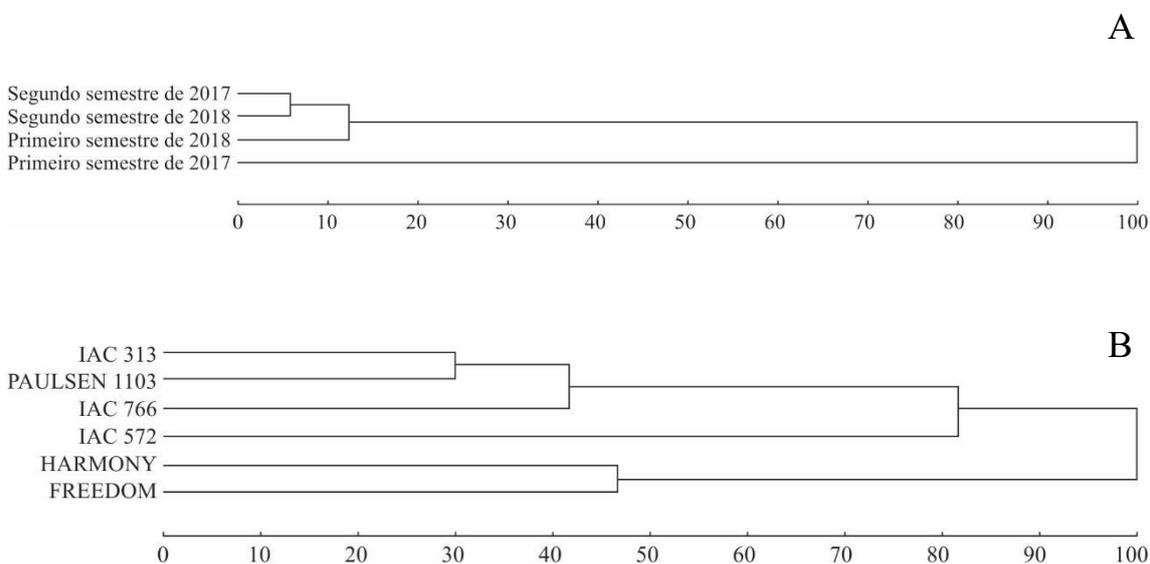


Figura 3. Dendrogramas gerados pelo método UPGMA, a partir da dissimilaridade de Mahalanobis, para uvas ‘BRS Magna’ em estágio de maturação intermediária (M2), para ciclos de produção de primeiro e segundo semestres do ano (A) e diferentes porta-enxertos (B).

Quanto aos porta-enxertos, o ‘IAC 572’ divergiu dos demais, em frutos em estágio de maturação intermediária, apresentando dissimilaridade de 81,66% (Figura 3B). Os porta porta-enxertos ‘IAC 766’, ‘IAC 313’ e ‘Paulsen 1103’ promoveram respostas semelhantes, bem como os porta-enxertos ‘Harmony’ e ‘Freedom’. ‘IAC 572’ divergiu por promover maiores teores de açúcares solúveis totais, maior acidez titulável, menor teor de antocianinas e menor capacidade antioxidante pelo método de DDPH nas uvas da cultivar copa (Figura 1).

Em função das condições climáticas observadas no ciclo de primeiro semestre de 2017, quando as temperaturas médias foram mais elevadas, diferindo dos demais, as uvas em estágio de início de maturação (M1) e maturação intermediária (M2), apresentaram semelhanças nas variáveis analisadas. As uvas em M1 e M2 caracterizaram-se por maior teor de sólidos solúveis, maior teor de açúcares solúveis totais, menor acidez titulável,

maior composição fenólica e capacidade antioxidante, caracterizando um ciclo com início antecipado da maturação (Figura 1). Diferente do estágio de M1, as uvas em estágio M2 apresentaram menor resistência da baga, característica da evolução da maturação.

Ao final da maturação (M3), os ciclos do primeiro semestre de 2017 e segundo semestre de 2018 divergiram do segundo semestre de 2017 e primeiro semestre 2018 (Figura 4A). As uvas colhidas dos ciclos do primeiro semestre de 2017 e segundo semestre de 2018 tiveram menor acidez titulável e maior capacidade antioxidante total pelo método de ABTS bem como menor teor de flavonoides amarelos (Figura 1). Este fato confirma que existem variações na qualidade das uvas, em função das diferenças nas condições climáticas entre ciclos de produção em um mesmo ano. No entanto, percebe-se, também, que existe uma padronização dessas variações nas uvas no estágio M3.

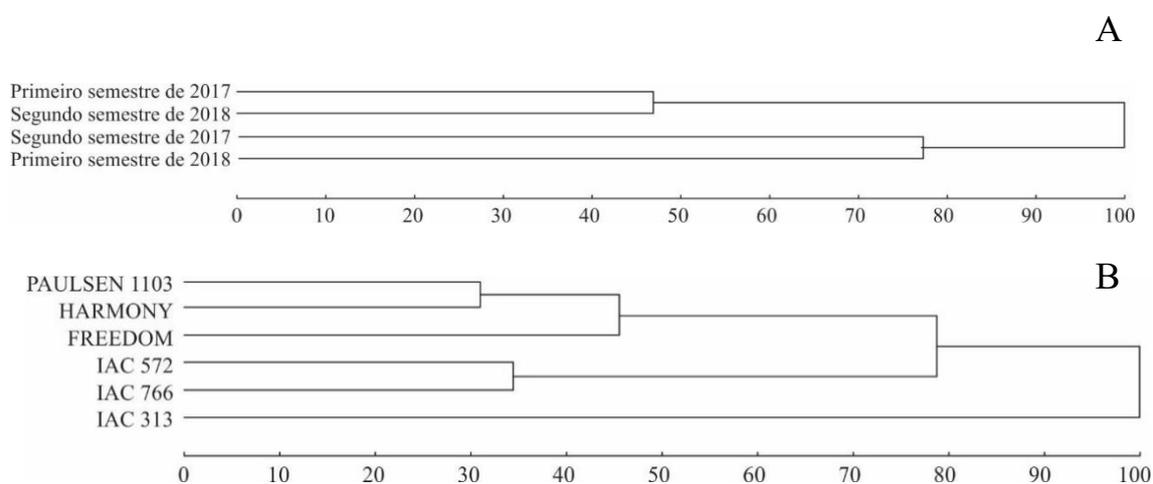


Figura 4. Dendrogramas gerados pelo método UPGMA, a partir da dissimilaridade de Mahalanobis, para uvas ‘BRS Magna’ em estágio de maturação final (M3), para ciclos de produção de primeiro e segundo semestres do ano (A) e sobre diferentes porta enxertos (B).

Quanto aos porta-enxertos, o ‘IAC 313’ divergiu dos demais (Figura 4B). Outros dois grupos diferentes foram verificados, sendo que o primeiro referiu-se ao ‘Paulsen 1103’, ‘Freedom’ e ‘Harmony’ e o segundo a ‘IAC 572’ e ‘IAC 766’. O porta-enxerto ‘IAC 313’ resultou em maior teor de flavonoides amarelos e maior teor de sólidos solúveis, de polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante total por ABTS e DPPH nas uvas da cultivar BRS Magna. Os porta-enxertos ‘IAC 572’ e ‘IAC 766’ foram responsáveis pelos maiores valores de massa do cacho e antocianinas totais nas cascas das bagas, na cultivar copa (Figura 1).

Considerando os resultados obtidos para as combinações dos tratamentos, a partir das variações relacionadas aos teores de compostos bioativos, realizou-se ranqueamento, das 14 melhores, o que representa uma seleção de 20% do total de combinações ciclo de produção-estádio de maturação-porta-enxerto estudadas (Tabela 3). O ranqueamento das melhores combinações de tratamentos confirmou que os frutos em estágio de maturação avançada (M3) apresentaram maiores teores de compostos bioativos (compostos fenólicos extraíveis totais, flavonoides amarelos da casca e antocianinas totais) e maior capacidade antioxidante total pelos métodos de ABTS e DPPH, exceto a combinação C1M2P2 (ciclo de produção 1, em estágio de maturação intermediária e sobre o porta-enxerto 'IAC 572'). Esta resposta caracteriza a maturação fenólica das uvas, que é baseada na evolução dos compostos fenólicos presentes principalmente na casca e nas sementes. Considera-se que a uva está madura quando a extratibilidade dos taninos das sementes diminui, a concentração das antocianinas e taninos poliméricos da casca aumenta e a degradação das paredes celulares facilita a extração desses compostos (Glories, 1991). O conhecimento dessas características é de fundamental importância para as uvas destinadas ao processamento, uma vez que pode proporcionar o melhor aproveitamento das características de qualidade do fruto. Portanto, como a uva não é uma fruta climatérica, é crucial que a colheita ocorra no momento da máxima expressão do seu potencial de qualidade em uma determinada região (Gutiérrez-Gamboa et al. 2019).

Tabela 3. Ranking das quatorze melhores combinações de tratamentos ciclo de produção, estágio de maturação e porta-enxerto em função das variáveis associadas ao potencial bioativo da uva ‘BRS Magna’

Combinação de tratamento	FLAV (mg 100 g ⁻¹)	ANT (mg 100 g ⁻¹)	PET (mg ácido gálico 100 g ⁻¹)	ABTS (µM Trolox g ⁻¹)	DPPH (g fruta g ⁻¹ DPPH)
C4M3P2	84.05	690.74	355.92	28.85	2453.72
C1M3P2	85.40	578.83	397.12	37.02	2616.38
C3M3P3	115.02	708.03	378.80	28.27	3714.56
C2M3P2	106.81	442.26	363.32	29.77	2754.49
C1M2P2	78.68	539.13	345.46	29.30	2692.28
C1M3P5	80.01	586.43	321.91	40.31	3025.40
C2M3P5	94.66	432.01	381.32	24.43	2703.42
C2M3P4	111.79	530.50	329.14	21.42	3052.19
C3M3P1	122.21	673.15	309.79	24.26	3857.40
C4M3P6	104.87	593.46	292.98	21.39	2890.02
C1M3P6	75.57	595.94	305.74	45.97	3170.25
C1M3P3	77.92	580.81	333.18	28.16	3253.96
C1M3P4	72.50	494.93	331.28	43.06	2744.16
C2M3P6	102.17	369.14	342.29	24.57	2918.82

C1= ciclo de produção do primeiro semestre de 2017; C2= ciclo de produção do segundo semestre de 2017; C3= ciclo de produção do primeiro semestre de 2018; C4= ciclo de produção do segundo semestre de 2018.

M1= estágio de maturação inicial; M2= estágio de maturação intermediária; M3= colheita.

P1= IAC 313; P2= IAC 572; P3= IAC 766; P4= Paulsen 1103; P5= Harmony; P6= Freedom.

FLAV= flavonoides amarelos na casca; ANTOC= antocianinas totais na casca; PET= polifenóis extraíveis totais; ABTS= capacidade antioxidante pelo método de ABTS^{•+}; DPPH= capacidade antioxidante pelo método de DPPH[•].

Entre os ciclos, o porta-enxerto ‘IAC 572’ destacou-se por determinar os melhores atributos de qualidade e CAT nos quatro ciclos das uvas em ponto de colheita. Esse fato sugere a flexibilidade de adaptação deste porta-enxerto sob as variações das condições climáticas da região. Na sequência, o porta-enxerto ‘Freedom’ evidenciou promover as

melhores variáveis de qualidade das uvas da cultivar copa nos ciclos do primeiro e segundo semestre de 2017, bem como no ciclo de segundo semestre de 2018.

Dentre os ciclos, verificou-se que as uvas produzidas no primeiro semestre de 2017 (C1) sobre os porta-enxertos 'IAC 572', 'IAC 766', 'Paulsen 1103', 'Harmony' e 'Freedom' apresentaram os maiores teores das variáveis associadas ao potencial bioativo e maior capacidade antioxidante (Tabela 3). No entanto, para o primeiro semestre de 2018 (C3) foram as uvas de plantas cultivadas sobre os porta-enxertos 'IAC 313' e 'IAC 766' que apresentaram o maior potencial bioativo, com destaque para os elevados teores médios de antocianinas nas uvas colhidas de plantas enxertadas sobre estes porta-enxertos, sendo de 708,03 e 673,15 mg.100 g⁻¹, respectivamente.

No segundo semestre de 2017 (C2), os porta-enxertos 'IAC 572', 'Paulsen 1103', 'Harmony' e 'Freedom' se destacaram por promover elevados teores de flavonoides amarelos e antocianinas, que, possivelmente, refletiram em alta capacidade antioxidante (Tabela 3). Nesse mesmo período do ano, porém em 2018 (C4), foram as uvas enxertadas sobre 'IAC 572' e 'Freedom' que se destacaram com elevados valores, principalmente de antocianinas (690,74 mg.100 g⁻¹ e 593,46 mg.100 g⁻¹) e capacidade antioxidante pelo método de DPPH, (2453,72 e 2890,02 g.g⁻¹ DPPH).

Em síntese, pode-se verificar que a cultivar 'BRS Magna' apresenta potencial de cultivo e características que podem diferenciar os sucos gerados a partir dela, nas condições da região do Submédio do Vale do São Francisco. A ferramenta de análise multivariada possibilitou a visualização das contribuições das variáveis de maior aporte para a qualidade da uva, assim como aquelas que melhor definiram os estádios de maturação, as quais foram confirmadas pelos dendogramas e ranqueamento. O alto conteúdo de compostos fenólicos e cor apresentados por esta cultivar, faz dela boa alternativa para produzir suco de uva com alta qualidade individualmente ou em combinação com outras cultivares. Portanto, o conhecimento dessas características permite destacar atributos que podem ser específicos de uma região, em consequência de fatores ambientais, da cultura local associada à atividade produtiva, da infraestrutura para disponibilização de manejo apropriado e da capacidade de investimento.

CONCLUSÕES

Os teores de compostos bioativos e CAT das uvas 'BRS Magna' cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco podem ser estimados a partir dos teores de SS e AT.

As diferenças entre as uvas em estágio de maturação 3 e nos demais foram

decorrentes das variáveis teores de SS, AST, flavonoides amarelos da casca e antocianinas totais, evidenciando que são mais ricas em compostos fenólicos e têm maior capacidade antioxidante.

Os dendrogramas gerados pelo método UPGMA confirmaram que diferenças entre os ciclos de produção, em função das variações nas condições climáticas, determinam diferenças no padrão de qualidade das uvas, particularmente na maturidade correspondente ao ponto de colheita.

Dentre os porta-enxertos, o ‘IAC 572’ e ‘Freedom’ apresentaram as melhores características de qualidade e composição fenólica.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. 2010. Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists. Gaithersburg: AOAC 18 (3).
- AZUMA A, YAKUSHIJI H, KOSHITA E., KOBAYASHI, S. 2012. Flavonoid biosynthesis-related genes in grape skin are differentially regulated by temperature and light conditions. *Planta* 236: 1067–1080.
- BARROS LB, MARGOTI G, FOWLER JG, MAY DE MIO LL, BIASI LA. 2015. Thermal requirement and phenology of different cultivars of *Vitis labrusca* on different rootstocks. *Semina: Ciências Agrárias* 36: 24-33.
- BENDER A, COSTA VB, CALIARI V, MALGARIM MB. 2016. Maturation evolution of chardonnay grape for juice preparation. In *BIO Web of Conferences EDP Sciences* 7: 01004.
- BORGES RDS, ROBERTO SR, YAMASHITA F, ASSIS AD, YAMAMOTO LY. 2014. Ciclo de produção e demanda térmica de clones da videira ‘Concord’ sobre diferentes porta-enxertos. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36: 884-891.
- BORGHEZAN M. 2017. Formação e maturação da uva e os efeitos sobre os vinhos: Revisão. *Ciência e Técnica Vitivinícola* 32: 126-141.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. 1973. Levantamento exploratório–reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife: SUDENE (Boletim Técnico, 26).
- CONDE C, SILVA P, FONTES N, DIAS ACP, TAVARES RM, SOUSA MJ, AGASSE A, DELROT S, GERÓS H. 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Global Science Book* 1: 1-22.

- DA SILVA MJR, VEDOATO BTIF, LIMA GPP, MOURA MF, COSER GMDAG, WATANABE CY, TECCHIO, MA. 2017. Phenolic compounds and antioxidant activity of red and white grapes on different rootstocks. *African Journal of Biotechnology* 16: 664-671.
- DA SILVA MJR, DA SILVA PADILHA, CV, DOS SANTOS LIMA, M, PEREIRA, G E, VENTURINI FILHO, WG, MOURA, MF E TECCHIO MA. 2019. Grape juices produced from new hybrid varieties grown on Brazilian rootstocks-bioactive compounds, organic acids and antioxidant capacity. *Food Chemistry* 289: 714-722.
- DA SILVA MJR, PAIVA APM, JUNIOR AP, SÁNCHEZ CAPC, CALLILI D, MOURA MF E TECCHIO MA. 2018. Yield performance of new juice grape varieties grafted onto different rootstocks under tropical conditions. *Scientia Horticulturae* 241: 194-200.
- DE LA FUENTE M, LINARES R, BAEZA P, LIS-SARRAGUE JR. 2007. Efecto del sistema de conducción en climas semiáridos sobre la maduración, composición de la baya y la exposición de los racimos en *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. *Revista Enología* 6: 1-9.
- DE OLIVEIRA, JB, EGIPTO R, LAUREANO O, DE CASTRO R, PEREIRA, GE E RICARDO-DA-SILVA, JM. 2019. Climate effects on physicochemical composition of Syrah grapes at low and high altitude sites from tropical grown regions of Brazil. *Food Research International* 121: 870-879.
- DE OLIVEIRA, JB, FARIA DL, DUARTE DF, EGIPTO R, LAUREANO O, DE CASTRO R E RICARDO-DA-SILVA JM. 2018. Effect of the harvest season on phenolic composition and oenological parameters of grapes and wines cv. 'Touriga Nacional' (*Vitis vinifera* L.) produced under tropical semi-arid climate, in the state of Pernambuco, Brazil. *Ciência e Técnica Vitivinícola* 33: 145-166.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013, 353 p.
- EMBRAPA SEMIÁRIDO. 2015. Médias Anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S, 40°22'W). Período 1975-2014. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>>.
[Accessed Jan 1, 2019].
- EMBRAPA SEMIÁRIDO. Médias anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro. Petrolina, 2017. Disponível em: <<http://>

- www,cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>. Acessado em: 9 de janeiro de 2018.
- EMBRAPA SEMIÁRIDO. Médias anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro. Petrolina, 2018. Disponível em: <<http://www,cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>>. Acessado em: 3 de janeiro de 2019.
- FERREIRA TO. 2019. Definição de sistemas de condução e porta-enxertos para videira ‘BRS Magna’ com base na qualidade e potencial antioxidante das uvas e do suco. Dissertação (Dissertação-Mestrado em Produção Vegetal) – UNIVASF- Petrolina, p. 116. 2019.
- FRANCIS FJ. 1982. Analysis of anthocyanins. *In*: Markakis, P. (Ed.). Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press. 181-207.
- GUTIÉRREZ-GAMBOA G, GÓMEZ-PLAZA E, BAUTISTA-ORTÍN AB, GARDECERDÁN T, MORENO-SIMUNOVIC Y, MARTÍNEZ-GIL AM. 2019. Rootstock effects on grape anthocyanins, skin and seed proanthocyanidins and wine color and phenolic compounds from *Vitis vinifera* L. Merlot grapevines. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99: 2846-2854.
- GLORIES, Y. Étude des composés phenoliques des raisins rouges, selon les conditions de la maturation et de leur extractibilité au cours de la vinification. *Compte-rendu du Contrat C.I.V.B. Bordeaux*: [s.ed.], 1991
- GRANATO D, CARRAPEIRO MM, FOGLIANO V E VAN RUTH SM. 2016. Effects of geographical origin, varietal and farming system on the chemical composition and functional properties of purple grape juices: A review. *Trends in Food Science & Technology* 52: 31–48.
- HICKEY CC, WOLF, TK. 2018. Leaf removal effects on Cabernet franc and Petit Verdot. I. Crop yield components and primary fruit composition. *American Journal of Enology and Viticulture* 69: 221-230.
- JEDIYI H, NAAMANI K, ELKOCH AA, DIHAZI A, EL FELS AEA E ARKIZE, W. 2019. First study on technological maturity and phenols composition during the ripeness of five *Vitis vinifera* L grape varieties in Morocco. *Scientia Horticulturae* 246: 390-397.
- KUHN N, GUAN L, DAI ZW, WU BH, LAUVERGEAT V, GOMÈS E, LI S, GODOY F, ARCE-JOHNSON P E DELROT S. 2014. Berry ripening: recently heard through the grapevine. *Journal of Experimental Botany* 65: 4543-4559.

- LARRAURI JA, RUPÉREZ PE E SAURA-CALIXTO F. 1997. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 5: 1390-1393.
- LI M, GUO Z, JIA N, YUAN J, HAN B, YIN Y, ZHAO S. 2019. Evaluation of eight rootstocks on the growth and berry quality of 'Marselan' grapevines. *Scientia Horticulturae* 248: 58-61.
- MAIA, J. D. G.; CAMARGO, U. A. O cultivo da videira Niágara no Brasil. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012.
- MAREČEK V, MIKYŠKA A, HAMPEL D, ČEJKA P, NEUWIRTHOVÁ J, MALACHOVÁ A E CERKAL R. 2017. ABTS and DPPH methods as a tool for studying antioxidant capacity of spring barley and malt. *Journal of cereal Science* 73: 40-45.
- MELLO LMR. Vitivinicultura Brasileira: panorama 2016. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2017. 7 p. (Comunicado Técnico, 199). (1)
- MILLER NJ, DIPLOCK AT, RICE-EVANS C, DAVIES MJ, GOPINATHAN V, MILNER A. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science* 84: 407-412.
- MOURA MF, DE SOUZA JR, MODESTO LR, HERNANDES JL, SANTOS TS. 2017. Cycle, productivity and must chemical characteristics of varieties of white wine grape. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 9, p. 01008). EDP Sciences.
- MOTA RVD, GLÓRIA MBA, SOUZA BSD, PEREGRINO I, PIMENTEL RMDA, DIAS FAN, REGINA MDA. 2018. Bioactive compounds and juice quality from selected grape cultivars. *Bragantia* 77: 62-73.
- MULAMBA NN, MOCK JJ. 1978. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding of plant traits. *Egypt Journal of Genetics and Citology* 7:40-51.
- MULLINS, MG, BOUQUET, A, WILLIAMS, L.E. *Biology of the grapevine*. Cambridge: University Press, 1992.
- PEDRO JÚNIOR JM, HERNANDES JL, MOURA, MF. 2018. Performance of juice and wine grape cultivars in different training systems. *Revista Brasileira de Fruticultura* 40: e-055.
- RIENTH M, TORREGROSA L, LUCHAIRE N, CHATBANYONG R., LECOURIEUX D, KELLY MT E ROMIEU C. 2014. Day and night heat stress trigger different

- transcriptomic responses in green and ripening grape vine (*Vitis vinifera*) fruit. BMC Plant Biology.14: 108.
- RIBEIRO TP, LIMA, MAC, ALVES, RE. 2012. Maturação e qualidade de uvas para suco em condições tropicais, nos primeiros ciclos de produção. Pesquisa Agropecuária Brasileira 47: 1057–1065.
- RITSCHHEL PS, GIRARDI CL, ZANUS MC, FAJARDO TVM, MAIA JDG, SOUZA, R. T., CAMARGO, U. A. 2015. Novel Brazilian grape cultivars. Acta Horticulturae. 1082: 157-163.
- RITSCHHEL P, MAIA JDG, CAMARGO UA, ZANUS MC, SOUZA RTD E FAJARDO, TVM. 2014. 'BRS Magna' - a novel grape cultivar for juice making, with wide climatic adaptation. Crop Breeding and Applied Biotechnology 14: 266-269.
- RUFINO M. DO SM, ALVES RE, DE BRITO ES, PÉREZ-JIMÉNEZ J, SAURA-CALIXTO, F E MANCINI-FILHO J. 2010. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. Food Chemistry 121: 996-1002.
- RUSJAN D, KOROSK-KORUZA Z, VEBERIC R. 2008. Primary and secondary metabolites related to the quality potential of table grape varieties (*Vitis vinifera* L.). European Journal of Horticultural Sciences, 73: 124-130.
- SÁNCHEZ-MORENO C, LARRAURI JA, SAURA-CALIXTO F, 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. Journal of the Science of Food and Agriculture 76: 270-276.
- SATO AJ, DA SILVA BJ, DOS SANTOS CE, BERTOLUCCI R, DOS SANTOS R, CARIELO M, ROBERTO, SR. 2008. Fenologia e demanda térmica das videiras 'Isabel' e 'Rubea' sobre diferentes porta-enxertos na Região Norte do Paraná. Semina: Ciências Agrárias 29: 283-292.
- SILVA PCG, CORREIA RC, SOARES JM. Histórico e importância socioeconômica. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. (Ed.). A vitivinicultura no semiárido brasileiro. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. p. 19.
- YEMN EW, WILLIS AJ. 1954. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. The Biochemical Journal 57: 504-514.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível a diferenciação nos atributos de qualidade durante a maturação da videira ‘BRS Magna’ em função das variações nas condições climáticas predominantes em cada ciclo de produção. Ademais, as características de qualidade e potencial funcional sofreram variações que também dependeram do porta-enxerto adotado.

Evidenciou-se que a interação dos ciclos e porta-enxerto em função das condições climáticas potencializaram os índices dos compostos químicos, bioativos e atividade antioxidante, além de afetar a duração das fases fenológicas. Durante os ciclos de primeiro semestre de 2017 e 2018, os porta-enxertos ‘IAC 313’, ‘IAC 572’ e ‘IAC 766’ favoreceram o acúmulo de antocianinas, flavonoides amarelos e maior teor de polifenóis.

As condições climáticas dos ciclos do segundo semestre também interagiram com porta-enxertos e idade dos frutos, determinando a qualidade da uva. Os porta-enxertos ‘IAC 572’ e ‘Freedom’ conferiram maior teor de açúcares nos dois ciclos. No ciclo de 2017, o tratamento ‘IAC 766’ promoveu maior acúmulo de antocianinas e o ‘IAC 572’, a maior capacidade antioxidante.

Abordando quatro ciclos e três estádios de maturação, as ferramentas de análise multivariada e dendogramas evidenciaram que as uvas maduras apresentam maiores teores de compostos bioativos e capacidade antioxidante. Constatou-se, ainda, que teores de sólidos solúveis e açúcares solúveis totais podem ser utilizados como preditores dos compostos bioativos das uvas ‘BRS Magna’ cultivada sobre clima tropical, assim como a resistência da baga à força de compressão o é para a acidez titulável. Configura-se, portanto, prática importante, principalmente, para as uvas destinadas ao processamento.

Assim, os resultados gerados a partir da avaliação dos diferentes ciclos evidenciam que algumas épocas do ano são mais favoráveis a determinadas características. Os ciclos de primeiro semestre foram caracterizados por maiores teores de compostos bioativos, refletindo em maior capacidade antioxidante, favorecidos pelas condições de cultivo regional do Submédio do Vale do São Francisco. Este fato pode sugerir ao produtor, especificação de época de colheita, bem como técnicas de manejo, com o objetivo de potencializar as características das uvas que serão destinadas ao processamento.

É possível, inclusive, indicar eventuais limitações relativas à uniformidade do produto ao longo do ano. Por outro lado, pode-se dirigir a colheita para períodos específicos, conforme se pretenda produtos com características próprias.