

RAFAELLY CALSAVARA MARTINS

**DESEMPENHO HORTICULTURAL E COMPOSTOS BIOATIVOS DE CULTIVARES
DE LARANJEIRAS ENXERTADAS EM LIMOEIRO ‘CRAVO’ E CITRUMELEIRO
‘SWINGLE’**

Botucatu

2022

RAFAELLY CALSAVARA MARTINS

**DESEMPENHO HORTICULTURAL E COMPOSTOS BIOATIVOS DE CULTIVARES
DE LARANJEIRAS ENXERTADAS EM LIMOEIRO ‘CRAVO’ E CITRUMELEIRO
‘SWINGLE’**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp, câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dra. Sarita Leonel

Coorientador: Prof. Dr. Jackson Mirellys
Azevêdo Souza

Botucatu

2022

M386d

Martins, Rafaelly Calsavara

Desempenho horticultural e compostos bioativos de cultivares de laranjeiras enxertadas em limoeiro 'cravo' e citrumeleiro 'swingle' Desempenho horticultural e compostos bioativos de cultivares de laranjeiras enxertadas em limoeiro 'cravo' e citrumeleiro 'swingle' / Rafaelly Calsavara Martins. -- Botucatu, 2022
129 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Sarita Leonel

Coorientador: Jackson Mirellys Azevêdo Souza

1. Citrus senensis. 2. porta-enxerto. 3. fenologia. 4. curva de maturação. 5. compostos bioativos. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DESEMPENHO HORTICULTURAL E COMPOSTOS BIOATIVOS DE CULTIVARES DE LARANJEIRAS ENXERTADAS EM LIMOEIRO 'CRAVO' E CITRUMELEIRO 'SWINGLE'.

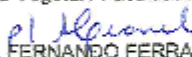
AUTORA: RAFAELLY CALSAVARA MARTINS

ORIENTADORA: SARITA LEONEL

COORIENTADOR: JACKSON MIRELLYS AZEVEDO SOUZA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof.ª Dr.ª SARITA LEONEL (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. FERNANDO FERRARI PUTTI (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia de Tupã - UNESP


Prof. Dr. MATHEUS PEREIRA GONZATTO (Participação Virtual)
Agronomia / Universidade Federal de Viçosa - UFV


Prof.ª Dr.ª GLUSÉPPINA PACE PEREIRA LIMA (Participação Virtual)
Ciências Químicas e Biotecnológicas / Instituto de Biotecnologia de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. MARLON JOCIMAR RODRIGUES DA SILVA (Participação Virtual)
Unidade Regional Petrolina / Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do Estado de Pernambuco - ADAGRO

Botucatu, 27 de janeiro de 2022

Dedico

*Aos meus amados pais, Jucilene e Helvécio, que são minha base,
pelos ensinamentos de vida e o incentivo para realização do
doutorado.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força divina que emana e delimita nossos caminhos, nos conduzindo a determinadas escolhas e oportunidades, como esta, a conclusão do Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade e concessão de bolsa de estudos.

Aos meus pais, Jucilene e Helvécio pelos grandes ensinamentos da vida, o incentivo e o modelo profissional.

Aos meus irmãos Marcelly e Guilherme, pelo imenso carinho e incentivo.

A minha linda sobrinha e afilhada Mariana, que mesmo com a distância sempre me proporcionou imensas alegrias.

A professora Dra. Sarita Leonel, pela orientação, confiança, paciência, ética e principalmente pelo grande modelo pessoal e profissional.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas (UNESP – Campus de Botucatu), pelo qual me orgulho muito, pela oportunidade da realização do Doutorado e toda a estrutura disponível.

Aos meus amigos do Laboratório de Fruticultura, Patrícia Graosque, Gabriel Napoleão, Marcelo Souza, Rafael Bibiano e Jackson Mirellys, pelas risadas, conselhos e principalmente por auxiliar durante todo o experimento. Sem vocês seria impossível.

Ao Prof. Dr. Jackson Mirellys Azevedo Souza, meu coorientador, ao qual tenho um imenso orgulho. Obrigada pela coorientação, pela confiança, competência, por todo esforço, ética e principalmente pelo modelo pessoal e profissional.

Aos amigos, Marcela, Joara, Simone, Eduardo, Kim e aos amigos de república, Fabrício, Ruan, Ninica, Gabi, Manu e Jorgiani pelos bons momentos compartilhados, pela confiança.

Ao meu grande amigo Ruan Marchi, por toda consideração, amor, carinho e confiança.

A Patrícia Estevam e a Mayara Gonçalves, por toda amizade, carinho, amor e por todo incentivo.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de São Manuel, por toda ajuda.

A todos demais que de alguma forma contribuíram para essa realização acadêmica.

MEU MUITO OBRIGADA!

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho horticultural de cultivares de laranjeiras doces enxertadas em limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle', bem como avaliar os ciclos fenológicos, as curvas de maturação e caracterização físico-química dos frutos, o desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas e por fim, quantificar os compostos bioativos do suco de laranja ao longo do armazenamento. No capítulo I avaliou-se o comportamento da cultivar Sanguínea de Mombuca (SM) enxertada em limoeiro 'Cravo' (LC) e citrumeleiro 'Swingle' (CS), mediante as variáveis fenológicas, a curva de maturação dos frutos e o desempenho produtivo das plantas. Os tratamentos foram constituídos por duas combinações copa/porta-enxerto em delineamento em blocos ao acaso com oito repetições e duas plantas por parcela. Conclui-se nesse capítulo que as combinações SM/CS e SM/LC completam o ciclo da antese à colheita em 246 dias, com acúmulo de 3226,72 graus-dias. As melhores características de qualidade são alcançadas por volta de 240 dias após a antese para as plantas de ambas as combinações copa/porta-enxerto. Por outro lado, o limoeiro 'Cravo' promove melhor desempenho produtivo das plantas de 'Sanguínea de Mombuca'. No capítulo II, foram avaliados os intervalos fenológicos, a soma térmica, os atributos de qualidade dos frutos e o desempenho vegetativo e produtivo das plantas das cultivares Rubi (Rubi), Lue Gin Gong (LGG) e Valência Delta Seedless (VDS) enxertadas em LC e CS. Os tratamentos foram constituídos por seis combinações copa/porta-enxerto em delineamento em blocos ao acaso. Concluiu-se que os porta-enxertos não interferem na duração dos ciclos e na exigência térmica das cultivares copa avaliadas, verificando-se para a Rubi ciclo de 245 dias e acúmulo térmico de 3216,85 GDs, para a LGG 402 dias e 4493,61 GDs e para a VDS 407 dias e 4545,81 GDs. Por meio do *heatmap*, evidenciou-se que Rubi/CS, Rubi/LC, LGG/CS e LGG/LC possuem similaridade. Quanto ao desempenho produtivo das plantas, as combinações Rubi/LC e Rubi/CS foram superiores. Já em relação aos atributos físico-químicos dos frutos, as combinações LGG/LC, LGG/CS, VDS/LC e VDS/CS foram superiores. No capítulo III, avaliou-se a degradação dos ácidos ascórbico (AA) e dehidroascórbico (DHA), bem como o conteúdo de compostos fenólicos em sucos de cultivares de laranja armazenados em diferentes embalagens. O delineamento

experimental foi inteiramente casualizado considerado separadamente para cada cultivar. Utilizou-se esquema de parcelas subdividas no tempo, sendo os porta-enxertos, LC e CS, parcelas e o armazenamento, garrafas claras e escuras, subparcelas. Concluiu-se que no decorrer do tempo, independentemente das condições de armazenamento, boa parte dos compostos bioativos foram degradados. Para todas as combinações copa/porta-enxerto, SM/LC, SM/CS, Rubi/LC, Rubi/CS, LGG/LC, LGG/CS, VDS/LC e VDS/CS, os compostos fenólicos hesperidina, naringerina, ácido cafeico, *p*-cumárico e ácido *trans*-ferúlico apresentaram as maiores concentrações em sucos no momento da elaboração. Todas as combinações copa/porta-enxerto apresentaram concentrações ideais de AA e DHA na composição do suco. As maiores concentrações de ácido ascórbico foram encontradas nos sucos, no momento da elaboração, que foi inversamente proporcional às concentrações de ácido dehidroascórbico.

Palavras-chave: *Citrus senensis*, (Osbeck); fenologia; graus-dia; curva de maturação; suco de laranja.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the horticultural performance of sweet orange cultivars grafted on 'Rangpur' lime and 'Swingle' citrumelo, as well as to evaluate the phenological cycles, such as maturation curvatures and physicochemical characterization of the fruits, the vegetative and productive development of plants and finally, to quantify the bioactive compounds of the juice during storage. In chapter I, the behavior of the cultivar Sanguínea de Mombuca (SM) grafted on 'Rangpur' lime (LC) and 'Swingle' citrumelo (CS) was evaluated through phenological variables, fruit maturation curvature and performance. produced from plants. They consisted of two random alignment/transport blocks with two alignment/transplant plants by two sets of plants/transport constructed by two random alignment/transplant units with eight plants per set. It is concluded in this cycle that, as SM/LC, they complete the anthesis chapter at degrees 246 days with an accumulation of 3226.72. The best quality traits are achieved as best traits 240 days after construction as blueprints of both before as equivalent traits. On the other hand, it promotes the best productive performance of 'Rangpur' plants, the lemon tree, of 'Sanguínea de Mombuca'. In chapter II, the phenological intervals, the thermal sum, the fruit quality attributes and the vegetative and productive performance of the plants of the cultivars Rubi (Rubi), Lue Gin Gong (LGG) and Valencia Delta Seedless (VDS) were included in LC and CS. The design/port blocks consisted of six co-implants in a randomized design. It is concluded that the transport carriers do not interfere in the cycles and in the temperature of the cultivars copau-transportes termicos, verifying the thermal duration, verifying cycle of 3245 days and of 3216485 GDs, for the LG402 days and thermal graft, 61 GDs and for the VDS 407 days and 4545.81 GDs. Through the heatmap, it was evidenced that Rubi/CS, Rubi/LC, LGG/CS and LGG/LC have similarity. As for the productive performance of the plants, the Rubi/LC and Rubi were performed. In terms of physical attributes of the fruits, such as Gchemica LGG/LC ratio, superior LGCs, VDSLc and VDS/CS. In chapter III, the degradation of phenolic and ascorbic compounds (DHA) was evaluated, as well as the content of compounds in juices of orange cultivars stored in different packages. The experimental design was completely randomized, considered separately for each cultivar. A split-plot scheme was used, with the rootstocks, LC

and CS, plots and the storage, light and dark bottles, subplots. It was concluded that over time, regardless of storage conditions, most of the bioactive compounds were degraded. For all scion/rootstock combinations, SM/LC, SM/CS, Rubi/LC, Rubi/CS, LGG/LC, LGG/CS, VDS/LC and VDS/CS, the phenolic compounds hesperidin, naringerin, acid caffeic, p-coumaric and trans-ferulic acid showed the highest concentrations in juices at the time of elaboration. All scion/rootstock combinations showed ideal concentrations of AA and DHA in the juice composition. The highest concentrations of ascorbic acid were found in the juices at the time of preparation, which was inversely proportional to the concentrations of dehydroascorbic acid

Keywords: *Citrus sinensis*, (Osbeck); phenology; degree-days; ripening curve; orange juice.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1 – DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE LARANJEIRA cv. SANGUÍNEA DE MOMBUCA SOBRE DOIS PORTA-ENXERTOS

- Figura 1 - Precipitação, temperaturas média, máxima e mínima mensal, período do estudo fenológico, maturação dos frutos e período de colheita e Balanço hídrico climático de agosto de 2018 a outubro de 2019. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....35
- Figura 2 - Laranja 'Sanguínea de Mombuca' enxertada sobre LC e sobre CS. Frutos de laranja enxertada em LC. Frutos de laranja enxertada sobre CS. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....36
- Figura 3 - Escala de notas elaborada para as fases fenológicas das plantas.....37
- Figura 4 - Duração em dias dos intervalos fenológicos da laranja 'Sanguínea de Mombuca' nos porta-enxerto limoeiro 'Cravo' (LC) e citrumeleiro 'Swingle' (CS). São Manuel/SP – 2019.....40
- Figura 5 - Diâmetro e comprimento dos frutos de laranja 'Sanguínea de Mombuca' enxertada em limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle' em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....41
- Figura 6 - Massa dos frutos e rendimento de suco de laranja 'Sanguínea de Mombuca' enxertada em limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle' em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....43
- Figura 7 - Luminosidade, cromaticidade e ângulo matiz (C) da casca e firmeza (D) dos frutos de laranja 'Sanguínea de Mombuca' enxertada em limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle' em função das épocas de

coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....44

Figura 8 - Cromaticidade do suco de frutos de laranjeira ‘Sanguínea de Mombuca’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....46

Figura 9 - Sólidos solúveis, acidez titulável, índice de maturação e índice tecnológico de laranjeira Sanguínea de Mombuca enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....47

Figura 10 - Teores de ácido ascórbico e porcentagem de açúcares redutores, não-redutores e totais de frutos de laranjeira ‘Sanguínea de Mombuca’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....50

Capítulo 2 – DESEMPENHO VARIETAL DE COMBINAÇÕES COPAS/PORTA-ENXERTOS PARA A PRODUÇÃO DE LARANJAS DOCES NO CENTROESTE PAULISTA

Figura 1 - A. Precipitação, temperaturas média, máxima e mínima mensal, período do estudo fenológico, caracterização dos frutos e período de colheita. B. Balanço hídrico climático de maio de 2018 a outubro de 2020. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....63

Figura 2 - Frutos das combinações Rubi/LC (A) e Rubi/CS (B). LGG/LC (C) e LGG/CS (D). VDS/LC (E) e VDS/CS (F), FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....65

Figura 3 - Estádios fenológicos e intervalos avaliados em laranjeiras ‘Rubi’, ‘Lue Gin Gong’ e ‘Valência Delta Seedless’ enxertadas sobre o limoeiro

	‘Cravo’ e o citrumeleiro	
	‘Swingle’.....	66
Figura 4 -	<i>Heatmap</i> das correlações entre as características avaliadas das cultivares copa de laranja Rubi, LGG e VDS enxertadas nos porta-enxertos LC e CS em azul claro não são significativas (p.0.05).....	70
Figura 5 -	Análise de componentes principais para a caracterização das cultivares copa de laranja Rubi, LGG e VDS enxertadas nos porta-enxertos LC e CS (A) Biplot das combinações copa/porta-enxerto do experimento, (B) e (C) PCA dos componentes F1 e F2 relacionando as características avaliadas.....	83

Capítulo 3 – COMPOSTOS BIOATIVOS EM SUCO DE LARANJA (*Citrus sinensis*) PASTEURIZADO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Figura 1 -	A. Precipitação, temperaturas média, máxima e mínima mensal do período do estudo. B. Balanço hídrico climático de agosto de 2018 a outubro de 2019. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019.....	95
Figura 2 -	(A) Sucos armazenados sem garrafas de tereftalato de polietileno claras. (B) em garrafas de tereftalato de polietileno escuras. (C) Sucos no momento da avaliação.....	97
Figura 3 -	Conteúdo de ácido ascórbico (mg/L) em sucos de Sanguínea de Mombuca (SM), Rubi (R), Lue Gin Gong (LGG) e Valência Delta Seedless (VDS) com diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019. L= Limão ‘Cravo’; C= Citrumelo ‘Swingle’; SM= Sanguínea de Mombuca; R= Rubi; LGG= Lue Gin Gong, VDS= Valência Delta	

Seedless.....104

- Figura 4 - Conteúdo de dehidroascórbico (mg/L) em sucos de Sanguínea de Mombuca (SM), Rubi (R), Lue Gin Gong (LGG) e Valência Delta Seedless (VS) com diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019. L= Limão ‘Cravo’; C= Citrumelo ‘Swingle’; SM= Sanguínea de Mombuca; R= Rubi; LGG= Lue Gin Gong, VDS= Valência Delta Seedless.....105

- Figura 5 - Análise de componentes principais (PCA) de AA e DHA em sucos de diferentes combinações de copa/porta-enxerto submetidos a 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019. (A) SM= Sanguínea de Mombuca; (B) R= Rubi; LGG= (C) Lue Ging Gong; (D) VDS= Valência Delta Seedless; LC= Limoeiro ‘Cravo’; CS= Citrumeleiro ‘Swingle’; E= garrafa escura.....107

- Figura 6 - Análise de componentes principais (PCA) dos compostos fenólicos em sucos de diferentes combinações de copa/porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019. (A) SM= Sanguínea de Mombuca; (B) R= Rubi; LGG= (C) Lue Ging Gong; (D) VDS= Valência Delta Seedless; LC= Limoeiro ‘Cravo’; CS= Citrumeleiro ‘Swingle’; 0= Suco no momento da elaboração, 35= Sucos armazenados por 35 dias em garrafas claras; 35E = Sucos armazenados por 35 dias em garrafas escuras.....118

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 – DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE LARANJEIRA cv. SANGUÍNEA DE MOMBUCA SOBRE DOIS PORTA-ENXERTOS

Tabela 1 - Valores do teste F e médias de número de frutos, produção, produtividade, volume de copa e eficiência produtiva de laranjeira ‘Sanguínea de Mombuca’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ – São Manuel/SP – 2019.....	51
--	----

Capítulo 2 – DESEMPENHO VARIETAL DE COMBINAÇÕES COPAS/PORTA-ENXERTOS PARA A PRODUÇÃO DE LARANJAS DOCES NO CENTROESTE PAULISTA

Tabela 1 - Duração em Dias e GDs dos intervalos fenológicos das laranjeiras Rubi, LGG e VDS nos porta-enxerto LC e CS. São Manuel/SP – 2019.....	71
Tabela 2 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e médias de número de frutos, produção, caixa/planta, volume de copa e eficiência produtiva dos frutos de laranjeira Rubi, LGG e VDS – São Manuel/SP – 2019.....	72
Tabela 3 - Número de frutos, produção e caixa/planta de frutos de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto – São Manuel/SP – 2019.....	73
Tabela 4 - Volume de copa e eficiência produtiva de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto – São Manuel/SP – 2019....	74
Tabela 5 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e médias de acidez, sólidos solúveis, índice de maturação, ácido ascórbico, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, I, a, b, cromaticidade, ângulo matiz, firmeza, massa fresca,	

rendimento de suco, índice tecnológico, comprimento e diâmetro dos frutos de laranjeira Rubi, LGG e VDS – São Manuel/SP – 2019.....75

Tabela 6 - Acidez, índice de maturação, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, firmeza e rendimento de suco dos frutos de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto - São Manuel/SP – 2019.....77

Tabela 7 - Sólidos solúveis, índice de maturação e diâmetro dos frutos de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto – São Manuel/SP – 2019.....80

Tabela 8 - L, A, B, cromaticidade, ângulo matiz e ácido ascórbico em frutos de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto – São Manuel/SP – 2019.....81

Tabela 9 - Massa fresca e comprimento em frutos de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto – São Manuel/SP – 2019....82

Capítulo 3 – COMPOSTOS BIOATIVOS EM SUCO DE LARANJA (*Citrus sinensis*) PASTEURIZADO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Tabela 1- Valores do teste F, graus de liberdade (GL) e coeficiente de variação (CV) dos conteúdos de AA e DHA em sucos de diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019.....100

Tabela 2- Conteúdo de AA e DHA em sucos de Rubi, SM, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019.....102

Tabela 3- Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) dos compostos fenólicos em frutos de diferentes combinações de copa/porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019.....108

Tabela 4-	Conteúdo de compostos fenólicos (mg/L) em sucos de Rubi e Sanguínea de Mombuca com diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019.....	111
Tabela 5-	Conteúdo de compostos fenólicos (mg/L) em sucos de Lue Gin Gong e Valência Delta Seedless com diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019.....	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LC – Limoeiro ‘Cravo’

CS – Citrumeleiro ‘Swingle’

Rubi – Rubi

LGG – Lue Gin Gong

VDS – Valência Delta Seedless

Rubi/LC – Laranjeira ‘Rubi’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’

Rubi/CS – Laranjeira ‘Rubi’ enxertada em citrumeleiro ‘Swingle’

LGG/LC – Laranjeira ‘Lue Gin Gong’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’

LGG/CS – Laranjeira ‘Lue Gin Gong’ enxertada em citrumeleiro ‘Swingle’

VDS/LC – Laranjeira ‘Valência Delta Seedless’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’

VDS/CS – Laranjeira ‘Valência Delta Seedless’ enxertada em citrumeleiro ‘Swingle’

DAA – Dias após

GDs – Graus dias

AA – Ácido ascórbico

DHA – Dehidroascórbico

A – Armazenamento

PE – Porta-enxerto

Cv. – Cultivares

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL.....	25
	CAPÍTULO 1 – DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE LARANJEIRA cv. SANGUÍNEA DE MOMBUCA SOBRE DOIS PORTA-ENXERTOS.....	30
1.1	INTRODUÇÃO.....	32
1.2	MATERIAL E MÉTODOS	34
1.2.1	Localização e caracterização da área experimental.....	34
1.2.2	Tratamento e delineamento experimental.....	36
1.2.3	Avaliação dos ciclos fenológicos	36
1.2.4	Curva de maturação dos frutos.....	37
1.2.5	Desempenho produtivo das plantas.....	38
1.2.6	Análises estatísticas.....	39
1.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
1.3.1	Ciclos fenológicos.....	39
1.3.2	Maturação dos frutos.....	41
1.3.3	Desempenho produtivo das plantas.....	51
1.4	CONCLUSÕES.....	52
	REFERÊNCIAS.....	53
	CAPÍTULO 2 – DESEMPENHO VARIETAL DE COMBINAÇÕES COPAS/PORTA-ENXERTOS PARA A PRODUÇÃO DE LARANJAS DOCES NO SUDOESTE PAULISTA.....	58
2.1	INTRODUÇÃO	60
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	62
2.2.1	Caracterização da área experimental.....	62
2.2.2	Tratamentos e delineamento experimental	64
2.2.3	Avaliação dos ciclos fenológicos em dias e soma térmica.....	65
2.2.4	Desempenho vegetativo e produtivo das plantas.....	67
2.2.5	Caracterização dos frutos.....	67
2.2.6	Análises estatísticas.....	68
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
2.3.1	Avaliação dos ciclos fenológicos e soma térmica.....	71
2.3.2	Desempenho vegetativo e produtivo das plantas.....	72
2.3.3	Caracterização dos frutos.....	74
2.3.4	Análise de componentes principais (PCA).....	82
2.4	CONCLUSÕES.....	85
	REFERÊNCIAS	86
	CAPÍTULO 3 – COMPOSTOS BIOATIVOS EM SUCO DE LARANJA (<i>Citrus sinensis</i>) PASTEURIZADO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO.....	91
3.1	INTRODUÇÃO	93
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	94

3.2.1	Material vegetal e preparo das amostras.....	94
3.2.2	Tratamento e delineamento experimental.....	96
3.2.3	Análises.....	98
3.2.3.1	Ácido ascórbico (AA) e ácido dehidroascórbico (DHA).....	98
3.2.3.2	Perfil dos compostos bioativos.....	98
3.2.4	Análises estatísticas.....	99
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
3.3.1	Conteúdo de Ácido Ascórbico (AA) e Dehidroascórbico (DHA) do suco de laranja conforme o tempo de armazenamento.....	100
3.3.2	Conteúdo de Compostos Fenólicos do suco de laranja conforme o tempo de armazenamento.....	106
3.4	CONCLUSÕES.....	119
	REFERÊNCIAS	120
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
	REFERÊNCIAS	127

INTRODUÇÃO GERAL

A citação mais atual sobre a origem das plantas cítricas foi feita por Wu et al. (2018), os quais utilizaram conhecimentos de genômica, filogenética e análises biogeográficas, propondo que o centro de origem das espécies cítricas foram as encostas sudeste do Himalaia, em uma região que inclui a área oriental de Assam, norte de Mainmar e oeste de Yunnan.

A laranjeira (*Citrus sinensis*) é uma frutífera de clima subtropical, pertencente à família Rutaceae (AGUSTÍ, 2004; DONADIO et al., 2005). É uma planta de porte médio, arbustivo, com sistema radicular pivotante, sendo formado por duas a três raízes principais, que dão origem as sucessivas ramificações para a formação das radicelas. Seus frutos são uma baga (hesperídios), formados pelo epicarpo, albedo e mesocarpo (SIQUEIRA e SALOMÃO, 2017).

O maior produtor mundial de laranja é o Brasil, seguido pela China, Índia, Estados Unidos, México, Espanha, Egito, Indonésia, Iran e Turquia, sendo em 2020 a produção brasileira 18549,129 toneladas (FAOSTAT, 2021). No Brasil, o estado de São Paulo é o maior produtor nacional e, ao lado das regiões do Triângulo e Sudoeste Mineiro, forma o chamado “cinturão citrícola”, o qual, na safra de 2020/21, foi responsável pela produção de, aproximadamente, 269,01 milhões de caixas de 40,8 kg (FUNDECITRUS, 2021). O Brasil é também o maior exportador mundial de suco concentrado e congelado, conhecido como “*Frozen Concentrated Orange Juice*” (FCOJ), em 2019/2020, exportou 1.048.485 toneladas (CITRUSBR, 2021).

O cinturão citrícola passou a se destacar na produção de laranjas devido às alterações no regime hídrico e à ocorrência de doenças como o Huanglongbing (HLB), conhecido como *greening*, e cancro cítrico em regiões produtoras anteriormente tradicionais (NEVES et al., 2010). Diante a esses eventos, a região do cinturão citrícola geograficamente provou ser propícia ao desenvolvimento da cultura, principalmente por ter como característica clima ameno, com temperaturas médias e deficiências hídricas menores quando comparada às demais regiões, o que proporcionou um crescimento exponencial na produção (RIBEIRO et al., 2006). Além dessas condições interferirem diretamente na produtividade e qualidade dos frutos, o que é um grande benefício, é também no cinturão citrícola que está localizada grande parte das indústrias de processamento (KALAKI, 2014).

A citricultura brasileira é majoritariamente voltada para o processamento industrial (CITRUSBR, 2018). A maior parte dos pomares do cinturão citrícola são baseados no plantio das cultivares copa Hamlin, Westin, Rubi, Pera Rio, Valência, Folha Murcha e Natal. Dentre as cultivares mais plantadas, destaca-se a laranjeira ‘Pera’, com a estimativa de 83,83 milhões de caixas em 2021 (FUNDECITRUS, 2021).

De acordo com Carvalho et al., (2019) parece haver consenso de que as laranjeiras ‘Pêra’ são mais afetadas por pragas e doenças, têm pouca longevidade, com colheita dos frutos durante o período de seca, quando estão com menor quantidade de suco, o que diminui a rentabilidade do pomar. Somado a isso, a produção de frutos extemporâneos, com distribuição da safra ao longo do ano, uma das maiores vantagens da laranjeira ‘Pêra’, vem perdendo a importância devido às maiores dificuldades no controle fitossanitário, adicionada à competição com outras cultivares (NASCIMENTO et al., 2005).

Pesquisas que identifiquem genótipos com potenciais para programas de melhoramento genético são de relevante importância para o setor, principalmente aqueles que permitam a diversificação e a adaptação das cultivares às diversas condições ambientais, regiões, porta-enxertos, sistemas de produções e que apresentem características que atendam as demandas de qualidade impostas pelo mercado (RODRIGUES et al., 2019). Logo, é imprescindível que estudos sobre o desempenho produtivo das plantas estejam aliados àqueles que avaliam também a qualidade dos frutos e do suco (MACHADO et al., 2011 e SCHWARZ, 2011).

Em relação à utilização de porta-enxertos, os mais empregados na citricultura paulista são o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e o citrumeleiro ‘Swingle’ (*Poncirus trifoliata* x *Citrus paradisi*) (CDA, 2015). O limoeiro ‘Cravo’ (LC) é possivelmente um híbrido natural de cidreira [*C. medica* (L.)] e tangerineira (*C. reticulata*) (CURK et al., 2016). Acredita-se ser originário da Índia, onde ficou conhecido como limeira ‘Rangpur’. No Brasil, a preferência pelo limoeiro ‘Cravo’ é decorrente de suas características, pois propicia influência positiva sobre o vigor das copas, condicionando-as a boa produtividade e maturação precoce dos frutos, além disso, confere maior tolerância ao estresse hídrico, o que favorece o seu uso em regiões secas, apesar de apresentar intolerância à Morte Súbita dos Citros e ao Declínio (POMPEU JUNIOR, 2005).

O híbrido citrumeleiro 'Swingle' [*P. trifoliata* (L.) Raf x *C. paradisi* Macf.] foi desenvolvido em 1907, no estado da Flórida (EUA), pelo botânico Walter S. Swingle, obtido por meio do cruzamento do pomeleiro 'Duncan', com *Poncirus trifoliata* (POMPEU JÚNIOR, 2005). Este porta-enxerto proporciona à copa um porte mediano, ideal para plantio semi-adensado, colheita um pouco mais tardia se comparada ao limoeiro 'Cravo' e produção de frutos de alta qualidade (MATTOS JÚNIOR et al., 2005). O citrumeleiro 'Swingle' tolera o Declínio, a Morte Súbita e pode ser indicado para o plantio em regiões mais frias (POMPEU JUNIOR, 2005; MACHADO et al., 2011).

Diante das adversidades que ocorrem na citricultura, é importante explorar cultivares de laranjeiras pouco cultivadas ou estudadas. Muitas destas cultivares apresentam certas particularidades, as quais podem apresentar grande potencial para o cultivo comercial. Logo, estudos que permitam a avaliação do desempenho agrônomo de combinações entre cultivares copas e porta-enxertos são uma ferramenta importante para auxiliar os citricultores brasileiros quanto à escolha daquelas mais adequadas para uma determinada condição de fatores culturais e edafoclimáticos (SOARES, et al., 2015). Apesar de a maior parte dos laranjais brasileiros serem baseados na produção de laranjas de polpa amarela para suco, existem outras cultivares que também apresentam interesses comerciais, como por exemplo, as cultivares de laranjas de polpa vermelha (LATADO et al., 2008).

As primeiras cultivares com frutos de polpa vermelha são originárias da região do Mediterrâneo. No Brasil, a cultivar 'Sanguínea de Mombuca' originou-se por mutação espontânea na região de Mombuca, no estado de São Paulo (HAMEDANI et al., 2012). Apesar de pouco explorada, esta cultivar apresenta grande potencial para o mercado de frutas frescas. Suas plantas apresentam vigor médio, frutos de maturação precoce, com formato esférico, com tamanho médio de 140 gramas, com em média de 55% de rendimento de suco (LATADO et al., 2008).

Diferentemente, a cultivar Rubi está entre as mais cultivadas na citricultura brasileira. Foi selecionada por Navarro de Andrade, na Fazenda Engenho Velho, Araras, no estado de São Paulo. Suas plantas apresentam vigor médio, frutos com maturação precoce, com tamanho médio de 172 gramas e 49% de rendimento de suco. A cultivar Rubi pode atingir 40 t ha⁻¹ e apresenta aptidão tanto para o mercado de fruta fresca quanto para o processamento industrial (PIO et al., 2005).

Selecionada por um imigrante chinês na Flórida, em 1888, a cultivar Lue Gim Gong foi originada a partir de seedling nucelar de 'Valência'. Apresenta plantas vigorosas, frutos com maturação tardia, médios, podendo atingir a 45 t ha⁻¹, apresenta alternância de produção e de excelente qualidade tanto para o mercado de fruta fresca quanto para o processamento industrial (EMBRAPA, 2008).

Outra cultivar com potencial é a Valência Delta Seedless, que se originou nas proximidades de Pretoria, na África do Sul, em 1952. Tendo origem como hipótese: a mutação espontânea da gema da cv. Valência ou *seedling*, tendo Valência como genitor. As plantas apresentam grande vigor, frutos sem sementes, com tamanho grande, sendo maiores do que os da cultivar Valência. Assim como outras cultivares que não apresentam sementes, dependendo das condições de cultivo, podem chegar a 30 t ha⁻¹. Seus frutos possuem cerca de 50% de rendimento de suco, com valor comercial para produção de suco e para o mercado de fruta fresca (EMBRAPA, 2008).

Por se tratar de cultivares pouco estudadas e/ou exploradas, é de grande relevância estudar o comportamento dessas cultivares frente às variações ambientais, pois é sabido que o desenvolvimento das plantas é marcado por uma sequência de fatores ordenados que levam à maturação dos frutos (PEER et al., 2015) e que esses fatores podem ser afetados principalmente pelas circunstâncias da interação genótipo x ambiente (PEREIRA et al., 2002).

A interação envolvendo as condições ambientais e as diferentes fases de desenvolvimento das plantas é denominado de fenologia (LUCCHESI, 1987). O conhecimento das fases fenológicas é um fator limitante para o melhor aproveitamento do potencial das plantas quando submetidas às adversidades climáticas (SENTELHAS, 2005). Além disso, a longo prazo, torna-se uma importante ferramenta agrônômica que auxiliará nas tomadas de decisões referente ao manejo cultural (WEBER et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2017).

Concomitantemente, conhecer e compreender a curva de maturação dos frutos também é uma forma de aprofundar o conhecimento sobre o desenvolvimento das cultivares nas diferentes regiões produtoras. O conhecimento a respeito da maturação e do desenvolvimento dos frutos auxilia na determinação das práticas culturais, bem como permite a identificação do ponto ideal de colheita (ESPOSTI et al., 2008).

O tempo necessário para o fruto completar seu desenvolvimento, bem como suas características físico-químicas e bioquímicas, dependem da região, sobretudo em função das condições climáticas, a exemplo, acúmulo de graus dia e intensidade luminosa (OLIVEIRA et al., 2013). Nesse sentido, Silva et al. (2014) relata que a concentração dos compostos bioativos está relacionada aos efeitos climáticos, processamento e cultivares. Perante isso, há um crescente interesse em pesquisas que apontem cultivares que apresentem frutos com maiores concentrações de compostos bioativos, uma vez que o consumo dessas substâncias tem correlação com alguns benefícios a saúde (BOEING et al., 2012; BIAZOTTO et al., 2019).

Embora os citros estejam entre as frutíferas mais estudadas e produzidas no Brasil, as pesquisas majoritariamente enfatizam aspectos relacionados a tratos culturais e fitossanidade, havendo a necessidade de realizar estudos referentes ao conhecimento da planta (ESPOSTI et al., 2008 e MORETTO, 2019). Diante disso, estudos relacionados a descrição fenológica e a caracterização da curva de maturação dos frutos, principalmente tratando-se de novas combinações copa/porta-enxerto em uma região específica, são cruciais para compreender o comportamento da cultura, principalmente para definir ciclo produtivo, escalonar produção, obter safras mais estáveis e garantir a qualidade dos frutos (SIMÕES et al., 2015).

Desta forma, objetivou-se avaliar o desempenho horticultural de cultivares de laranjeiras enxertadas em limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle', bem como caracterizar o desenvolvimento fenológico, a curva de maturação e quantificar os compostos bioativos em sucos dessas cultivares ao longo do armazenamento.

CAPÍTULO 1

DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE LARANJEIRA cv. SANGUÍNEA DE MOMBUCA SOBRE DOIS PORTA-ENXERTOS

RESUMO

A Sanguínea de Mombuca é uma cultivar com potencial para a diversificação de pomares de laranja no Brasil. Seus frutos apresentam polpa vermelha atraente e rica em licopeno. Contudo, esta cultivar ainda é pouco utilizada em pomares comerciais e faltam estudos relacionados ao seu desempenho em combinação com porta-enxertos. Diante disto, objetivou-se caracterizar as variáveis agronômicas e de qualidade dos frutos da laranja 'Sanguínea de Mombuca' enxertada sobre o limoeiro 'Cravo' e o citrumeleiro 'Swingle', considerando variáveis fenológicas, a curva de maturação dos frutos e o desempenho produtivo das plantas. Os tratamentos foram constituídos por duas combinações copa/porta-enxerto em delineamento em blocos ao acaso com oito repetições e duas plantas por parcela. A duração dos ciclos fenológicos foi pouco afetada pelos porta-enxertos. Conforme os dados das curvas de maturação dos frutos, verifica-se que a colheita deve ser realizada em torno de 240 dias após a antese, independentemente do porta-enxerto utilizado. Frutos produzidos em citrumeleiro 'Swingle' apresentam maiores teores de sólidos solúveis, açúcares e índice tecnológico. Por outro lado, plantas enxertadas em limoeiro 'Cravo' apresentam maior número de frutos, com maior massa fresca e maior produção. Os atributos qualitativos da laranja 'Sanguínea de Mombuca' são superiores quando cultivada sobre o citrumeleiro 'Swingle', embora as plantas apresentem melhor desempenho produtivo quando enxertadas sobre o limoeiro 'Cravo'.

Palavras chaves: *Citrus sinensis* (L); *Citrus limonia*, Osbeck; *P. trifoliata* (L.) Raf x *C. paradisi* Macf; fenologia; curva de maturação.

ABSTRACT

Sanguínea de Mombuca is a cultivar with the possibility to diversify Brazilian orange orchards. Besides the fruits are high in lycopene and have an appealing red pulp. This cultivar is however currently underutilized in commercial orchards, and research on its performance in combination with rootstocks are lacking. The current study aimed to evaluate the agronomic and fruit quality attributes of 'Sanguínea de Mombuca' orange fruits budded on 'Rangpur' lime and 'Swingle' citrumelo trees by considering the following: phenological variable, fruit maturation curve, and productive performance of the plants. Two combinations of scion and rootstock were, therefore, used in a randomized block design with eight replications and two plants per plot. Results indicated that the rootstocks have minimal effect on the length of the phenological cycles. Also, the harvest should be carried out about 240 days after anthesis, according to the data from the fruit maturation curves, regardless of the rootstock applied. The soluble solids, sugars, and technological index of fruits budded on 'Swingle' citrumelo were greater. Nevertheless, plants budded on 'Rangpur' lime tree produced more fruits, which presented higher fresh mass and higher production. Although plants performed better when budded on the 'Rangpur' lime tree, the quality features of the 'Sanguínea de Mombuca' orange were superior when budded on 'Swingle' citrumelo tree.

Keywords: *Citrus sinensis* (L); *Citrus limonia*, Osbeck; *P. trifoliata* (L.) Raf x *C. paradisi* Macf.; phenology; maturation curve.

1.1 INTRODUÇÃO

A citricultura é uma das atividades mais importantes do agronegócio no Brasil, pois o país é o maior produtor mundial de laranjas doces, em 2020, produziu cerca de aproximadamente 18549,129 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2021). Os estados de São Paulo e Minas Gerais são responsáveis pela maior parte da produção, cerca de 80%, distribuídos em 347 municípios (FUNDECITROS, 2021). Dessa produção, grande parte é destinada ao processamento de suco concentrado e congelado (FCOJ - *"Frozen Concentrated Orange Juice"*) para exportação (CITRUSBR, 2021).

Embora a citricultura seja uma das mais importantes atividades econômicas no Brasil, a mesma está apoiada no cultivo de poucos genótipos e a falta de diversificação genética expõe à vulnerabilidade, principalmente a riscos, como suscetibilidade às pragas e doenças e também a competitividade econômica entre produtores (CARVALHO et al., 2019). Sendo assim, há uma preocupação com a sustentabilidade da cultura no Brasil.

Algumas cultivares de laranjeiras ainda são pouco estudadas e cultivadas (LATADO et al., 2008). Muitas delas apresentam certas peculiaridades, que as tornam potenciais para o cultivo comercial. Essas cultivares são uma das alternativas para o produtor ampliar a diversidade e rentabilidade, atendendo ao desejo do consumidor, principalmente aqueles que buscam frutos que apresentam características diferenciadas, como por exemplo, as cultivares de polpa vermelha.

O grupo das laranjeiras de polpa vermelha é dividido em dois subgrupos, as sanguíneas verdadeiras, que possuem alto conteúdo de antocianinas no suco, e as falsas sanguíneas, nas quais a coloração avermelhada ocorre em função da presença de alto conteúdo de carotenoides nas películas das vesículas de suco (SIQUEIRA; SALOMÃO, 2017).

As laranjas sanguíneas, de modo geral, têm como centro de origem a região mediterrânea, provavelmente de Malta, ou da região da Sicília, na Itália (OLIVEIRA et al., 2019). No Brasil, dentre as laranjas de polpa vermelha, destaca-se a cultivar Sanguínea de Mombuca, a qual originou-se no município de Mombuca, estado de São Paulo, a partir de mutação espontânea, sendo então selecionada e lançada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (HAMEDANI et al., 2012). Conforme Siqueira e

Salomão (2017), esta cultivar é classificada como uma falsa sanguínea, portanto, a cor vermelha de sua polpa é devida à presença dos carotenoides β -caroteno e licopeno.

A laranja 'Sanguínea de Mombuca' apresenta frutos de maturação precoce, com formato esférico, tamanho médio (140 gramas), média de 55% de rendimento de suco (LATADO et al., 2008). Por apresentar polpa avermelhada, seu suco possui cor intensa e atraente. A coloração intensa do suco que permite maior valor de comercialização das laranjas de polpa vermelha em comparação aquelas de polpa alaranjada, sendo os custos de produção, de ambas, semelhantes (LATADO, COMUNICAÇÃO SAA, 2021). Deste modo, o cultivo de laranjas de polpa vermelha é uma alternativa para mesa, principalmente por essa característica peculiar, polpa vermelha.

Além da diversificação dos pomares, o sucesso da citricultura também está atrelado ao desempenho da combinação de cultivares copa e porta-enxertos, sendo de grande importância conhecer as limitações e benefícios de cada combinação para determinada região e/ou condição de cultivo (GJAMOVSKI; KIPRIJANOVSKI, 2011). Estudos já relataram a influência do porta-enxerto na qualidade dos frutos, dentre eles, Castle (2010) afirma que o porta-enxerto pode influenciar nas características, como o tamanho da fruta, quantidade de água e nutrientes absorvidos, qualidade do suco, teores de açúcares e ácidos. Da mesma forma, Pompeu Junior (2005) menciona que o porta-enxerto pode influenciar no vigor da copa, cor e espessura da casca, época de maturação dos frutos e produção, salientando ainda a compatibilidade do limoeiro 'Cravo' com as cultivares copa, a sua tolerância a seca e a proporcionar precocidade. Por outro lado, o citrumeleiro 'Swingle' apresenta tolerância à morte subita dos citros, ao declínio e é recomendado para o plantio em regiões mais frias.

Outro fator ocorre durante o desenvolvimento das plantas, havendo naturalmente mudanças em seu metabolismo, devendo-se, principalmente, à interação genótipo-ambiente (PEREIRA et al., 2002; PEER et al., 2015). Sendo assim, o estudo da fenologia é crucial para a compreensão das respostas das plantas em termos de fase vegetativa, florescimento e frutificação, aos fatores climáticos, principalmente temperatura e pluviosidade (BARBASSO et al., 2005; WEBER et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2017).

O mesmo se aplica aos estudos de maturação dos frutos e desempenho produtivo, que são aspectos de grande relevância para o mercado de fruta fresca e processamento industrial. Contudo, esses estudos são realizados para registrar o comportamento de uma determinada cultivar em uma região específica. Sendo assim, essas informações têm grande importância no momento de expandir o cultivo em novas regiões (MICHELOUD et al., 2018).

Quando consideramos as cultivares de laranja de polpa vermelha, como a Sanguínea de Mombuca, poucos são os estudos que envolvem a avaliação das combinações destas copas com diferentes porta-enxertos e as implicações disto na fenologia, maturação dos frutos e desempenho produtivo das plantas. Assim, os conhecimentos gerados a partir de estudos desta natureza permitem a indicação de combinações copa/porta-enxertos promissores e, conseqüentemente, auxiliam os citricultores a obterem maiores rendimentos, qualidade de frutos e redução de custos (GARIGLIO et al., 2012; SIMÕES et al., 2015).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o comportamento da cultivar Sanguínea de Mombuca, enxertada sobre o limoeiro 'Cravo' e o citrumeleiro 'Swingle', mediante as variáveis fenológicas, a curva de maturação dos frutos e o desempenho produtivo das plantas na região de São Manuel, São Paulo.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

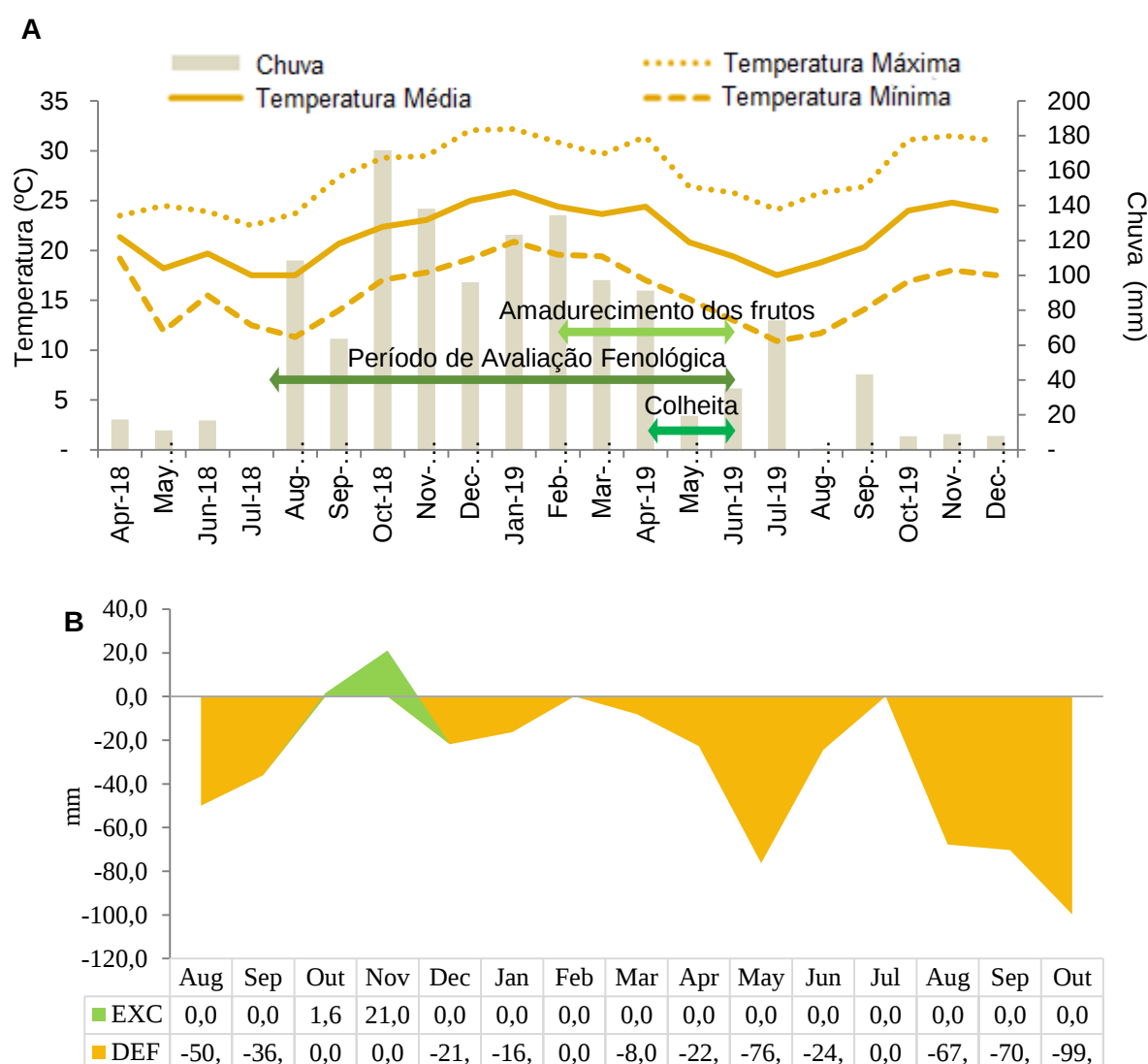
1.2.1 Localização e caracterização da área experimental

O trabalho foi realizado em pomar da Fazenda Experimental São Manuel, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), localizada em São Manuel, São Paulo, Brasil (22°44'28" S, 48°34'37" W, na altitude de 740m). De acordo com a classificação climática de Köppen, a área é classificada como Cwa, sendo quente temperado (mesotérmico), úmido e a temperatura média do mês mais quente é de aproximadamente 22 °C (Cunha; Martins, 2009). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013).

Mudas da cultivar Sanguínea de Mombuca, enxertadas em limoeiro 'Cravo' (LC) e citrumeleiro 'Swingle' (CS), foram implantadas em outubro de 2015, em espaçamento de 6 metros entre linhas e 4 entre plantas. O experimento foi

conduzido entre julho de 2018 e dezembro de 2019 em sistema sequeiro. Os dados climáticos foram coletados a partir da base do CIAGRO (Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas). Determinou-se o balanço hídrico, para o qual adotou-se a profundidade média do sistema radicular de 80 cm e a capacidade de água disponível de 70 mm (THORNTHWAITE e MATHER, 1955) referentes a este período (Figura 1). As fertilizações ocorreram de acordo com a análise de solo e os requisitos da cultura (QUAGGIO et al., 2005).

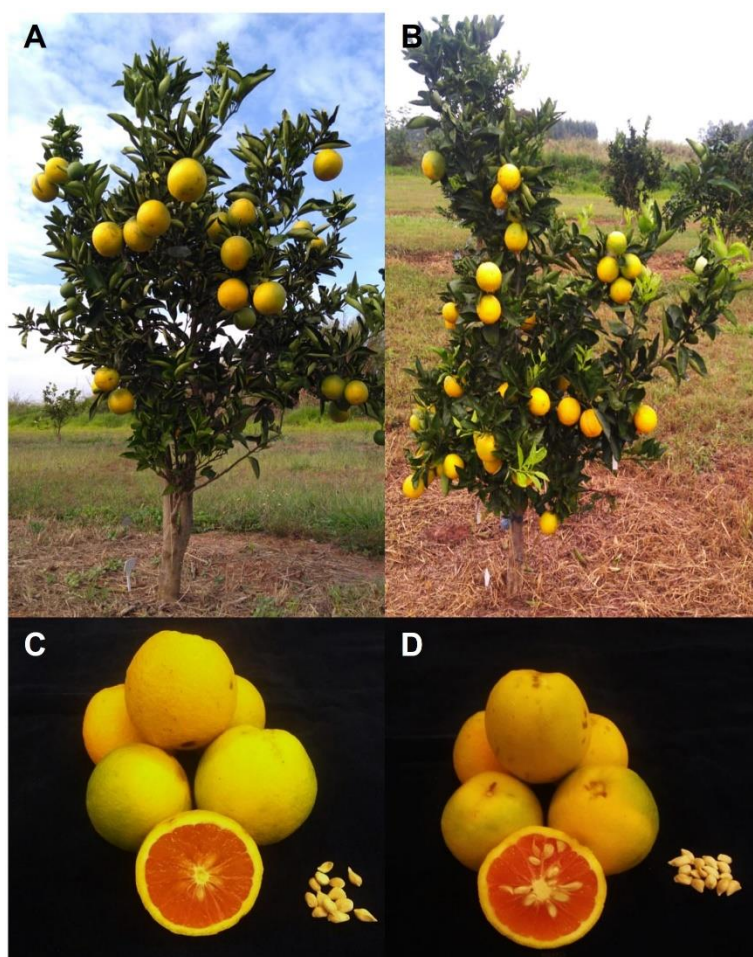
Figura 1 - A. Precipitação, temperaturas média, máxima e mínima mensal, período do estudo fenológico, maturação dos frutos e período de colheita. B. Balanço hídrico climático de agosto de 2018 a outubro de 2019. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019



1.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, constituído por dois tratamentos, sendo estes os porta-enxertos LC e CS em combinação com a copa ‘Sanguínea de Mombuca’ (Figura 2). Cada uma das combinações foi constituída por oito repetições, sendo cada repetição constituída por uma planta.

Figura 2 - (A) Laranjeira ‘Sanguínea de Mombuca’ enxertada sobre LC, (B). e sobre CS. (C) Frutos de laranjeira enxertada em LC. (D) Frutos de laranjeira enxertada sobre CS. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019



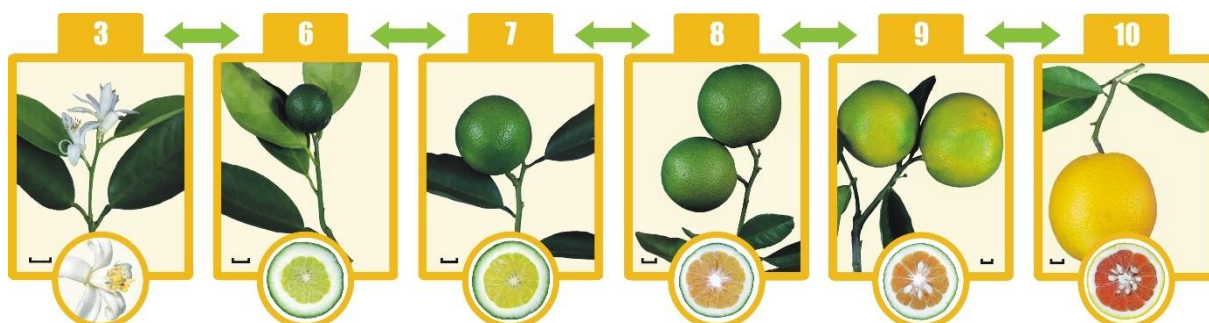
1.2.3 Avaliação dos ciclos fenológicos

Foram selecionados e marcados, aleatoriamente, seis ramos por planta, distribuídos na porção mediana, ao redor da circunferência da copa. Para a

caracterização fenológica foi utilizada a escala proposta por Barbasso et al. (2005). Contudo, para este estudo, foram considerados os estágios (3) Abertura da flor (antese); (6) Fruto com aproximadamente 3 cm de diâmetro (bola de gude); (7) Fruto com aproximadamente 4,5 cm (bola de pingue-pongue); (8) Fruto verde próximo do tamanho final; (9) Fruto na mudança de cor verde para amarela, (10) Índice de maturação 12 (Figura 3). A cada vinte dias os ramos foram avaliados, de modo que o estágio era estabelecido

Uma vez identificados os estádios fenológicos das plantas, ou seja, quando 51% dos ramos apresentavam-se no respectivo estágio, foram aferidos o número de dias e os graus dias (GD) acumulados nos intervalos entre cada um deles, sendo os intervalos 3-6, 6-7, 7-8, 8-9 e 9-10 (Figura 3). Para a determinação dos GDs acumulados, foram consideradas as temperaturas mínima (T_m) e máxima (T_M) e as temperaturas basais inferior (13°C) (T_b) e superior (35°C) (T_B), as quais foram aplicadas às equações propostas por Ometto (1981):

Figura 3 - Estádios fenológicos e intervalos avaliados em laranjeira ‘Sanguínea de Mombuca’ enxertada sobre o limoeiro ‘Cravo’ e o citrumeleiro ‘Swingle’



(3) Abertura da flor (antese); (6) Fruto com aproximadamente 3 cm de diâmetro (bola de gude); (7) Fruto com aproximadamente 4,5 cm (bola de pingue-pongue); (8) Fruto verde próximo do tamanho final; (9) Fruto na mudança de cor verde para amarela, (10) Índice de maturação entre 8,5 a 10. Fonte: Autores.

1.2.4 Curva de maturação dos frutos

As avaliações da curva de maturação dos frutos foram iniciadas em fevereiro de 2019, aos 180 dias após a antese (DAA) e seguiram até o mês de maio, quando os frutos apresentaram relação sólidos solúveis (SS)/Acidez titulável (AT) SS/AT entre 8,5 e 10. Ao longo deste período foram coletados dois frutos por planta em intervalos de 20 dias. Para caracterização das curvas de maturação, foram avaliadas variáveis físicas e físico-químicas.

O diâmetro e o comprimento dos frutos foram obtidos com auxílio de um paquímetro digital e expresso em milímetros (mm). A massa dos frutos foi aferida por meio da pesagem dos frutos em balança de precisão (0,01g) e expressa em gramas (g). Por sua vez o rendimento de suco foi obtido por meio da relação massa do suco/massa do fruto, expresso em porcentagem (%). A cor da casca (frutos cortados ao meio) e da polpa foi avaliada com auxílio de colorímetro (CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japão). A leitura foi realizada em duas orientações, ou seja, eixo caule-cálice nas direções horizontal e vertical. A firmeza foi obtida com o auxílio de texturômetro (TA. XT Plus Texture Analyzer) com sonda de compressão SMS P/2 (Stable Micro Systems), velocidade de $1,0 \text{ mm s}^{-1}$, comprimindo a fruta por 10 mm do ponto de contato. A leitura foi realizada em duas orientações, ou seja, eixo caule-cálice nas direções horizontal e vertical e expressos em Newtons (N). Os sólidos solúveis foram quantificados por meio da leitura de três gotas do suco em refratômetro digital, sendo o resultado expresso em graus Brix ($^{\circ}\text{Brix}$). A acidez titulável foi obtida por meio da metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), sendo expresso em porcentagem de ácido cítrico (%). Por meio da relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável, foi obtido o índice de maturação dos frutos. O índice tecnológico (IT) foi calculado por meio de metodologia proposta por Di Giorgi et al. (1990). Os teores de ácido ascórbico (AA) foram determinados conforme metodologia proposta pela AOAC (2005), sendo os resultados expressos em $\text{mg } 100 \text{ mL}^{-1}$. Avaliaram-se os açúcares redutores (AR), não redutores (ANR) e totais (AT) em sucos por meio de metodologia descrita por Somogy, adaptada por Nelson (1944), com resultados expressos em %.

1.2.5 Desempenho produtivo das plantas

O desempenho produtivo das plantas foi avaliado por meio do número de frutos por planta; massa do fruto (g), aferida em balança semi-analítica; produção (kg/planta), obtida por meio da pesagem dos frutos em balança e expressa em kg por planta; número de caixas por planta, obtido pela divisão do valor da produção por planta pelo peso padrão da caixa de 40,8 kg; produtividade (t/ha), obtida ao considerar um estande de 416 plantas por hectare; volume de copa (m^3) e eficiência produtiva (kg de fruta m^{-3}), obtidos por meio de metodologia proposta por Mendel (1956).

1.2.6 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando constatada a significância pelo teste F, as médias entre os porta-enxertos foram comparadas pelo teste Tukey. Na avaliação da curva de maturação, utilizou-se o delineamento de parcelas subdividas no tempo, sendo os porta-enxertos (parcelas) comparados pelo teste Tukey e os dias após a antese (subparcelas) analisados por meio de regressão. Para a variável produção (kg/planta), foi realizada a média de duas safras, sendo o terceiro e quarto ano de produção.

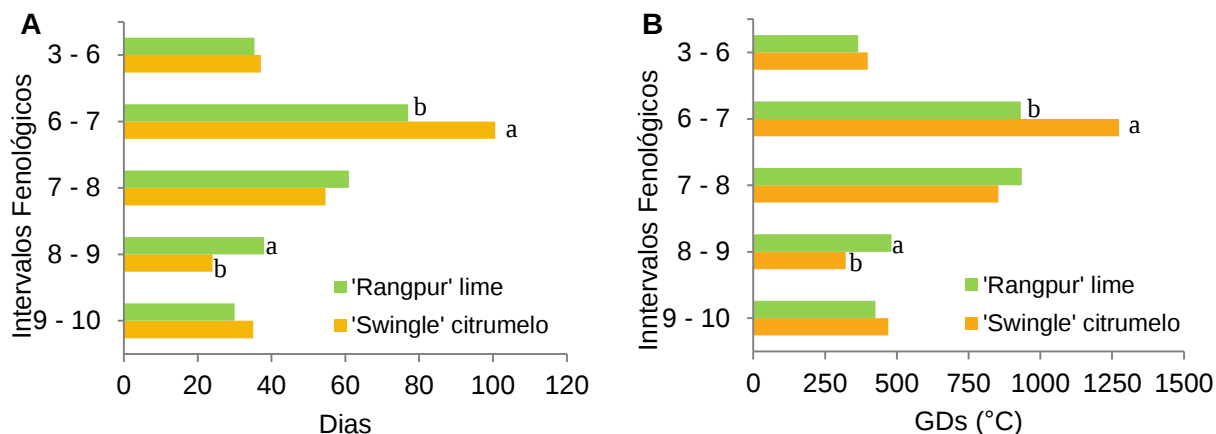
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Ciclos fenológicos

A duração dos intervalos entre os ciclos fenológicos da laranjeira ‘Sanguínea de Mombuca’ foi pouco afetada pelos porta-enxertos LC e CS. Em média, independente da combinação, a duração total do ciclo da foi de 246 dias, com acúmulo de 3226,72 graus dias (GDs). Siqueira e Salomão (2017) relatam que a somatória de graus-dias da florada até a colheita é peculiar para cada cultivar e que o florescimento dos citros acontece na primavera, entre agosto a outubro. Portanto, a pouca influência dos porta-enxertos estar associada ao fato que a plena florada ocorreu no mesmo período (29 de agosto) para ambas as combinações.

Quando avaliados o número de dias e os GDs acumulados, verificou-se efeito dos porta-enxertos ($p < 0,01$) somente sobre os intervalos 6-7, ou seja, frutos bola de gude até frutos bola de pingue-pongue, e 8-9, frutos próximos ao tamanho normal até a mudança de cor (Figuras 4A).

Figura 4 - Duração em dias dos intervalos fenológicos da laranja 'Sanguínea de Mombuca' nos porta-enxerto limoeiro 'Cravo' (LC) e citrumeleiro 'Swingle' (CS). São Manuel/SP – 2019



Colunas seguidas de letras diferentes, dentro de cada intervalo, são significativamente diferentes pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para o intervalo fenológico 6-7, a combinação SM/LC acumulou 962,83 GDs e permaneceu 77 dias, diferente da combinação SM/CS, que acumulou 1359,55 graus-dias e permaneceu 100 dias, sendo este o intervalo fenológico de maior duração em ambos (Figura 4A). Nascimento et al. (2018) avaliando a fenologia da cultivar Pera, no Vale do São Francisco, também reportou este intervalo como o de maior duração.

O menor número de dias e acúmulo de GDs observados para a combinação SM/LC está relacionado ao fato que o LC apresenta sistema radicular profundo e vigoroso, o que muitas vezes permite que ocorra maior eficiência na absorção de água e por isso, acelerando crescimento dos frutos (PRIETO et al., 2012; RIBEIRO et al., 2014).

Já o intervalo entre os estádios 8-9, foi de 24 dias para os frutos oriundos da combinação SM/CS, com acúmulo de 318,76 GDs. Por outro lado, para a combinação SM/LC, observaram-se 38 dias e 498,76 GD (Figura 4A). Este intervalo corresponde à fase de mudança de coloração da casca, o que ocorre devido à degradação das clorofilas e síntese de carotenoides, fenômeno influenciado pelos fatores climáticos, solo, porta-enxerto, carboidratos e compostos nitrogenados (ARRUDA et al., 2011).

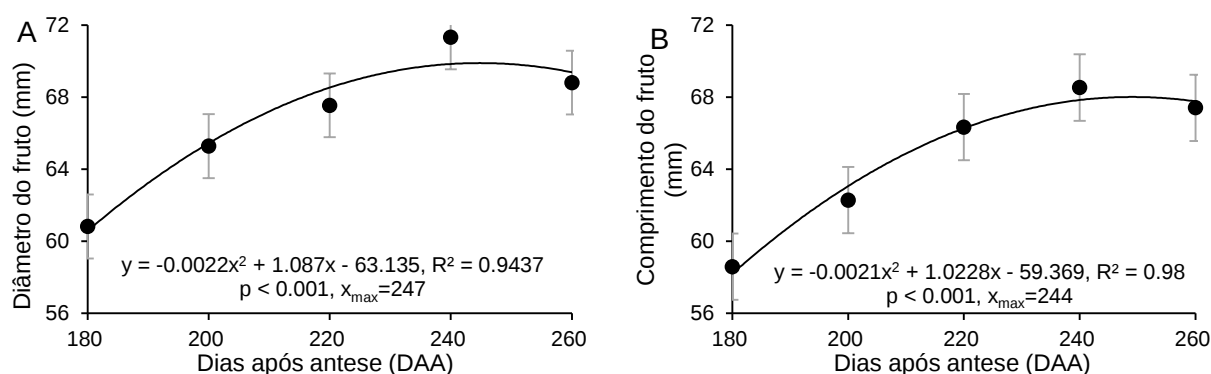
Embora a fenologia da 'Sanguínea de Mombuca' tenha sido pouco afetada pelos porta-enxertos, em algumas situações pode haver antecipação da floração devido à

certas características, como por exemplo, a maior sensibilidade hídrica do CS comparada à do LC (DONADIO et al., 1993).

1.3.2 Maturação dos frutos

O diâmetro e o comprimento dos frutos da ‘Sanguínea de Mombuca’ variaram significativamente em função dos DAA ($p < 0,01$), não havendo efeito dos porta-enxertos. Para ambas as variáveis se verificou aumento quadrático. O diâmetro máximo (71,1 cm) foi alcançado aos 247 DAA e o comprimento máximo (65,2 cm) aos 244 DAA (Figura 5A e 5B). A redução observada aos 260 DAA para ambas as variáveis é devida ao início do período de seca (abril a maio, figura 1). Beber et al. (2018), em estudo com genótipos de laranja também verificaram queda na massa dos frutos e consequentemente no diâmetro e comprimento. Entretanto, a laranja ‘Sanguínea de Mombuca’ atendeu às exigências do mercado brasileiro de frutas frescas, com frutos na classe média de 65-71 mm de diâmetro (CEAGESP, 2011).

Figura 5 - Diâmetro (A) e comprimento (B) dos frutos de laranja ‘Sanguínea de Mombuca’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019



Para a massa fresca dos frutos, verificou-se interação significativa entre as combinações copa/porta-enxerto e os DAA ($p < 0,01$). O avanço da massa dos frutos ao longo dos DAA foi ajustado ao modelo quadrático. Até os 220 DAA, o aumento de massa foi semelhante entre ambas as combinações. Contudo, aos 240 e 260 DAA, os frutos da cultivar ‘Sanguínea de Mombuca’ da combinação SM/LC apresentaram

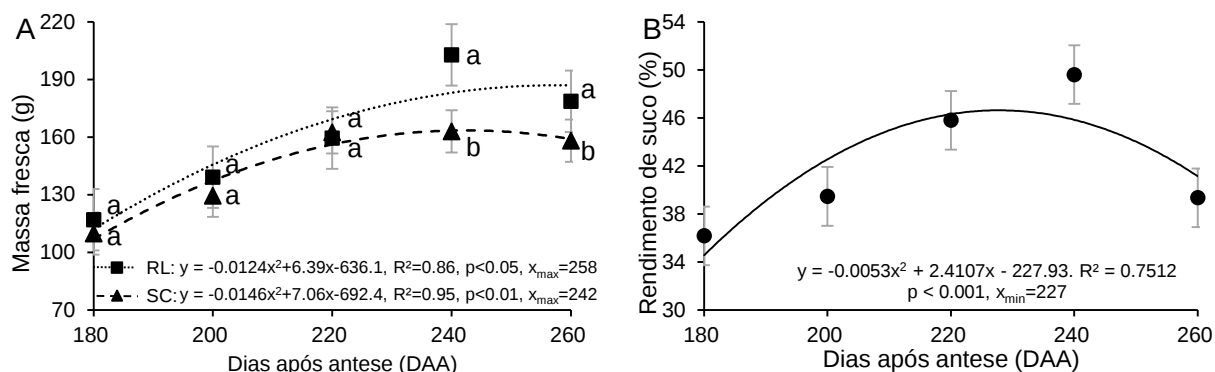
maior massa fresca dos frutos. Já os frutos da combinação SM/CS, o pico de massa fresca (161,1 g) foi atingido aos 242 DAA, enquanto a combinação SM/LC promoveu pico de massa fresca (187,7 g) aos 258 DAA (Figura 6A).

A maior massa dos frutos da combinação SM/LC está associada ao fato deste porta-enxerto ser mais vigoroso, bem como apresentar sistema radicular profundo e vigoroso, o que lhe permite maior absorção de água e nutrientes (SCHÄFER et al., 2001; PRIETO et al., 2012 e RIBEIRO et al., 2014). Por outro lado, o CS além de ser menos vigoroso, apresenta menor desenvolvimento vegetativo e com isso, tende a promover a produção de frutos menores, com a casca mais fina e com alto teor de sólidos solúveis e ácidos orgânicos (PRIETO et al., 2012 e RIBEIRO et al., 2014).

Resultados semelhantes foram relatados por Petry et al. (2015), os quais observaram que a massa média dos frutos de laranja 'Monte Parnaso' sobre o porta-enxerto LC foi superior aos produzidos em CS. Entretanto, Cruz et al. (2019), ao avaliarem a qualidade dos frutos de laranja 'Navelina' nestes porta-enxertos, observaram resultado inverso. Tais fatos evidenciam que este é um fator genótipo dependente.

Diferente da massa fresca dos frutos, para o rendimento de suco não se verificou interação significativa, contudo houve efeito isolado das combinações copa/porta-enxertos e dos DAA. Os frutos da combinação SM/CS apresentaram rendimento médio de suco (44,43%) maior que aqueles da combinação SM/LC (39,71%), embora este último tenha promovido maior massa aos frutos. Quando avaliado em função dos DAA, observou-se aumento quadrático do rendimento de suco para ambas as combinações, atingindo o valor máximo de 46,2% aos 227,4 DAA (Figura 6B).

Figura 6 - Massa dos frutos (A) e rendimento de suco (B) de laranjeira ‘Sanguínea de Mombuca’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019



Em cada DAA, pontos seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Conforme, Chitarra e Chitarra (2005), quanto menor a espessura da casca, maior o rendimento de suco. Da mesma forma, Legua et al. (2011) mencionam que os frutos com menor espessura de casca refletem positivamente no rendimento de suco. Tais informações justificam o maior rendimento de suco obtido em frutos da combinação SM/CS. Carvalho et al. (2020), também verificaram maior rendimento de suco nos frutos de laranjeira ‘Salustiana’ enxertada em CS em relação aos frutos de plantas enxertadas em LC.

Em relação aos descritores de cor de casca, os parâmetros luminosidade e cromaticidade variaram significativamente somente em função dos DAA, para ambas as combinações houve um efeito linear positivo (Figura 7A e 7B). Conforme a evolução dos dados, pode-se afirmar que os frutos variaram da cor verde intensa para amarela clara.

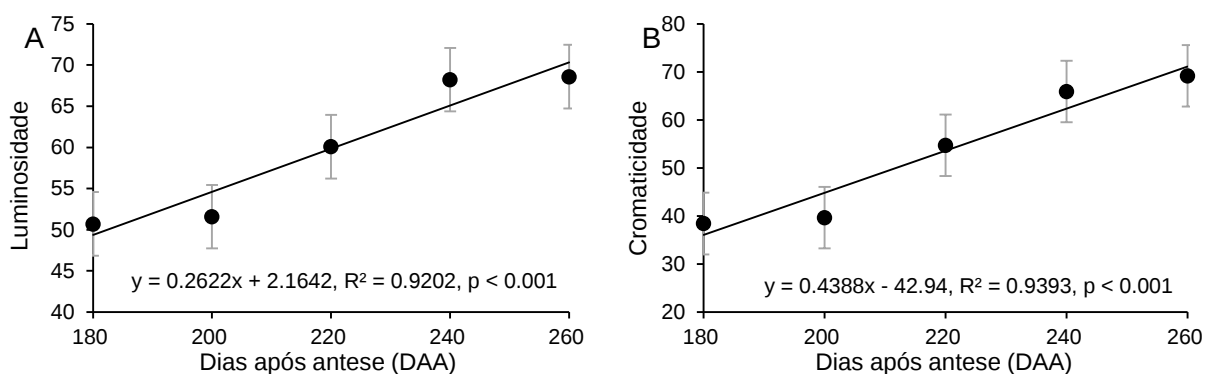
Em relação ao ângulo matiz da casca, verificou-se interação entre as combinações copa/porta-enxertos e os DAA ($p < 0,01$). As médias observadas para a combinação SM/CS e SM/LC decresceram de forma quadrática e linear, respectivamente (Figura 7C). Com base nos valores observados, compreende-se que os frutos de ‘Sanguínea de Mombuca’ em ambas as combinações apresentavam no início das avaliações a predominância da cor verde, entretanto, no final das avaliações, apresentaram o componente amarelo em maior intensidade,

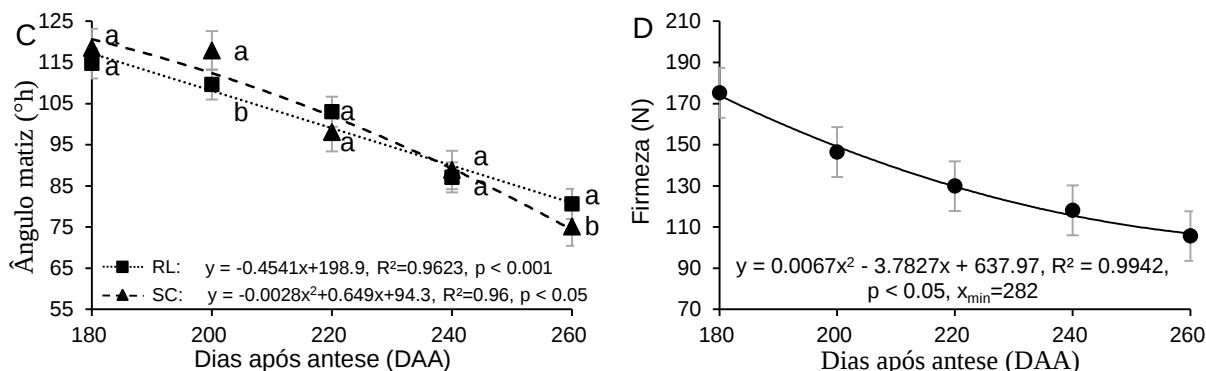
com destaque para os frutos da combinação SM/CS, para os quais observou-se menor ângulo matiz.

Conforme Arruda et al. (2011) e Jacomino et al. (2008), dias quentes (20-25 °C) seguidos de noites frias (10-15 °C) favorecem a pigmentação dos frutos, pois proporcionam a síntese dos carotenoides e a degradação da clorofila. Durante o período de maturação dos frutos (180-260 DAA), ocorreram temperaturas superiores a 20 °C (Figura 2). Tais resultados explicam o aumento da pigmentação dos frutos com dominância amarela para ambas as variáveis. Carvalho et al. (2020) também encontraram valores de °h próximos a 80 em estudo com o citrumeleiro ‘Swingle’ e o limoeiro ‘Cravo’.

A firmeza dos frutos variou somente em função dos DAA ($p < 0,01$) e decresceu de forma quadrática ao longo do período de maturação (Figura 7D). Esse decréscimo é decorrente do avanço da maturação dos frutos, no qual ocorre a solubilização das substâncias pécticas, ou seja, a transformação das pectinas insolúveis em pectinas solúveis. Essas substâncias insolúveis são encontradas em frutos imaturos, são formadas pelo ácido carboxílico que é ligado ao cálcio formando o pectato de cálcio (FISHMAN et al., 1993).

Figura 7 - Luminosidade (A), cromaticidade (B) e ângulo matiz (C) da casca e firmeza (D) dos frutos de laranjeira ‘Sanguínea de Mombuca’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019





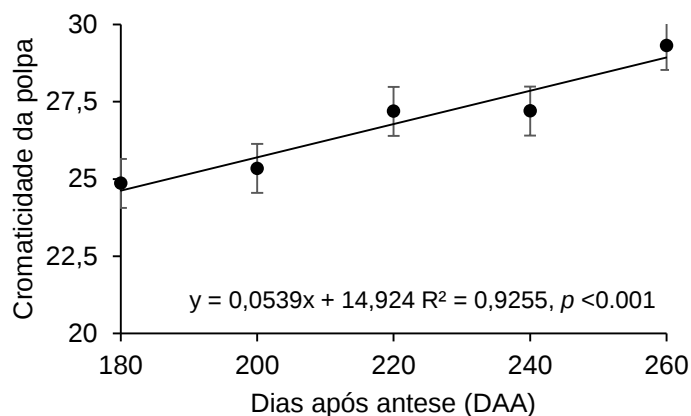
Em cada DAA, pontos seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Referente a cor de polpa, luminosidade, cromaticidade e ângulo matiz, não houve interação significativa entre os fatores. Contudo, houve efeito isolado das combinações copa/porta-enxerto ($p < 0,05$) para luminosidade, dos DAA ($p < 0,01$) para a cromaticidade e não houve efeito de nenhum fator para o ângulo matiz.

As maiores médias para luminosidade do suco foram encontradas em frutos da combinação SM/CS (56,63). A luminosidade do suco dos frutos procedentes da combinação SM/LC foi de 53,61. A cor do suco pode variar durante o processo de maturação, principalmente devido às alterações nas concentrações de pigmentos. Tal fato ocorre em função, principalmente, do aumento do conteúdo de água nos frutos ao longo da maturação. O maior rendimento de suco encontrado em frutos da combinação SM/CS pode explicar este resultado, pois é sábio que, quanto maior for o rendimento de suco, maior os teores de pigmentos, ácidos, carboidratos e vitaminas no suco (BEBER et al., 2018).

Em relação ao ângulo matiz do suco, a média geral observada foi de 48,23. Tendo em vista que o 0 °h corresponde ao vermelho e 90 °h ao amarelo, constata-se que a faixa de cor do suco da laranja 'Sanguínea de Mombuca', independentemente do porta-enxerto, apresenta cor intermediária às cores citadas. Para a cromaticidade observou-se efeito linear positivo ao longo do período de maturação (Figura 8), ou seja, a intensidade de cor da polpa aumentou até a colheita.

Figura 8 - Cromaticidade do suco de frutos de laranja 'Sanguínea de Mombuca' enxertada em limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle' em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019



Não houve interação significativa entre as combinações copa/porta-enxerto e os DAA para os sólidos solúveis, a acidez titulável e o índice de maturação. Para as duas primeiras variáveis, houve efeito isolado da combinação copa/porta-enxerto e do DAA ($p < 0,01$), enquanto, para o índice de maturação, obteve-se efeito significativamente apenas para DAA ($p < 0,01$).

Os maiores teores médios de sólidos solúveis (8,71 °Brix) e de acidez titulável (0,98%) foram observados em frutos da combinação SM/CS. Os frutos oriundos da combinação SM/LC apresentaram 7,93 °Brix e 0,88% de acidez, respectivamente. Quanto maior a massa do fruto, maior é a diluição dos ácidos orgânicos (BOLFARINI et al., 2020). Sendo assim, frutos com maior quantidade de albedo, flavedo e menor rendimento de suco (BEBER et al., 2018) apresentarão menores teores de carboidratos, ácidos, aminoácidos e vitaminas no suco. Tais fatos explicam os resultados obtidos, uma vez que a utilização do porta-enxerto CS promoveu a produção de frutos menores.

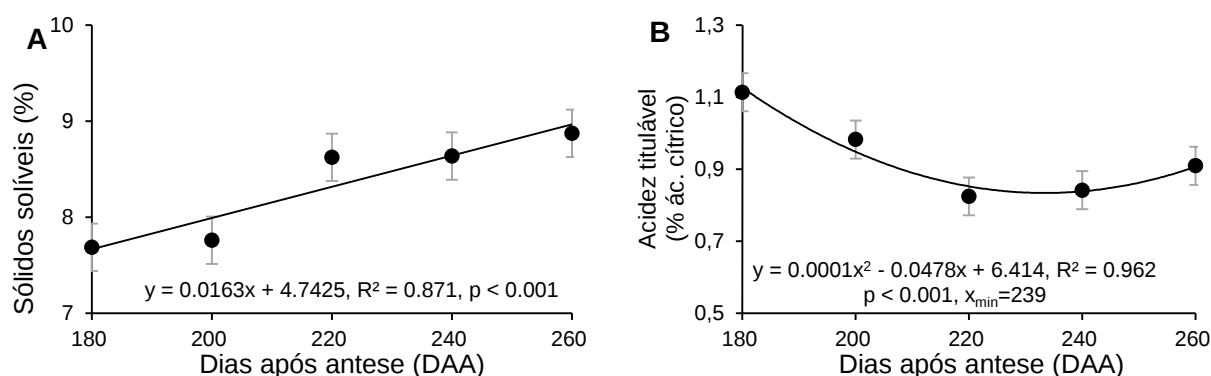
Houve aumento linear para a variável sólidos solúveis (Figura 9A) em função dos DAA. Para a acidez titulável ocorreu redução quadrática com o valor mínimo de acidez (0,7 % de ácido cítrico) aos 239 DAA (Figura 9B). Quanto ao índice de maturação, houve comportamento quadrático com ao longo dos DAA, obtendo-se o valor máximo estimado de 10,4 aos 240 DAA (Figura 9C).

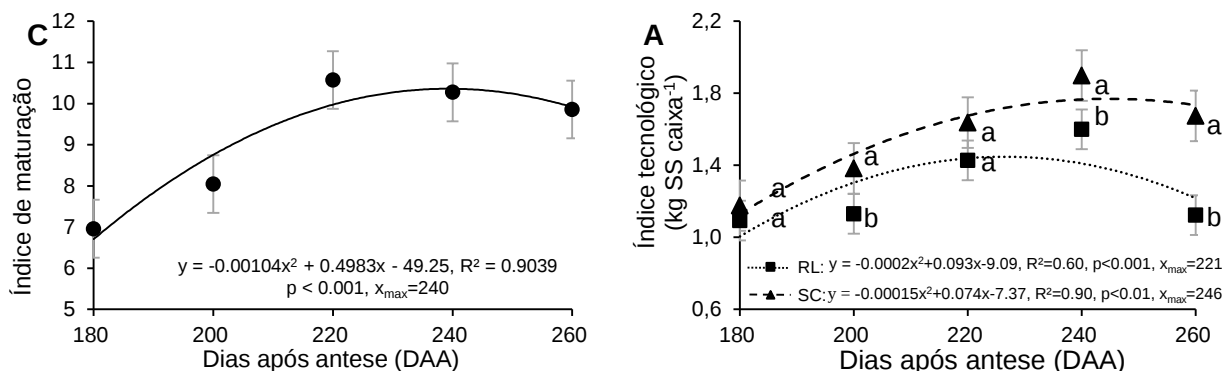
O aumento do índice de maturação é decorrente da proporção de sólidos solúveis e acidez no fruto, tanto que, esse parâmetro qualitativo é utilizado como

ferramenta para indicar a maturação dos frutos (CARVALHO et al., 2020). Valores semelhantes foram encontrados por Domingues et al. (2018), que ao avaliarem a qualidade dos frutos de laranjeira ‘Cadenera’ em diversos porta-enxertos obtiveram valor médio igual a 11.

Para o índice tecnológico observou-se interação significativa ($p < 0,01$) entre as combinações copa/porta-enxerto e os DAA. Houve ajuste quadrático para ambas as combinações copa/porta-enxerto. A combinação SM/CS promoveu valor máximo de 1,8 kg SS caixa⁻¹ aos 246,7 DAA, e a combinação SM/LC 1,2 kg SS caixa⁻¹ aos 221,4 DAA. De modo geral, a combinação SM/CS promoveu a produção de frutos com maior índice tecnológico durante o período de maturação dos frutos (Figura 9D). O índice tecnológico envolve a massa dos frutos, o rendimento do suco e os sólidos solúveis, portanto o resultado dessa variável é influenciado por todos os fatores que afetam o comportamento desses parâmetros (VOLPE et al., 2002). O decréscimo no rendimento de suco também implica na redução do índice tecnológico.

Figura 9 - Sólidos solúveis, acidez titulável, índice de maturação e índice tecnológico de laranjeira Sanguínea de Mombuca enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019





Em cada DAA, pontos seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

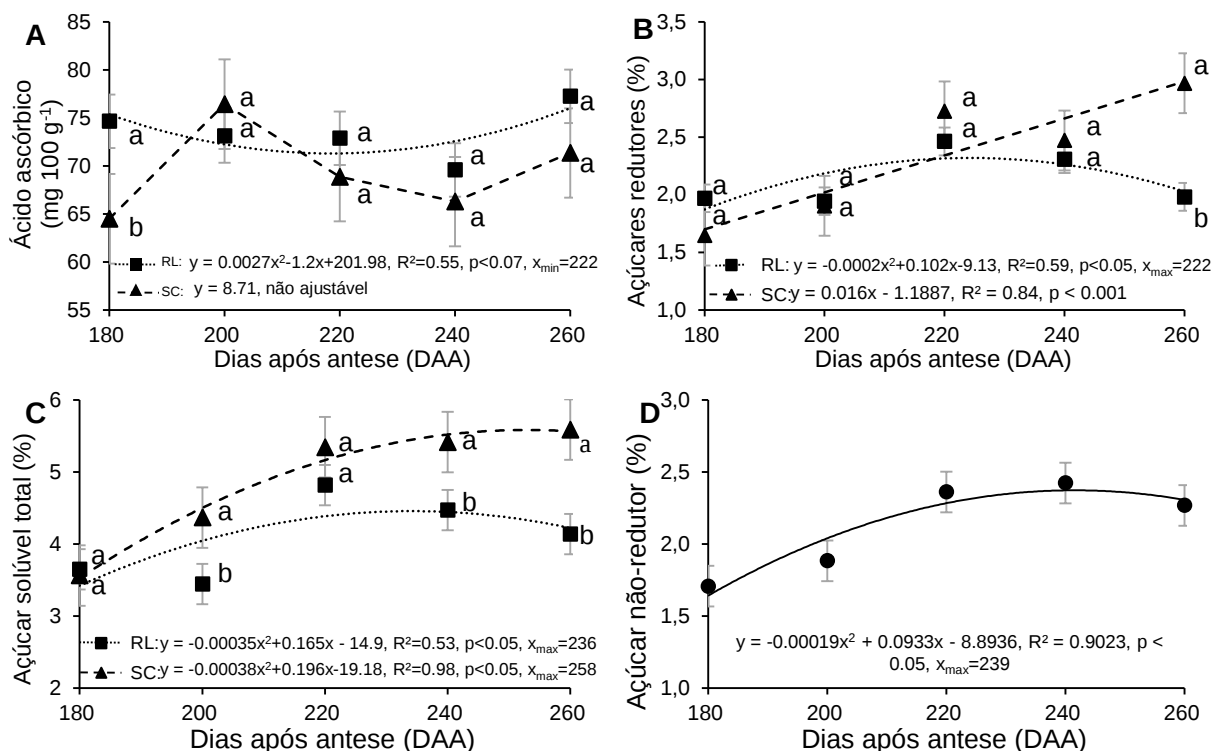
Os teores de ácido ascórbico (AA) apresentaram interação significativa entre as combinações copa/porta-enxertos e os DAA ($p < 0,01$). Houve redução quadrática nas concentrações de AA dos frutos em SM/LC, atingindo o ponto mínimo em 222 DAA (Figura 10A). Tal resultado ocorreu por consequência climática, pois logo após o mês de março, as precipitações diminuíram e as temperaturas continuaram altas, o que ocasionou o aumento das concentrações em função da redução de água no fruto. Em relação a combinação SM/CS, os modelos de regressão (linear e quadrática) não se ajustaram aos dados obtidos. Como já mencionado, durante as avaliações, ocorreu períodos de grande estiagem. Essa situação, associada ao fato que o porta-enxerto CS apresenta menor tolerância ao déficit hídrico, o que possivelmente diminui a capacidade fotossintética das plantas, explicando esse comportamento instável, pois a biossíntese do AA é formada a partir da D-glicose, com nucleotídeos e açúcares como intermediários (WHEELER et al., 1998).

Lee e Kader (2000) mencionam que fatores como o processo fotossintético, temperatura e exposição ao sol pode afetar a síntese e produção do AA. Loannidi et al. (2009) em estudo com a cultura do tomateiro relatou que as condições ambientais, irradiação e principalmente estresses, pode induzir a expressão de genes responsáveis pela síntese do AA. Outra justificativa pertinente seria pelas oscilações de concentrações de AA que podem ocorrer durante a maturação do fruto, principalmente em função de estresses. Nesses eventos, o AA passa por processo de oxidação e é transformado em dehidroascórbico (NAKILCIOĞLU-TAŞ; ÖTLEŞ, 2020), o que pode explicar maiores e menores concentração de AA no decorrer das avaliações.

Os teores de açúcares se comportaram de forma dessemelhante. Enquanto para os açúcares redutores e totais houve interação significativa ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente) entre as combinações copa/porta-enxerto e os DAA, para os açúcares não-redutores verificou-se somente efeito isolado dos DAA ($p < 0,01$).

Os teores de açúcares redutores dos frutos da combinação SM/CS aumentaram de forma linear ao longo da maturação e aos 260 DAA foram significativamente superiores aos observados em frutos de SM/LC. Por outro lado, a combinação SM/LC promoveu uma redução quadrática dos teores de açúcares redutores a partir dos 222 DAA (Figura 10B). Essa redução pode ser explicada pelo fator rendimento de fruto (tamanho), ou seja, por efeito de concentração. No entanto, observa-se que esses frutos chegaram ao valor máximo de massa em 258 DAA, sendo assim, durante todo esse período, os frutos estavam em desenvolvimento, logo, os carboidratos estavam sendo distribuídos para todas as partes dos frutos, como suco, albedo e flavedo. Para a porcentagem de açúcares totais, os valores de ambas as combinações copa/porta-enxertos foram ajustados ao modelo quadrático. Para a combinação SM/CS, o valor máximo de açúcares totais (6,10%) foi obtido aos 258 DAA. Por outro lado, a combinação SM/LC atingiu um máximo de 4,5% aos 236 DAA (Figura 10C). O aumento da concentração do açúcar total está relacionado com o fato que durante toda a fase de crescimento e maturação dos frutos, ocorre um crescente aumento de sacarose (LADANIYA, 2008), e essa intensidade está diretamente ligada ao processo fotossintético que, por sua vez, pode ser influenciado pelas condições climáticas (PARRA CORONADO et al., 2006), bem como pelo porta-enxerto. Em relação aos açúcares não-redutores, verificou-se aumento quadrático das médias até 239 DAA, com valor máximo de 2,3% (Figura 10D).

Figura 10 - Teores de ácido ascórbico (A) e porcentagem de açúcares redutores (B), não-redutores (C) e totais (D) de frutos de laranjeira ‘Sanguínea de Mombuca’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ em função das épocas de coleta dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019



Em cada DAA, pontos seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O decréscimo do rendimento de suco, dos açúcares não-redutores e o aumento da acidez titulável após 239 DAA ocorreram por consequência do clima, principalmente pela precipitação e temperatura. Verificou-se que após o mês de março, as precipitações diminuiram e as temperaturas continuaram relativamente altas (Figura 2).

Embora tenha ocorrido o aumento linear dos sólidos solúveis, isso pode ter ocorrido por efeito de concentração, ou seja, devido à perda de água dos frutos. Por essa mesma razão, explica-se o aumento da acidez titulável após 239 DAA. Diante do comportamento dessas variáveis, fim de se obter o melhor aproveitamento da matéria prima, o ideal é realizar a colheita dos frutos da ‘Sanguínea de Mombuca’ próximo as 240 DAA. Portanto, a escolha do ponto de colheita com base somente nos sólidos solúveis não é a mais adequada para essa cultivar.

1.3.3 Desempenho produtivo das plantas

Houve efeito significativo entre as combinações copa/porta-enxerto para as variáveis produção, número de frutos, produtividade (t ha^{-1}) e eficiência produtiva (kg m^{-3}). Todavia, para o volume de copa não se obteve efeito significativo para as combinações copa/porta-enxerto (Tabela 1). Tal fato evidencia que os porta-enxertos exerceram influência semelhante sobre o crescimento da copa da laranja ‘Sanguínea de Mombuca’ nas condições deste estudo.

Tabela 1 - Valores do teste F e médias de número de frutos, produção, produtividade, volume de copa e eficiência produtiva de laranja ‘Sanguínea de Mombuca’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ – São Manuel/SP – 2019

Fontes de Variação	Número de frutos	Produção (kg/planta)	Produtividade (t ha^{-1})	Volume de copa (m^3)	Eficiência Produtiva (kg m^{-3})
Valores do Test F					
Bloco	1,38 ^{ns}	2,51 ^{ns}	2,51 ^{ns}	2,19 ^{ns}	2,51 ^{ns}
Porta-enxerto	9,03 ^{**}	59,77 ^{**}	59,79 ^{**}	1,28 ^{ns}	50,62 ^{**}
C.V. (%)	22,27	10,67	10,67	17,66	19,87
Porta-enxerto	Médias				
‘Rangpur’ lime	125,71a	23,43a	9,770a	1,95a	12,18a
‘Swingle’ citrumelo	89,68b	13,97b	5,823b	2,15a	5,82b
Média geral	107,69	17,60	7,336	2,05	8,99

ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1% pelo teste F. Letras iguais na coluna não diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O desempenho produtivo das plantas da combinação SM/LC, no que diz respeito ao número de frutos, produção, produtividade e eficiência produtiva, foi superior ao obtido em plantas da combinação SM/CS (Tabela 1). Uma vez que não houve diferenças para o volume de copa, a maior eficiência produtiva das plantas da combinação SM/LC ocorreu devido à maior produção.

Como já mencionado, a escolha do porta-enxerto pode interferir diretamente no desempenho produtivo das plantas, principalmente quando são levadas em consideração suas peculiaridades, associado com as condições de cultivo (BASTOS et al., 2014). Tal afirmação explica os resultados encontrados nesse estudo, assim como os encontrados por França et al. (2016), que em estudo com a laranja

‘Valência Tuxpan’ em sistema de sequeiro, também concluíram que a produção das plantas enxertadas em LC é superior quando comparada ao CS.

Autores como Donato et al. (2007) e Machado et al. (2010), afirmam que os fatores que mais afetam o crescimento das plantas, a produção, número de frutos e a produtividade são a disponibilidade hídrica, o porta-enxerto, a evaporação, tipo de solo e a temperatura. Diferentemente, Domingos et al. (2018), ao avaliarem o comportamento da laranjeira ‘Cadenera’ sobre os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’, reportam não haver diferenças quanto ao desempenho produtivo. O mesmo é relatado por Bacar et al. (2017) para a laranjeira ‘Jaffa’.

Entretanto, a superioridade da combinação SM/LC para essas variáveis pode estar associada com as condições de cultivo apresentadas nesse estudo. Compreende-se que o porta-enxerto CS apresenta menor tolerância ao déficit hídrico (BASTOS et al., 2014) e esse fato o tornou mais sensível às condições adversas da região, o que consequentemente influenciou no desempenho da combinação SM/CS. Isso indica que nessa região, dependendo do porta-enxerto utilizado, pode ser vantajoso o uso de irrigação em sistemas mais tecnificados, pois a deficiência de água pode afetar significativamente no pegamento, produção e qualidade do fruto (EL-FADEL et al., 2018).

1.4 CONCLUSÕES

A cultivar copa laranjeira ‘Sanguínea de Mombuca’, sobre os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’, completa o ciclo da antese à colheita em 246 dias, com acúmulo de 3226,7 graus-dias. Os melhores atributos de qualidade são obtidos por volta de 240 dias após a antese para as plantas enxertadas nos dois porta-enxertos. Os frutos produzidos sobre citrumeleiro ‘Swingle’ apresentam maiores teores de sólidos solúveis e açúcares totais e redutores ao final da maturação, além de maior índice tecnológico. Por outro lado, o limoeiro ‘Cravo’ promove melhor desempenho produtivo inicial das plantas de ‘Sanguínea de Mombuca’ na região de São Manuel, São Paulo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis of AOAC international**. Gaithersburg, p.10-15, 2005

ARRUDA, M. C., FISCHER, I. H., ZANETTE, M. M., SILVA, B. L., SANTOS, C. A. J. P. Qualidade físico química de frutos de laranja Valência provenientes de cultivos orgânico e convencional. **Citrus Research & Technology**, v. 32, n. 2, p.103-108, 2011.

BACAR, E. L., NEVES, C. S. V. J., LEITE JUNIOR, R. P., YADA, I. F. U., TAZIMA, Z. H. 'Jaffa' sweet orange plants grafted onto five rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 5, p.1-9, 2017.

BARBASSO, D. V.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; PIO, R. M. Caracterização fenológica de variedades do tipo Murcott em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 27, n. 3, p.399-403, 2005.

BASTOS, D. C., FERREIRA, E. A., PASSOS, O. S., SÁ, J. F., ALAÍDE, E. M., CALGARO, M. Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 281, p. 36-45, 2014.

BEBER, P. M.; ÁLVARES, V. de S.; KUSDRA, J. F. Qualidade industrial e maturação de frutos de laranjeiras-doce em Rio Branco, Acre. **Citrus Research & Technology**, v. 39, n. 1030, p.1-9, 2018.

BOLFARINI, A. C. B., SOUZA, J. M. A., PUTTI, F. F., SILVA, M. S., FERREIRA, R. B., LEONEL, M., TECCHIO, M. A., LEONEL, S. Physicochemical characteristics of unripe and ripe banana 'FHIA 18' submitted to phosphorus fertilizer over three production cycles. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n.1, p.33-48, 2020.

CARVALHO, D. U., CRUZ, M. A., COLOMBO, R. C., WATANABE, L. S., TAZIMA, Z. H., NEVES, C. S. V. J. Determination of organic acids and carbohydrates in 'Salustiana' orange fruit from different rootstocks. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, n. e2018329, p.1-11, 2020.

CARVALHO, L. M., CARVALHO, H. W. L., BARROS, I., MARTINS, C. R., SOARES FILHOS, W. S., GIRARDI, E. A., PASSOS, O. S.. New scion-rootstock combinations for diversification of sweet orange orchards in tropical hardsetting soils. **Scientia Horticulturae**, v. 243, n.1, p.169-176, 2019.

CASTLE, W. S. A career perspective on Citrus rootstocks, their development, and commercialization. **HortScience**, v. 45, n.1, p.11-15, 2010.

Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo - CEAGESP. **Normas de classificação de citros de mesa**. São Paulo, 2011.

Associação nacional dos exportadores de sucos cítricos - CITRUSBR – (2021). **Processamento Industrial**. São Paulo, 2021.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora UFLA, 2005.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n. 1, p.1-11, 2009.

CRUZ, M. A., NEVES, C. S. V. J., CARVALHO, D. U., COLOMBO, R. C., LEITE J UNIOR, R. P., TAZIMA, Z. H. 'Navelina' sweet orange trees on five rootstocks in Northern Parana state, Brazil: **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 3, p.1-9, 2019.

DONADIO, L. C., CABRITA, J. R. M., SEMPIONATO, O. R., PARO, M. Tangerina Cleópatra: vantagens e desvantagens como porta-enxerto na citricultura. **Laranja**, v. 14, n.1, p. 565- 579, 1993.

EL-FADEL, M., DEEB, T., ALAMEDDINE, I., ZURAYK, R., CHAABAN, J. Impact of groundwater salinity on agricultural productivity with climate change implications. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v.13, n. 3, p.445-456, 2018.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, p. 353, 2013.

Food and agriculture organization of the United Nations - FAOSTAT. **Produção mundial de laranja. 2019.** 2021 disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

FRANÇA, N. de O., AMORIN, M. S., GIRARDI, E. A., PASSOS, O. S., SOARES FILHOS, W. S. S. Performance of 'Tuxpan Valencia' sweet orange grafted onto 14 rootstocks in northern Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, p. 684, 2016.

Fundo de Defesa da Citricultura - FUNDECITRUS. **Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro 2020/21.** Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_06_25_Invent%C3%A1rio_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2020-20211.pdf

DI GIORGI, F. Contribuição ao estudo do comportamento de algumas variedades de citros e suas implicações agroindustriais. **Laranja**, v. 11, n. 2, p.567-612, 1990.

DOMINGUES, A. R., NEVES, C. S. V. J., YADA, I. F. U., LEITE JUNIOR, R. P., TAZIMA, Z. H. Performance of 'Cadenera' orange trees grafted on five rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 4, p.1-9, 2018.

DONATO, S. L. R., PEREIRA, C. S., BARROS, Z. J., SIQ U EIRA, D. L., SALOMÃO, L. C. C. Contribuição ao estudo do comportamento de algumas variedades de citros e suas implicações agroindustriais enxerto de citros à deficiência hídrica (Nota). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p.1507-1510, 2007.

GARIGLIO, N. F., WEBER, M., CASTRO, D., MICHELOUD, N. Influence of the Environmental Conditions, the Variety, and Different Cultural Practices on the Phenology of Peach in the Central Area of Santa Fe (Argentina). **Phenology and climate change**, p. 217-240, 2012.

GJAMOVSKI, V.; KIPRIJANOVSKI, M. Influence of nine dwarfing apple rootstocks on vigour and productivity of apple cultivar 'Granny Smith'. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 4, p.742-746, 2011.

HAMEDANI, M., RABIEL, V., MORADI, H., GHANBARI, A., & AZIMI, R. M. Determination of storage duration and temperature effects on fruit quality parameters of blood orange (*Citrus sinensis* cv. Torocco). **Biharean Biologist**, v. 6, n. 1, p. 10-13, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. São Paulo, p. 533, 1985.

JACOMINO A. P.; ARRUDA M. C.; BRON I. U.; KLUGE R. A. Transformações bioquímicas em produtos hortícolas após a colheita. In: KOBLITZ M. G. B. **Bioquímica de alimentos – teoria e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.153-189, 2008.

LADANIYA, M. S. **Citrus fruit: biology, technology and evaluation**. San Diego, 2008. 501-514p.

LATADO, R. R. Laranjas de polpa vermelha e laranjas sanguíneas. **Espaço citrícola**, p. 27-38, 2008.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.

LEGUA, P., BELLVER, R., FORNER, J., FORNER-GINER, M. A. Plant growth, yield and fruit quality of 'Lane Late' navel orange on four citrus rootstocks. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 1, p. 271-279, 2011.

LOANNIDI, E., KALAMAKI, M. S., ENGINEER, C., PATERAKI, I., ALEXANDROU, D., MELLIDOU, I., GIOVANNONNI, J., KANELIS, A. K. Expression profiling of ascorbic acid-related genes during tomato fruit development. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 2, p.663-678, 2009.

MACHADO, D. F. S. P., MACHADO, E. C., MACHADO, R. S., RIBEIRO, R. V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira 'Valencia'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010.

MENDEL, K. Rootstock-scion relationships in Shamouti trees on light soils. **Katavin, Rehovot**, v. 6, n.1, p.35-60, 1956.

MICHELOUD N. G., CASTRO, D. C., BUYATTI, M. A., GABRIEL, P. M., FRANCISCO, N. Factors affecting phenology of different citrus varieties under the temperate climate conditions of Santa Fe, Argentina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n.1, p.1-9, 2018.

NAKILCIOĞLU-TAŞ, E.; ÖTLEŞ, S. Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. **Engineering Sciences**, v. 92, n. 2, p.1-9, 2020.

NASCIMENTO, F. S. S., RIBEIRO, V. G., BASTOS, D. C., de SÁ, J. F.. Thermal requirements of citrus fruits grafted onto rootstocks in the low-middle region of the São Francisco river basin. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p.336-343, 2018.

NELSON, N. A photometric adaptation of somogyi method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, n. 2, p. 375-380, 1944.

OLIVEIRA, C. R. M., MELLO-FARIAS, P. C., de OLIVEIRA, D. S. C., CHAVES, A. L. S., HERTER, F. G. Water availability effect on gas exchanges and on phenology of 'Cabula' orange. **Acta Horticulturae**, v. 1, n. 1150, p. 133-138, 2017.

OLIVEIRA, N. A. de S., WINKELMANN, D. O. V., TOBAL, T. M. Farinhas e subprodutos da laranja sanguínea-de-mombuca: caracterização química e aplicação em sorvete. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, n. 1, p. 1-8, 2019.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Editora Ceres, p. 440, 1981.

PARRA-CORONADO, A.; HERNÁNDEZ, J. E. H.; CAMACHO-TAMAYO, J. H. Estudio de algunas propiedades físicas y fisiológicas precosecha de la pera variedad triunfo de Viena. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 55-59, 2006.

PEER, W. Vegetative growth and organogenesis. In: TAIZ, L et al. **Plant physiology and development**. 6th ed. Sunderland. Sinaue: Editora Associates, v. 8., p.553-587, 2015.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Editora Agropecuária, p. 478, 2002.

PETRY, H. B., REIS, B., SILVA, R. R., GONZATTO, M. P., SCHWARZ, S. F. Porta-enxertos influenciam o desempenho produtivo de laranjeiras-de-umbigo submetidas a poda drástica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p.449-455, 2015.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. **Citros**. Campinas: Editora Fundag, p. 63-104, 2005.

PRIETO I.; ARMAS C.; PUGNAIRE F. I. Water release through plant roots: new insights into its consequences at the plant and ecosystem level. **New Phytologist**, v. 193, n. 4, p.830–841, 2012.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D. de; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: Editora Fundag, p. 483-507, 2005.

RIBEIRO R. V., NÚÑEZ, E. E., JORGINO, P. JR., MOURÃO FILHO, F. A. A. Citrus rootstocks for improving the horticultural performance and physiological responses under constraining environments. **Improvement of crops in the era of climatic changes**, v. 1, p.1-37, 2014.

WEBER, M. E., CASTRO, D. C., MICHELOUD, N. Changes in the Reproductive Traits of Low-chill Peach Tree in Response to Reproductive Shoot Pruning after Harvesting. **European Journal of Horticultural Science**, v. 78, n. 1, p. 1-7, 2013.

WHEELER, G. L.; JONES, M. A.; SMIRNOFF, N. The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. **Nature**, v. 393, n. 6683, p. 365-369, 1998.

WU, G. A.; TEROL, J.; IBANEZ, V.; LÓPEZ-GARCÍA, A.; PÉREZ-ROMÁN, E.; BORREDÁ, C.; DOMINGO, C.; TADEO, F. R.; CARBONELL-CABALLERO, J.; ALONSO, R. Genomics of the origin and evolution of Citrus. **Nature**, v. 554, n. 7692, p. 311-316, 2018.

VOLPE, C. A.; SCHÖFFEF, E. R.; BARBOSA, J. C. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas 'Valência' e 'Natal' na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 436-441, 2002.

SCHÄFER, G.; BASTIANEL, M.; DORNELLES, A. L. C. Ciência Rural: citriculture rootstocks in use. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 723-733, 2001.

SIMÕES, D.; CABRAL, A. C.; OLIVEIRA, P. A. Citriculture economic and financial evaluation under conditions of uncertainty. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 859-869, 2015.

SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. **Citros: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017.

CAPÍTULO 2

DESEMPENHO VARIETAL DE COMBINAÇÕES COPAS/PORTA-ENXERTOS PARA A PRODUÇÃO DE LARANJAS DOCES NO CENTROESTE PAULISTA

Resumo

A avaliação do desempenho varietal de combinações de copa e porta-enxertos cítricos é um fator preponderante quando se trata da sustentabilidade da cultura. Os estudos procuram identificar genótipos de dupla aptidão, tanto para o processamento industrial, como para frutos de mesa. O objetivo do trabalho foi avaliar o ciclo fenológico, a soma térmica, caracterizar os frutos, principalmente os atributos de qualidade e o desempenho vegetativo e produtivo das laranjeiras doces Rubi, Lue Gin Gong e Valência Delta Seedless enxertadas em limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle'. Os tratamentos foram constituídos por seis combinações copa/porta-enxerto em delineamento em blocos ao acaso. Os dados foram submetidos às Análises de variância, dos componentes principais (ACP) e correlação de Pearson. Para a análise dos intervalos fenológicos, desempenho produtivo e caracterização dos frutos, os dados foram submetidos a análise de variância e quando constatada a significância pelo teste F, as médias entre os porta-enxertos foram comparadas pelo teste Tukey. A Análise de Componentes Principais detectou duas regiões, sendo a primeira composta pelas combinações Rubi/CS, Rubi/LC, LGG/CS e LGG/LC, e a segunda região, composta pelas combinações VDS/CS e VDS/LC. A duração dos ciclos fenológicos foi pouco afetada pelos porta-enxertos. As combinações Rubi/LC e Rubi/CS promoveram os melhores desempenhos produtivos, e as melhores colorações dos frutos. As combinações LGG/LC, LGG/CS, VDS/LC e VDS/CS apresentem os melhores atributos de qualidade físico-química dos frutos.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*, Osbeck; *Citrus limonia*, Osbeck; [*P. trifoliata* (L.) Raf x *C. paradisi* Macf.]; graus dia.

Abstract

The evaluation of the varietal performance of citrus canopy and rootstock combinations is a major factor when it comes to the sustainability of the crop. The studies seek to identify dual-purpose genotypes, both for industrial processing and for table fruits. The objective of this work was to evaluate the phenological cycle, the thermal sum, to characterize the fruits, mainly the quality attributes and the vegetative and productive performance of sweet orange trees Rubi, Lue Gin Gong and Valência Delta Seedless grafted on 'Rangpur' lemon and 'Cravo' lemon tree. Swingle'. The treatments consisted of six scion/rootstock combinations in a randomized block design. Data were submitted to analysis of variance, principal components (PCA) and Pearson's correlation. For the analysis of the phenological intervals, productive performance and characterization of the fruits, the data were submitted to analysis of variance and when the significance was verified by the F test, the means between the rootstocks were compared by the Tukey test. The Principal Component Analysis detected two regions, the first being composed by the combinations Rubi/CS, Rubi/LC, LGG/CS and LGG/LC, and the second region, composed by the combinations VDS/CS and VDS/LC. The duration of the phenological cycles was little affected by the rootstocks. The Rubi/LC and Rubi/CS combinations promoted the best productive performances and the best fruit color. The combinations LGG/LC, LGG/CS, VDS/LC and VDS/CS present the best attributes of physicochemical quality of the fruits.

Key-words: *Citrus sinensis*, Osbeck; *Citrus limonia*, Osbeck; [*P. trifoliata* (L.) Raf x *C. paradisi* Macf.]; degree days.

2.1 INTRODUÇÃO

A produção de laranjas é uma das atividades de maior destaque do agronegócio brasileiro, exercendo importante papel econômico e social. O Brasil ocupa a primeira posição dentre os maiores produtores dessa fruta no mundo (FAOSTAT, 2021). A maior parte da produção está concentrada nos estados de São Paulo e Minas Gerais, onde são produzidas laranjas com boa aceitabilidade tanto para o mercado de fruta fresca, quanto para o processamento industrial (FUNDECITRUS, 2021). No cenário internacional, o Brasil também se destaca como maior exportador de suco concentrado e congelado, conhecimento como “*Frozen Concentrated Orange Juice*” (FCOJ), em 2019/2020, exportou 1.048.485 toneladas (CITRUSBR, 2021)

Apesar da grande importância da cultura para o agronegócio brasileiro, a citricultura paulista é caracterizada pela baixa diversificação, concentrando-se no uso de poucas combinações de cultivares copa e porta-enxertos, característica que coloca a cultura em posição de vulnerabilidade com relação aos problemas fitossanitários (CARVALHO et al., 2019). Atualmente, a citricultura brasileira tem como cultivares copa predominantes as laranjeiras precoces Hamlin (11%), Rubi (2,1%) e Westin (1,4%); de meia-estação a Pera Rio (35,0%); e tardias, as cultivares Valência (27,0%), Natal (11,0%) e Folha Murcha (4,0%) (FUNDECITRUS, 2021).

Dentre as cultivares precoces, a ‘Rubi’, originária da coleção de Navarro de Andrade, em Araras, no estado de São Paulo, apresenta frutos com maturação precoce, com tamanho médio de 172 gramas, podendo atingir a produção anual de 40 toneladas por hectare e um rendimento de suco de 49% (PIO et al., 2005).

Por outro lado, o desempenho de algumas cultivares, como é o caso da ‘Lue Gin Gong’ (LGG), é pouco conhecido e avaliado. Esta cultivar foi originada na Flórida em 1988 a partir de seedling nucelar de laranja ‘Valência’. Os frutos têm maturação tardia e depois de colhidos, sob condições controladas de refrigeração, podem ser conservados por mais de um mês (OLIVEIRA & SCIVITARO, 2008). As principais limitações da cultivar são a propensão à produção de frutos pequenos e à alternância de produção. No entanto, pode atingir produção de até 45 toneladas por hectare (EMBRAPA, 2008).

Outra cultivar pouco utilizada é a cultivar Valência Delta Seedless (VDS), originada por mutação espontânea de gema da cv. Valência ou por *seedling* nucelar, tendo a cultivar Valência como genitora. Apresenta frutos com maturação tardia e sem sementes, pode atingir produção anual de 45 toneladas por hectare, embora apresente alternância de produção (EMBRAPA, 2008).

As principais características agronômicas das plantas cítricas são determinadas pela interação entre copa e porta-enxerto, fato que torna a escolha do porta-enxerto fator imprescindível para o sucesso de um pomar comercial (BASTOS et al., 2015). Os porta-enxertos interferem nas características agronômicas das cultivares copa, tais como, vigor vegetativo, precocidade de produção, época de maturação e qualidade dos frutos, capacidade de absorção de água e nutrientes e resistência à seca e às pragas e doenças (POMPEU JÚNIOR, 2009).

Na citricultura brasileira, dois dos principais porta-enxertos são o limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) e o híbrido citrumeleiro 'Swingle' (*C. paradisi* Macfad. 'Duncan' × *Poncirus trifoliata* L. Raf.). O limoeiro 'Cravo' (LC) apresenta maior vigor e tolerância à seca, bem como promove na copa maturação precoce e alta produtividade (POMPEU JUNIOR, 2005; AMARO e BAPTISTELLA, 2010). Por sua vez, o citrumeleiro 'Swingle' (CS) induz à copa porte mediano, maturação menos precoce e frutos de alta qualidade (MATTOS JÚNIOR et al., 2005).

Dentre os principais desafios para a expansão do setor citrícola brasileiro, destaca-se a importância da diversificação de copas e porta-enxertos. Tendo em vista as possibilidades de diferentes combinações e os possíveis resultados obtidos a partir delas, torna-se primordial a caracterização do comportamento destas combinações nas respectivas regiões produtoras.

A duração dos ciclos fenológicos representa um dos primeiros requisitos quando se pretende avaliar estas combinações (VOLPE et al., 2002). Tais avaliações tornam-se uma importante ferramenta para a racionalização e otimização dos cultivos, visto que muitas práticas, tais como poda, fertilização, manejo fitossanitário e época de colheita, dependem da caracterização dos estádios fenológicos (RIVADENEIRA, 2012).

Face às diferentes condições de clima vigentes nas regiões de cultivo, outro fator importante é a caracterização das exigências térmicas das cultivares ao longo dos ciclos vegetativo e reprodutivo. Isso é possível a partir do estudo da soma térmica de cada cultivar, que nada mais é que a quantidade de energia, em termos

de temperatura, que as plantas necessitam para completar um determinado ciclo de desenvolvimento (SANTOS et al., 2007). Esse cálculo é utilizado para prever subperíodos fenológicos, auxiliando no escalonamento da produção, planejamento de colheita e até no zoneamento climático (STENZEL et al., 2006; HARDY e KHURSHID, 2007 e RIVANEDEIRA, 2012).

O desempenho produtivo de um pomar de laranjeiras é decorrente das características da cultivar copa, do porta-enxerto, das condições climáticas, do solo e do sistema de cultivo (SAMPAIO et al., 2006). Deste modo, enfatiza-se a importância da realização de ensaios agrônômicos regionais para a recomendação de combinações copa e porta-enxertos para uma determinada região produtora (SEQUERLI e TUZCO, 2020).

Além do conhecimento sobre o desempenho fenológico e produtivo, é fundamental a caracterização das propriedades físicas e físico-químicas dos frutos. Essas variáveis permitem considerar se determinadas combinações copa X porta-enxerto resultam na produção de frutos de maior ou menor qualidade, de modo a identificar aqueles com características ideais para a elaboração de sucos e para o consumo ao natural (SATO et al., 2009).

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a fenologia, o desempenho vegetativo e produtivo, a soma térmica, e os atributos de qualidade dos frutos de três cultivares de laranjeiras doces enxertadas em limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle' na região Sudeste do estado de São Paulo.

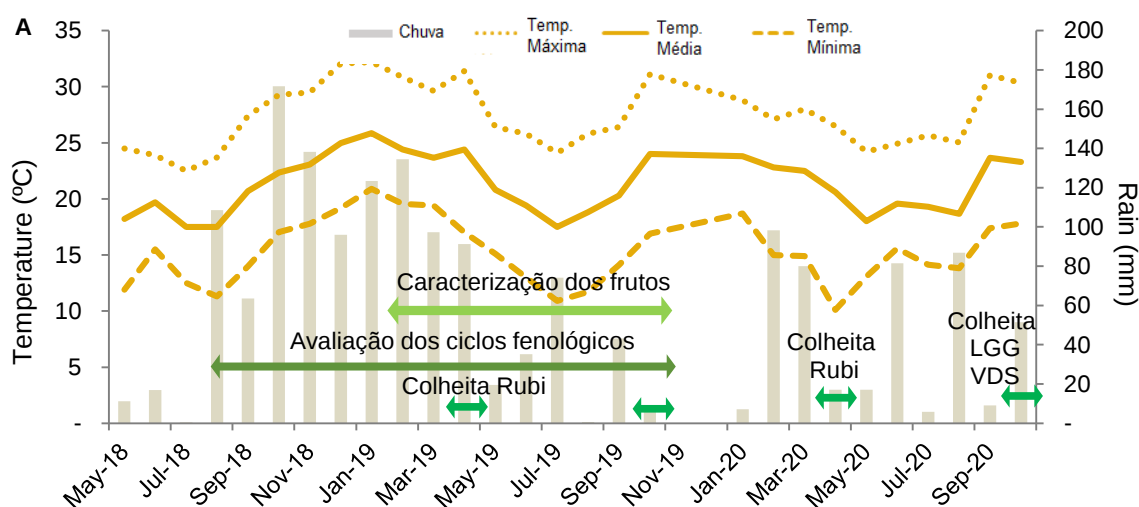
2.2 MATERIAL E MÉTODOS

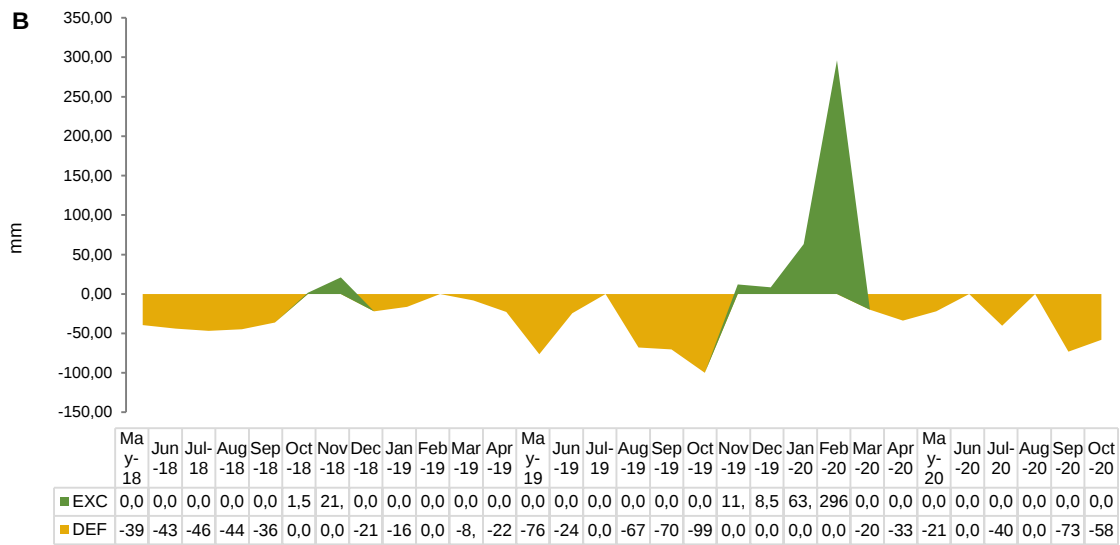
2.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em pomar da Fazenda Experimental São Manuel, pertencente a Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), localizada em São Manuel, São Paulo, Brasil (22°44'28" S, 48°34'37" W, na altitude de 740m). Conforme a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, sendo temperado quente (mesotérmico), úmido e a temperatura média do mês mais quente é de aproximadamente 22°C (CUNHA, MARTINS, 2009). O solo da área é classificado como um Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006).

Mudas das cultivares (cvs.) Rubi (Rubi), LGG (Lue Gin Gong) e VDS (Valência Delta Seedless), enxertadas em LC (Limoeiro 'Cravo') e CS (Citrumeleiro 'Swingle'), foram implantadas em outubro de 2015 em espaçamento de 6 metros entre linhas e 4 metros entre plantas. As análises foram conduzidas entre julho de 2018 e outubro de 2020. Os dados climáticos foram coletados a partir da base do CIAGRO (Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas). Determinou-se o balanço hídrico, para o qual adotou-se a profundidade média do sistema radicular de 80 cm e a capacidade de água disponível de 70 mm (THORNTHWAITE e MATHER, 1955) referentes a este período (Figura 1). As fertilizações ocorreram de acordo com a análise de solo e os requisitos da cultura (QUAGGIO et al., 2005).

Figura 1 - A. Precipitação, temperaturas média, máxima e mínima mensal, período do estudo fenológico, caracterização dos frutos e período de colheita. B. Balanço hídrico climático de maio de 2018 a outubro de 2020. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019

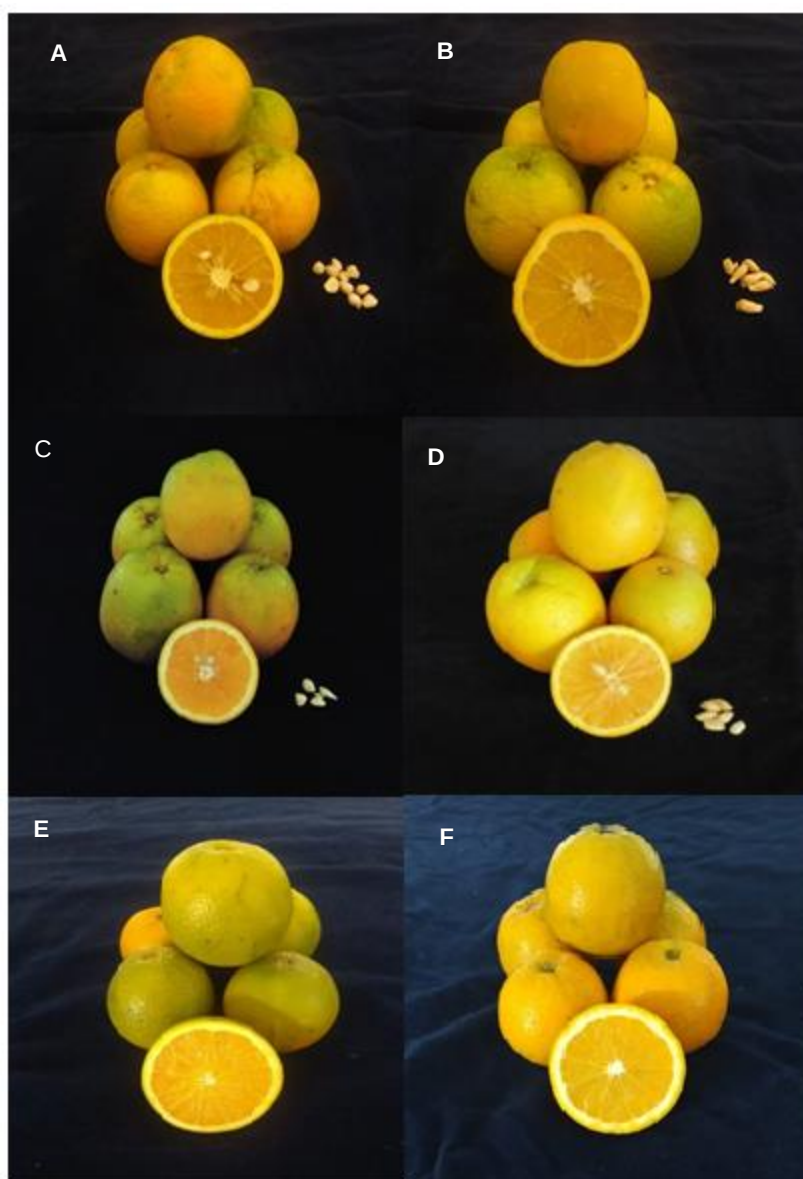




2.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3x2, em que o primeiro fator corresponde às cultivares copa (Rubi, LGG e VDS) e o segundo, aos porta-enxertos (LC e CS), perfazendo-se as combinações Rubi/CS, Rubi/LC, LGG/CS, LGG/LC, VDS/CS e VDS/LC. (Figura 2). Foram utilizadas quatro repetições, cada uma composta por duas plantas úteis.

Figura 2 - Frutos das combinações Rubi/LC (A) e Rubi/CS (B). LGG/LC (C) e LGG/CS (D). VDS/LC (E) e VDS/CS (F), FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019



2.2.3 Avaliação dos ciclos fenológicos em dias e soma térmica

Foram selecionados, aleatoriamente, seis ramos por planta, distribuídos na porção mediana, ao redor da circunferência da copa. Para realização do estudo fenológico, adotou-se a escala fenológica proposta por Barbasso et al. (2005). Todavia, neste estudo, foram considerados os estádios (3) Abertura da flor (antese); (6) Fruto com aproximadamente 3 cm de diâmetro (bola de gude); (7) Fruto com aproximadamente 4,5 cm (bola de pingue-pongue); (8) Fruto verde próximo do

tamanho final; (9) Fruto na mudança de cor verde para amarela, (10) índice de maturação 12 (Figura 3). A cada vinte dias os ramos foram avaliados, de modo que o estágio era estabelecido quando 51% dos ramos apresentavam-se no respectivo estágio fenológico.

Uma vez identificados os estádios fenológicos das plantas das combinações entre as cultivares copa Rubi, LGG e VDS e os porta-enxertos LC e CS, foram aferidos o número de dias e os graus dias (GD) acumulados nos intervalos entre os intervalos 3-6, 6-7, 7-8, 8-9 e 9-10 (Figura 3). Para a determinação dos GDs acumulados, foram consideradas as temperaturas mínima (Tm) e máxima (TM) e as temperaturas basais inferior (13°C) (Tb) e superior (35°C) (TB), as quais foram aplicadas às equações propostas por Ometto (1981):

$$TB > TM > Tm > Tb$$

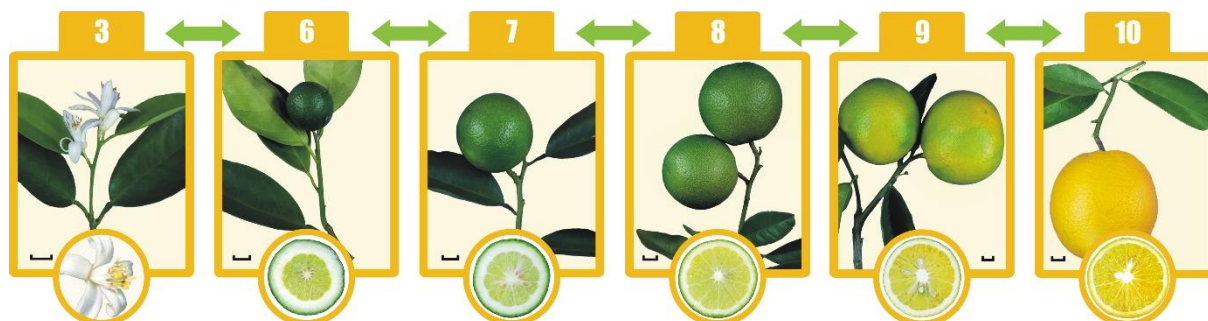
$$Tm \leq Tb < TM \text{ e } TB > TM$$

$$Tb > TM \text{ e } TB > TM \quad GD = 0$$

$$Tb < Tm \text{ e } TB < TM$$

$$Tb > Tm \text{ e } TB < TM$$

Figura 3 - Estádios fenológicos e intervalos avaliados em laranjeiras ‘Rubi’, ‘Lue Gin Gong’ e ‘Valência Delta Seedless’ enxertadas sobre o limoeiro ‘Cravo’ e o citrumeleiro ‘Swingle’



(3) Abertura da flor (antese); (6) Fruto com aproximadamente 3 cm de diâmetro (bola de gude); (7) Fruto com aproximadamente 4,5 cm (bola de pingue-pongue); (8) Fruto verde próximo do tamanho final; (9) Fruto na mudança de cor verde para amarela; (10) índice de maturação = 12.

Fonte: Autores.

2.2.4 Desempenho vegetativo e produtivo das plantas

O desempenho produtivo das plantas foi avaliado considerando-se a produção dos anos de 2019 e 2020 e em seguida, realizando-se a média dos dois anos. As variáveis avaliadas foram: número de frutos por planta; produção, obtida por meio da pesagem dos frutos em balança e expressa em kg por plantas.; número de caixas por planta, dividindo-se o valor da produção por planta pelo peso padrão da caixa de 40,8 kg; e eficiência produtiva ($\text{kg de fruta m}^{-3}$). Para a avaliação da eficiência produtiva, realizou-se a relação entre a produção e o volume da copa (m^3). O volume da copa foi obtido por meio da equação proposta por Mendel (1956), onde, R = raio do dossel e H = altura da planta.

2.2.5 Caracterização dos frutos

Os frutos foram caracterizados no momento da colheita, quando apresentaram relação SS/AT entre 8,5 e 10. Esta caracterização foi realizada com base em variáveis físicas e físico-químicas.

A cor da casca foi avaliada com auxílio de um colorímetro (CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japão). A leitura foi realizada em duas orientações, ou seja, eixo caule-cálice nas direções horizontal e vertical. Os parâmetros avaliados foram: L^* , indica a luminosidade, a^* , indica a variação de cor entre o verde e o vermelho, b^* , a variação entre o azul e o amarelo.

A firmeza foi obtida com o auxílio de texturômetro (TA. XT Plus Texture Analyzer) com sonda de compressão SMS P/2 (Stable Micro Systems), velocidade de $1,0 \text{ mm s}^{-1}$, comprimindo a fruta por 10 mm a partir do ponto de contato. A leitura foi realizada em duas orientações, ou seja, eixo caule-cálice nas direções horizontal e vertical e expressos em Newtons (N).

O diâmetro e o comprimento dos frutos foram obtidos com auxílio de um paquímetro digital e expressos em milímetros (mm). A massa dos frutos foi aferida em balança de precisão e expressa em gramas (g).

Por sua vez o rendimento de suco foi obtido por meio da relação massa do suco/massa do fruto, expresso em porcentagem (%).

O índice de maturação dos frutos foi obtido por meio da relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT).

O índice tecnológico (IT) foi calculado por meio da equação proposta por Di Giorgi et al. (1990), em que $IT = \text{rendimento em suco} \times SS \times 40,8 \text{ (kg da caixa padrão industrial)} / 10.000$.

Avaliaram-se os açúcares redutores (AR), não redutores (ANR) e totais (AT) por meio de metodologia descrita por Somogy, adaptada por Nelson (1944), com resultados expressos em %.

A acidez titulável foi obtida por meio de titulação de NaOH em uma alíquota de 5 mL de suco adicionada de 100 mL de água destilada e 3 gotas do indicador fenolftaleína (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008), sendo expresso em porcentagem de ácido cítrico (%).

Os sólidos solúveis foram quantificados por meio da leitura de três gotas do suco em refratômetro digital, sendo o resultado expresso em graus Brix (°Brix).

Os teores de ácido ascórbico foram determinados conforme metodologia proposta pela AOAC (2005). Foram pipetados 2 mL de suco e 50 mL de solução de ácido oxálico a 1% em erlenmeyer. Em seguida realizou-se a titulação com a solução de 2,6-Diclorofenol Indofenol (DCFI) padronizado até coloração rosa persistente por 15 segundos. A padronização das leituras foi realizada por meio da titulação de solução padrão de ácido ascórbico. Os resultados foram expressos em $\text{mg } 100 \text{ mL}^{-1}$.

2.2.6. Análise estatística

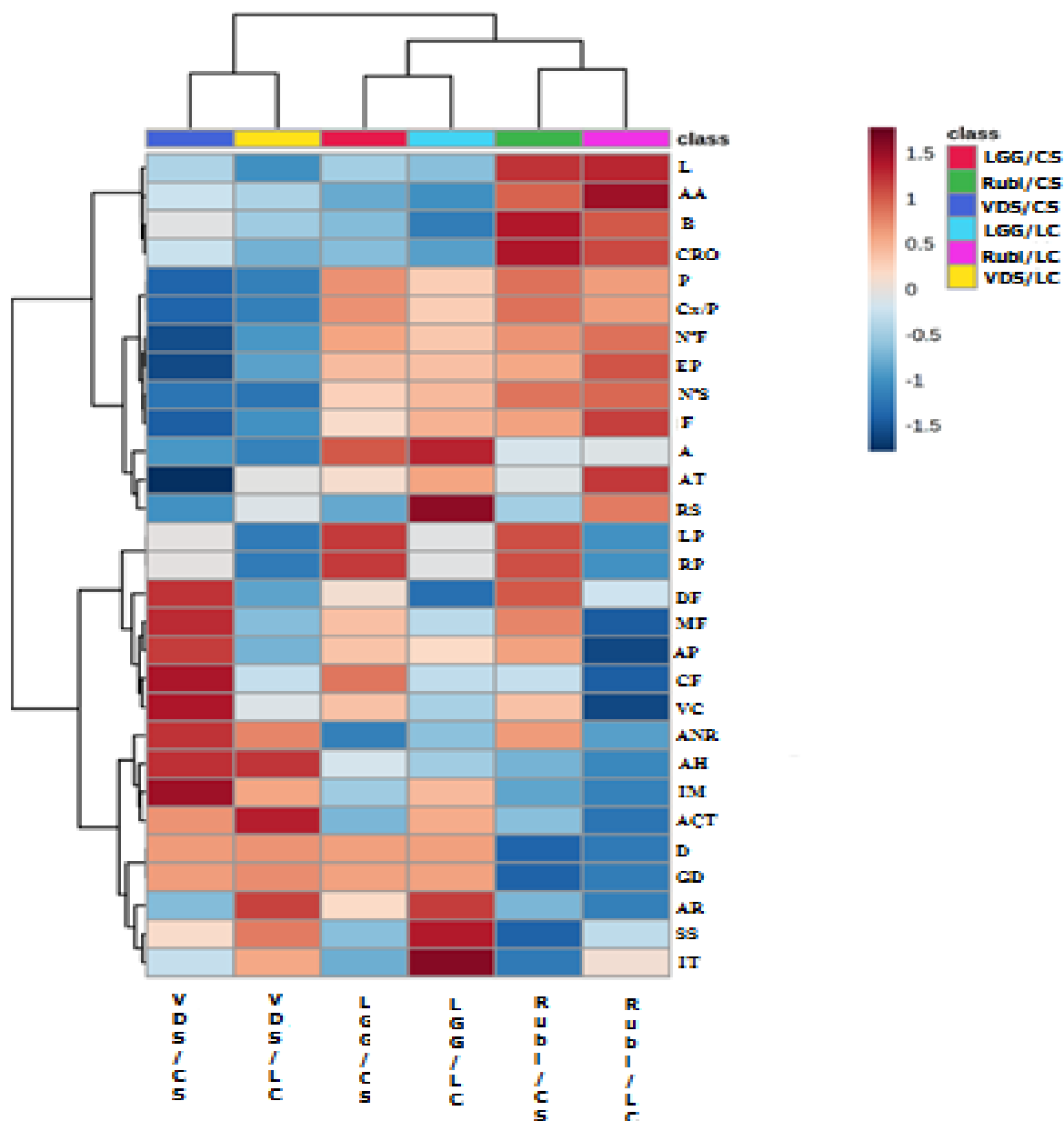
A análise da correlação de Pearson ($p < 0.05$) foi realizada utilizando o Software R (R Development Core Team). Para a elaboração do heatmap, utilizaram-se os pacotes “corrplot”, “latticeExtra” e “RColorBrewer”. Devido ao grande número de variáveis, utilizou-se a opção de “círculos” para apresentar os valores da correlação, apenas correlações significativas estão demonstradas nas figuras, e os valores de R^2 e p valor. Análise de componentes principais também foi realizada no software R, em que utilizaram os pacotes “PCAtools”, “chemometrics” e “stats” e para a construção das figuras o pacote “ellipse”. Para a construção do mapa de calor e agrupamento hierárquico utilizou o algoritmo de distância euclidiano. Para a avaliação dos ciclos fenológicos, os dados foram submetidos à análise de variância

e quando constatada a significância pelo teste F, as médias entre os porta-enxertos e entre as copas foram comparadas pelo teste Tukey. Já o desempenho produtivo das plantas e a caracterização dos frutos, utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial 3x2, em que o primeiro fator correspondeu às cultivares copa (Rubi, LGG e VDS) e o segundo, aos porta-enxertos (LC e CS). Os dados também foram submetidos à análise de variância e quando constatada a significância pelo teste F, as médias entre os porta-enxertos e entre as copas foram comparadas pelo teste Tukey. Para a variável produção (kg/planta), foi realizada a média de duas safras, sendo o terceiro e quarto ano de produção.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se observa os agrupamentos formados no *heatmap*, com base em todos os dados analisados, verifica-se a formação de dois grupos distintos, sendo o primeiro formado pela cultivar VDS sobre os dois porta-enxertos (LC e CS). O segundo grupo/ramificação foi dividido em dois subgrupos de combinações copa/porta-enxertos, sendo o primeiro subgrupo composto por LGG/LC e LGG/CS e o segundo por Rubi/LC e Rubi/CS (Figura 4). Portanto, pode-se dizer que há similaridade entre as cultivares Rubi e LGG quando considerado o conjunto de dados avaliados. É possível afirmar também que os agrupamentos entre as combinações se deve, principalmente, em função das cultivares copa, tendo em vista que não houve agrupamento de combinações em função dos porta-enxertos, ainda assim, estes exerceram certa influencia sobre algumas características das combinações.

Figura 4 - Heatmap das correlações entre as características avaliadas das cultivares copa de laranjeira Rubi, LGG e VDS enxertadas nos porta-enxertos LC e CS em azul claro não são significativas (p.0.05)



L= Luminosidade; AA= Ácido ascórbico; B= Coordenada b; CRO= Cromaticidade; P= Produção; Cx/P= Caixa por planta; NºF= Número de Fruto; EP= Eficiência produtiva; NºS= Número de sementes; F= Firmeza; A= Coordenada a; AT = Acidez; RS= Rendimento de suco; LP= Largura da planta; RP = Raio da planta; DF= Diâmetro do fruto; MF= Massa do Fruto; AP= Altura da planta; CF = Comprimento do fruto; VC= Volume de copa; ANR= Açúcar não redutor; AH= Ângulo Matiz; IM= Índice de maturação; AÇT= Açúcar total; D= Dias; GD= Graus dias; AR= Açúcar redutor; SS= Sólidos solúveis; IT= Índice tecnológico. Rubi/LC=Rubi enxertada em limoeiro 'Cravo', Rubi/CS=Rubi enxertada em citrumeleiro 'Swingle', LGG/LC= Lue Gin Gong enxertada em limoeiro 'Cravo', LGG/CS= Lue Gin Gong enxertada em citrumeleiro 'Swingle', VDS/LC= Valência Delta Seedless enxertada em limoeiro 'Cravo', VDS/CS= Valência Delta Seedless enxertada em citrumeleiro 'Swingle'.

2.3.1 Avaliação dos ciclos fenológicos e soma térmica

A duração dos intervalos entre os estágios fenológicos das laranjeiras Rubi, LGG e VDS não foram afetados pelos porta-enxerto LC e CS (Tabela 1). A cultivar Rubi (maturação precoce), em média, independente da combinação, teve a duração total do ciclo de 245 dias, com soma térmica de 3216,85 GDs. Já a cultivar LGG (maturação tardia), em média, independentemente do porta-enxerto, teve a duração total do ciclo de 402 dias e 4493,61 GDs. E a cultivar VDS (maturação tardia), em média, independente da combinação, teve a duração total do ciclo de 407 dias e 4545,81 GDs (Tabela 1). Tais resultados vão de encontro com a afirmação de Siqueira e Salomão (2017), que a somatória de dias dos intervalos fenológicos é peculiar de cada cultivar e pode ter influência da região, o que reforça a importância de estudos regionais.

Tabela 1 - Duração em Dias e GDs dos intervalos fenológicos das laranjeiras Rubi, LGG e VDS nos porta-enxerto LC e CS. São Manuel/SP – 2019

FV	GL	3-6		6-7		7-8		8-9		9-10	
		Dias	GDs	Dias	GDs	Dias	GDs	Dias	GDs	Dias	GDs
Bloco	3	3,33 ^{ns}	4,36*	1,47 ^{ns}	1,97 ^{ns}	4,04*	4,70**	2,23 ^{ns}	1,80 ^{ns}	2,54 ^{ns}	2,91 ^{ns}
C	2	4,10*	5,19**	1,12 ^{ns}	0,27 ^{ns}	15,48**	14,58**	13,64**	2,38 ^{ns}	172,76**	195,55**
PE	1	0,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,00 ^{ns}
C x PE	2	1,43 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,37 ^{ns}
CV (%)		20,36	18,92	9,72	10,34	16,86	14,80	28,48	31,02	19,01	14,98
Média		51,66	545,14	72,20	941,52	102,08	1417,06	64,91	629,17	60,29	552,51
Copas											
Rubi		43,12b	450,61b	74,75 ^a	953,91a	83,12b	1198,91b	38,62b	512,66b	5,00c	100,74c
LGG		54,50ab	577,84ab	72,37 ^a	949,80a	94,12b	1315,15b	70,00a	621,95a	111,25b	897,88a
VDS		57,38 ^a	606,97a	69,50 ^a	920,86a	129,00a	1737,12a	86,12a	752,92a	64,62a	658,90b

** = diferem estatisticamente a 1%; * = diferem estatisticamente a 5% e ns não diferem estatisticamente pelo teste F a <0,05. LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless; PE= Porta-enxerto; C= Copa. 3 - 6= Antese até frutos com aproximadamente 3 cm. 6 – 7= Frutos com aproximadamente 3 cm até frutos com aproximadamente 4,5 cm. 7 – 8= Frutos com aproximadamente 4,5 cm até frutos com aproximadamente tamanho normal. 8 – 9= Frutos com tamanho normal até frutos mudando de cor. 9 – 10= Frutos mudando de cor até índice de maturação 12.

Sartori et al. (2002) também mencionaram que o período entre a florada e a colheita está relacionado com a cultivar, porta-enxerto e características climáticas da área de cultivo. Resultados semelhantes a este estudo foram observados por Neves

et al. (2018), que ao caracterizar a fenologia de tangerinas, também notaram que alguma cultivares não apresentaram variação de tempo do período da floração até a colheita.

Por meio do *heatmap* é possível observar que as combinações VDS/CS, VDS/LC, LGG/CS e LGG/LC apresentaram correlação positiva com as variáveis dias e GDs, o que se deve ao fato de serem cultivares tardias. De modo contrário, as combinações Rubi/CS e Rubi/LC apresentaram correlação negativa, evidenciando o caráter precoce dessa cultivar (Figura 4).

2.3.2 Desempenho vegetativo e produtivo das plantas

Conforme os resultados da análise de variância, houve efeito significativo da interação copa x porta-enxerto sobre as variáveis número de frutos, produção, caixa/planta, volume de copa e eficiência produtiva (Tabela 2). Entretanto, houve diferença estatística entre as copas e também entre os porta-enxertos para as variáveis volume de copa e eficiência produtiva. As variáveis número de frutos, produção e caixa/planta apresentaram diferença estatística somente entre as copas (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e médias de número de frutos, produção, caixa/planta, volume de copa e eficiência produtiva dos frutos de laranjeira Rubi, LGG e VDS – São Manuel/SP – 2019.

F	GL	Número de Frutos	Produção (Kg/planta)	Caixa/Planta (40,8kg)	Volume de Copa (m³)	Eficiência Produtiva (kg m ⁻³)
Bloco	3	1,22 ^{ns}	1,71 ^{ns}	1,81 ^{ns}	2,11 ^{ns}	0,78 ^{ns}
C	2	36,21 ^{**}	23,75 ^{**}	4,92 [*]	26,87 ^{**}	98,60 ^{**}
PE	1	0,01 ^{ns}	0,77 ^{ns}	8,25 ^{ns}	13,88 ^{**}	4,35 [*]
C x PE	2	0,33 ^{ns}	0,51 ^{ns}	2,40 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,43 [*]
Média		84,21	11,45	0,20	4,57	4,51
CV (%)		52,08	41,45	68,32	23,81	34,22

** = diferem estatisticamente a 1%; * = diferem estatisticamente a 5% e ns não diferem estatisticamente pelo teste F a <0,05. LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless; PE= Porta-enxerto; C= Copa.

O desempenho produtivo das plantas das combinações LC/Rubi e CS/Rubi, no que diz respeito ao número de frutos e produção foi superior ao obtido pelas plantas

das combinações LC/LGG, CS/LGG, LC/VDS e CS/VDS. Uma vez que não houve diferenças entre as combinações envolvendo as cvs. copa LGG e VDS. Os resultados envolvendo a cv. copa VDS desse estudo foram superiores ao encontrados por Arenas-Arenas et al. (2016), que ao avaliarem a produção de plantas da cv. VDS também em pomar comercial jovem de três anos de idade, observaram 2,5 kg planta de frutos. Em relação ao número de caixa por planta, novamente, a cv. copa Rubi foi superior, a cv. copa LGG não apresentou diferença estatística da cv. copa Rubi (Tabela 3).

Tabela 3 - Número de frutos, produção e caixa/planta de frutos de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto – São Manuel/SP – 2019

Número de Frutos			Produção (Kg/planta)			Caixa/Planta (40,8kg)		
Rubi	LGG	VDS	Rubi	LGG	VDS	Rubi	LGG	VDS
189,00a*	51b	13,00b	20,21a	10,05b	4,0b	0,29a	0,22ab	0,06b

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Rubi= Rubi; LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless.

Em relação a variável volume de copa, nota-se as copas de plantas enxertadas em LC foram maiores que as copas de plantas enxertadas em CS. Como já mencionado, a escolha do porta-enxerto pode interferir diretamente no desempenho produtivo das plantas, principalmente quando são levadas em consideração suas peculiaridades, associado com as condições de cultivo, o que pode explicar este resultado. (BASTOS et al., 2014). Para as cvs. copa, a VDS apresentou plantas com as maiores copas, já a cvs. Rubi e LGG não apresentaram diferença estatística entre si. Blumer (2005) relata que o volume de copa está entre os fatores que determinam o espaçamento mais adequado para determinada combinação copa/porta-enxerto e conseqüentemente, permitir melhor manejo das plantas (Tabela 4).

Tabela 4 - Volume de copa e eficiência produtiva de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto – São Manuel/SP – 2019

Volume de Copa (m ³)				
LC	CS	Rubi	LGG	VDS
5,40a	3,75b	3,27b	3,58b	6,87a
Eficiência Produtiva (kg m ⁻³)				
LC	CS	Rubi	LGG	VDS
3,86b	5,17a	10,67a	2,50b	0,30c

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. LC= Limoeiro 'Cravo'; CS= Citrumeleiro 'Swingle'; Rubi= Rubi; LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless.

Para a eficiência produtiva, plantas enxertadas em CS foram mais eficientes produtivamente do que plantas enxertadas em LC. Assim como, para as cvs. copas, plantas de Rubi foram mais eficientes, por conseguinte, LGG e VDS. Sendo assim, pode-se afirmar que a maior eficiência obtida pelos genótipos estar associada ao menor volume de copa. Forner-Giner et al. (2014) e Bacar et al. (2017) mencionam que os porta-enxertos que proporcionam baixo vigor e alto rendimento são mais convenientes do que aqueles induzem alto vigor e volume e alto rendimento, e que essas características podem compensar a produção pelo aumento da densidade de plantas por área. Resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues et al. (2019), que ao analisar o comportamento de laranjeira Pêra sobre os porta-enxertos LC e CS, também observam que as plantas enxertadas em LC apresentaram maior volume de copa e menos eficiência produtiva, assim como as plantas enxertadas em CS apresentaram menor volume de copa e maior eficiência produtiva.

2.3.3 Caracterização dos frutos

Conforme os resultados da análise de variância, houve efeito significativo da interação copa x porta-enxerto sobre a variável acidez, índice de maturação,

açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, firmeza e rendimento de suco (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e médias de acidez, sólidos solúveis, índice de maturação, ácido ascórbico, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, l, a, b, cromaticidade, ângulo matiz, firmeza, massa fresca, rendimento de suco, índice tecnológico, comprimento e diâmetro dos frutos de laranja Rubi, LGG e VDS – São Manuel/SP – 2019

F	GL	AT (% de ácido cítrico)	Sólidos solúveis (°Brix)	Índice de maturação	Açúcares totais (%)	Açúcares redutores (%)	Açúcares não redutores (%)
Bloco	3	0,19 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,88 ^{ns}	2,97 ^{ns}	4,94 ^{**}
C	2	15,74 [*]	34,32 [*]	0,41 ^{ns}	61,90 ^{**}	17,09 ^{**}	62,67 ^{**}
PE	1	7,83 [*]	20,80 [*]	0,61 ^{ns}	7,51 ^{**}	11,02 [*]	0,68 ^{ns}
C x PE	2	3,43 [*]	3,19 ^{ns}	3,65 [*]	8,75 ^{**}	6,20 [*]	6,34 ^{**}
Média		1,34	10,41	7,96	7,10	3,56	3,36
CV (%)		10,41	7,72	12,90	10,23	13,08	16,58
F	GL	L	A	B	Cromaticidade	Ângulo matiz	Firmeza (N)
Bloco	3	0,45 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,27 ^{ns}	1,35 ^{ns}
C	2	37,57 ^{**}	21,99 ^{**}	48,83 ^{**}	98,69 ^{**}	16,67 ^{**}	77,59 ^{**}
PE	1	0,15 ^{ns}	2,15 ^{ns}	2,56 ^{ns}	0,67 ^{ns}	3,05 ^{ns}	5,51 [*]
C x PE	2	0,25 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,88 ^{ns}	3,45 [*]
Média		59,49	12,39	45,94	6,99	76,47	108,56
CV (%)		3,64	48,10	10,65	7,37	9,50	12,96
F	GL	Massa fresca (g)	Rendimento de suco (%)	Índice tecnológico (kg/caixa ⁻¹)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)
Bloco	3	0,59 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,75 ^{ns}	3,65 ^{ns}	3,41 [*]	0,25 ^{ns}
C	2	1,00 ^{ns}	1,28 ^{ns}	17,52 [*]	1,89 ^{ns}	4,01 [*]	12,08 ^{**}
PE	1	11,32 [*]	1,50 ^{ns}	15,17 [*]	15,48 ^{**}	15,38 [*]	0,00 ^{ns}
C x PE	2	1,79 ^{ns}	3,60 [*]	1,10 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,41 ^{ns}
Média		167,97	46,96	1,99	65,17	65,73	68,85
CV (%)		14,41	4,80	9,70	3,81	4,63	9,31

** = diferem estatisticamente a 1%; * = diferem estatisticamente a 5% e ns não diferem estatisticamente pelo teste F a <0,05. C= Copa; PE= Porta-enxerto. Rubi= Rubi; LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless.

Para a variável acidez, analisando as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto LC, os frutos das combinações LC/LGG e LC/VDS

apresentaram maior concentração de acidez em relação aos frutos da combinação LC/Rubi. Ao analisar as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto CS, novamente, as combinações CS/LGG e CS/VDS apresentaram as maiores concentrações em relação a combinação Rubi/CS. Em relação aos porta-enxertos, não houve diferença estatística entre as combinações envolvendo as cvs. copa Rubi e LGG. Já a cv. copa VDS, a combinação VDS/CS apresentou as maiores concentrações de acidez (Tabela 6). Agustí (2010) afirma que o acúmulo de acidez nos frutos é influenciado por muitos fatores, e que as condições nutricionais e climáticas, como a temperatura, são os principais fatores. Este mesmo autor relata que durante a maturação dos frutos, naturalmente ocorre o decréscimo de acidez devido a diluição provocada pelo acúmulo de água nos frutos, ou seja, a quantidade de água nos frutos influencia na concentração de ácidos. Logo, observa-se que todas as combinações copa/porta-enxerto estudadas, principalmente os frutos das cvs. copa LGG e VDS, apresentaram concentrações de acidez superiores aos 9,5% estabelecidos pela norma de classificação da CEAGESP (2011). Esse resultado pode estar relacionado com as condições climáticas. Podemos afirmar que próxima a colheita (outubro/2019), ocorreu um grande período de estiagem e consequentemente as plantas estavam em constante déficit hídrico (Figura 1B). Esse episódio foi responsável pela perda de água dos frutos e por conseguinte, o aumento da acidez nos frutos.

Já a variável índice de maturação, as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto LC não apresentaram diferença estatística. Da mesma forma que, as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto CS também não apresentaram diferença estatística. Para os porta-enxertos, não houve diferença estatística entre as combinações envolvendo as cvs. copa Rubi e VDS. Diferentemente, para a cv. LGG, a maior concentração foi encontrada pela combinação LGG/CS. No geral, as combinações copa/porta-enxerto tiveram comportamento similar (Tabela 6). A superioridade da combinação LGG/CS pode ser explicada ao fato que o índice de maturação é decorrente da proporção de sólidos solúveis e acidez no fruto, ou seja, é um parâmetro qualitativo que pode padecer alterações significativa durante a maturação dos frutos (CARVALHO et al., 2020).

Tabela 6 - Acidez, índice de maturação, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, firmeza e rendimento de suco dos frutos de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto - São Manuel/SP – 2019

Copas	AT (% de ácido cítrico)		Índice de maturação		Açúcares totais (%)		Açúcares redutores (%)		Açúcares não redutores (%)		Firmeza (N)		Rendimento de suco (%)	
	LC	CS	LC	CS	LC	CS	LC	CS	LC	CS	LC	CS	LC	CS
Rubi	1,02bA*	1,20bA	8,20aA	7,45aA	5,35bA	4,54bA	2,98aA	2,72bA	2,26bA	1,73cA	101,55bB	136,32aA	46,42aA	48,67aA
LGG	1,48aA	1,44aA	6,87aB	8,76aA	6,31bB	8,49aA	3,81aB	4,60aA	2,37bB	3,70bA	143,97aA	148,60aA	45,71aA	49,13aA
VDS	1,28aB	1,61aA	8,30aA	8,15aA	8,40aB	9,52aA	2,94aB	4,31aA	5,18aA	4,95aA	59,93cA	61,01bA	47,07aA	44,77bA

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna (copa) e maiúscula na linha (porta-enxerto) não diferem estatisticamente entre si, teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. LC= Limoeiro 'Cravo'; CS= Citrumeleiro 'Swingle'; Rubi= Rubi; LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless.

Para a variável açúcares totais, analisando as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto LC, a combinação VDS/LC apresentou as maiores concentrações. Já as combinações Rubi/LC e LGG/LC, não apresentaram diferença entre si. Diferentemente, tratando-se das combinações copa/porta-enxerto formadas pelo porta-enxerto CS, as combinações LGG/CS e VDS/CS foram superiores a combinação Rubi/CS. Para os porta-enxertos, as maiores concentrações foram encontradas pelas combinações CS/LGG e CS/VDS. A cv. copa Rubi não apresentou diferença entre os porta-enxertos (Tabela 6).

Já a variável açúcares redutores, em relação as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto LC, não houve diferença entre as cvs. copa. Diferentemente, em relação as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto CS, as combinações CS/LGG e VDS/CS foram superiores a combinação CS/Rubi. Para os porta-enxertos, as maiores concentrações foram encontradas pelas combinações CS/LGG e CS/VDS. A cv. Rubi não apresentou diferença entre os porta-enxertos (Tabela 6).

Em relação a variável açúcares não redutores, ao analisar as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto LC, a combinação VDS/LC apresentou superioridade a combinação Rubi/LC e LGG/LC. Já as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto CS, novamente, a combinação VDS/CS foi superior, em seguida, a combinação LGG/CS e Rubi/CS. Para os porta-

enxertos, não houve diferença estatística entre as combinações envolvendo as cvs. copa Rubi e VDS. Entretanto, para a cv. LGG, a combinação LGG/CS foi superior a combinação LGG/LC. Ao avaliar os teores de açúcares nos frutos, observa-se que no geral, as combinações LC/LGG, CS/LGG, LC/VDS, CS/VDS apresentaram as maiores concentrações de açúcares, com destaque para os frutos das combinações LC/VDS e CS/VDS (Tabela 6). A literatura afirma que os frutos mantidos por mais tempo nas plantas têm sua maturação completa (TEODORO, et al., 2020), conseqüentemente, favorecem o incremento dos açúcares nos frutos. Essa afirmação pode explicar o porquê os frutos das cvs. tardias apresentaram as maiores concentrações de açúcares.

Para a variável firmeza dos frutos, em relação as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto LC, a maior firmeza foi encontrada em frutos da combinação LGG/LC, em seguida, Rubi/LC e VDS/LC. Já para as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto CS, frutos das combinações Rubi/CS e LGG/CS apresentaram maior firmeza do que os frutos da combinação VDS/CS. Para os porta-enxertos, não houve diferença estatística entre as combinações envolvendo as cvs. copa LGG e VDS. Porém, para a cv. copa Rubi, os frutos de plantas enxertadas em Rubi/CS apresentaram maior firmeza (Tabela 6). As mudanças na firmeza dos frutos é em decorrente do avanço da maturação (FISHMAN et al., 2006), ou seja, é um atributo que está relacionado com os parâmetros que caracterizam o amadurecimento dos frutos. Diante disso, pode-se afirmar que a menor firmeza dos frutos provenientes das combinações LC/VDS e CS/VDS é em decorrente do estágio de maturação desses frutos. Nota-se que essas combinações apresentaram as maiores concentrações de açúcares e sólidos solúveis (Tabela 6 e 7), ou seja, estavam com a maturação mais avançada, o que pode explicar esse resultado. Resultados semelhantes foram encontradas por Moura et al. (2019), que ao avaliar a qualidade pós colheita de frutos da cv. Pêra, também obtiveram firmeza próximo a 61 N.

Em relação a variável rendimento de suco, analisando as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto LC, não houve diferença estatística entre as combinações copa/porta-enxerto. Já para as combinações copa/porta-enxerto envolvendo o porta-enxerto CS, a combinação LGG/CS e CS/Rubi foram superiores. Para os porta-enxertos, não houve diferença estatística (Tabela 3). A literatura afirma que a escolha da combinação copa/porta-enxerto pode induzir

alterações no rendimento do suco. Isso principalmente devido as mudanças que o porta-enxerto pode exercer naquela determina cv. copa e consequentemente, afetar na massa dos frutos, que é o principal parâmetro do rendimento do suco. Chitarra e Chitarra (2005), afirma que quanto menor a espessura da casca, maior o rendimento de suco. É importante ressaltar que todas as combinações copa/porta-enxerto estudadas atenderam ao rendimento de suco padronizado da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2010) que é de acima 35% (Tabela 6). Carvalho et al. (2020), ao avaliar o rendimento de suco de laranjeira ‘Salustiana’ sobre os porta-enxertos LC e CS, também verificaram valores acima de 40% de rendimento de suco.

As variáveis sólidos solúveis, índice de maturação, diâmetro dos frutos, L, A, B, cromaticidade, ângulo matiz, ácido ascórbico, massa fresca e comprimento não apresentaram interação sobre as copas e os porta-enxerto (Tabela 5). Entretanto, houve diferença estatística entre os porta-enxertos e também entre as cvs. copas para as variáveis sólidos solúveis, índice de maturação e diâmetro dos frutos. Para as variáveis sólidos solúveis e índice de maturação, em relação aos porta-enxertos, as maiores concentrações foram encontradas em frutos de plantas enxertadas em CS. Já para as copas, as maiores concentrações foram encontradas em frutos de LGG e VDS. Como já mencionado, a literatura afirma que os frutos provenientes de laranjeiras de maturação tardia tendem a apresentar maiores concentrações de sólidos solúveis, e consequentemente, maior índice de maturação, em relação aos frutos de maturação precoce e meia estação (TEODORO, et al. 2020). Comportamento similar foi observado por Crasque et al. (2020), que ao avaliarem as características físico-química de frutos de laranjeiras em diferentes porta-enxertos, ressaltaram que os sólidos solúveis e o índice de maturação dos frutos de laranjeira Bahia Cabula, foram superiores aos frutos de algumas cvs. de Pêra. Outro fato que pode explicar a superioridade dos frutos enxertados em CS, é o fator rendimento de fruto (tamanho) ou seja, por efeito de concentração. Compreende-se que esses frutos apresentaram menos diâmetro, comprimento e massa dos frutos (Tabela 7 e 9).

Em relação a variável diâmetro dos frutos, os maiores frutos foram encontrados em plantas enxertadas em LC. Para as cvs. copa, Rubi e VDS produziram frutos de maior diâmetro (Tabela 7).

Tabela 7 - Sólidos solúveis, índice de maturação e diâmetro dos frutos de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto – São Manuel/SP – 2019

Sólidos solúveis (°Brix)				
LC	CS	Rubi	LGG	VDS
9,67b*	11,16a	8,52b	11,06a	11,66a
Índice Tecnológico (kg/caixa⁻¹)				
LC	CS	Rubi	LGG	VDS
1,83b	2,14a	1,65b	2,13a	2,17a
Diâmetro (cm)				
LC	CS	Rubi	LGG	VDS
68,17a	63,30b	67,69a	63,42b	66,09a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. LC= Limoeiro 'Cravo'; CS= Citrumeleiro 'Swingle'; Rubi= Rubi; LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless.

As variáveis L, A, B, cromaticidade, ângulo matiz e ácido ascórbico apresentaram diferença estatística apenas para o fator cvs. copa. Os frutos da cv. copa Rubi apresentaram as maiores médias para as variáveis L, B e cromaticidade, em seguida, frutos da cv. copa LGG e VDS. Para a variável A, os frutos da cv. copa Rubi e LGG apresentaram as maiores médias, e por fim, para a variável ângulo matiz, as maiores médias foram encontradas por frutos de VDS, as cvs. Rubi e LGG não apresentaram diferença estatística entre si. Conforme os resultados referentes aos parâmetros de coloração, nota-se que os frutos da cv. copa Rubi apresentaram as maiores médias para a maioria dos parâmetros analisados (L, B e cromaticidade), ou seja, os frutos apresentaram predominância do componente amarelo. No geral, diante a escala proposta por Pathare et al. (2013), é possível afirmar que as cvs. copa LGG e VDS também produziram frutos com a coloração adequada, ou seja, tendendo ao componente amarelo. Chitarra e Chitarra. (2005) mencionam que a mudança de coloração dos frutos corre devido as mudanças edafoclimáticas da região, e que a coloração é a variável mais importante de qualidade para atrair o consumidor. Jomori et al. (2014) relatam que normalmente frutos de cv. tardias, como a 'Valência' e 'Murcott', também costumam apresentar tonalidade amarelo-esverdeada próximo a fase de colheita.

Ao analisar o ácido ascórbico, as maiores concentrações foram encontradas em fruto de Rubi e VDS (Tabela 8).

Tabela 8 - L, A, B, cromaticidade, ângulo matiz e ácido ascórbico em frutos de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto – São Manuel/SP – 2019

L			Cromaticidade		
Rubi	LGG	VDS	Rubi	LGG	VDS
63,49a*	60,66b	54,32c	59,71a	53,01b	33,00c
A			Ângulo matiz		
Rubi	LGG	VDS	Rubi	LGG	VDS
16,05a	19,92a	11,20b	74,37b	67,19b	87,85a
B			Ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹)		
Rubi	LGG	VDS	Rubi	LGG	VDS
56,76a	48,19b	32,88c	72,81a	59,78b	73,96a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L= Luminosidade, A= Coordenada A; B= Coordenada B, LC= Limoeiro 'Cravo'; CS= Citrumeleiro 'Swingle'; Rubi= Rubi; LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless.

As variáveis massa fresca dos frutos e comprimento apresentaram diferença estatística apenas para o fator porta-enxerto (Tabela 5). Para ambas as variáveis, frutos de plantas enxertadas em LC apresentaram as maiores médias (Tabela 9). Os parâmetros massa fresca e comprimento dos frutos se deve as características intrínseca que cada porta-enxerto apresenta e também as condições de cultivo. A menor massa e comprimento dos frutos de plantas enxertadas em CS pode ser explicada devido a este porta-enxerto ter como característica o menor vigor, apresentar menos desenvolvimento vegetativo e apresentar menor tolerância ao déficit hídrico, o que consequentemente tende a produzir frutos menores quando o estudo é realizado em sistema sequeiro. Da mesma forma que, os frutos de plantas enxertadas em LC tendem serem maiores, principalmente pelo fato de ser um porta-enxerto mais vigoroso, apresenta maior resistência ao déficit hídrico e crescimento rápido (SCHÄFER et al., 2001). Essa afirmação, associada ao longo período de estiagem e déficit hídrico das plantas (Figura 1B), pode explicar o presente resultado. Resultados semelhantes foram encontrados por Petry et al., (2015), que observou que a massa média e comprimento dos frutos produzidos nas plantas sobre o porta-enxerto LC foi superior ao produzidos nas plantas sobre o CS.

Tabela 9 - Massa fresca e comprimento em frutos de Rubi, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto – São Manuel/SP – 2019

Massa fresca (g)		Comprimento (cm)	
LC	CS	LC	CS
184,60a	151,34b	67,17a	63,18b

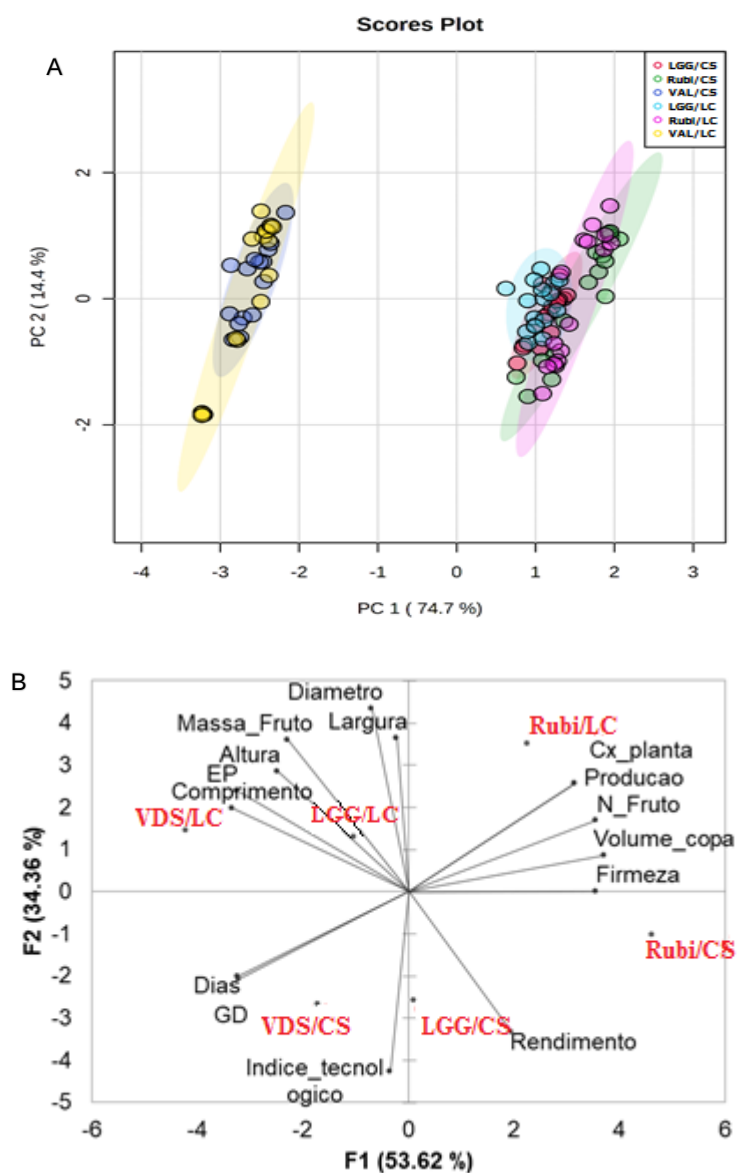
*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. LC= Limoeiro 'Cravo'; CS= Citrumeleiro 'Swingle'; Rubi= Rubi; LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless.

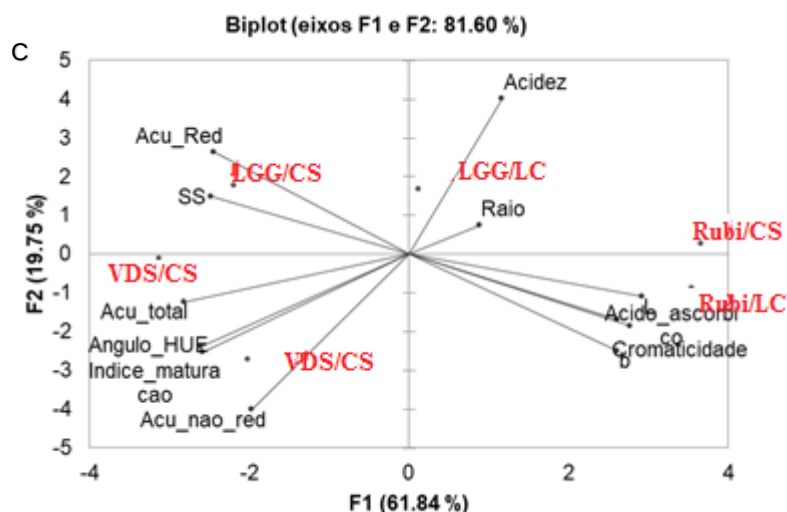
Como já mencionado, o *heatmap* permitiu criar agrupamentos, foram formados dois grupos distintos, sendo um formado pelas combinações VDS/LC e VDS/CS e o outro grupo foi subdivido em dois subgrupos, um pelas combinações Rubi/LC e Rubi/CS, e outro pela LGG/LC e CS/LGG (Figura 4). Entretanto, pode-se afirmar que há similaridade entre as cultivares Rubi e LGG quando considerado o conjunto de dados avaliados. Além da formação dos agrupamentos, o *heatmap* também permitiu obter-se uma visão geral das variáveis analisadas, ou seja, tendências. Observa-se que para as variáveis relacionadas ao desempenho produtivo, as combinações VDS/LC e VDS/CS apresentaram correção negativa. Já as variáveis açúcar total, açúcar redutor e açúcar não redutor apresentaram correlação positiva para as combinações VDS/LC e VDS/CS.

2.3.4 Análise de componentes principais (PCA)

No *heatmap* foram detalhadas as distâncias relativas das características avaliadas de acordo com as regiões (grupos). As combinações copa/porta-enxerto VDS/CS e VDS/LC apresentaram padrões de agrupamentos distintos das combinações Rubi/CS, Rubi/LC, LGG/CS e LGG/LC, os quais são consistentes com a análise estatística multivariada. Tal comportamento também foi afirmado pela análise de componentes principais (PCA) (Figura 5A).

Figura 5 - Análise de componentes principais para a caracterização das cultivares copa de laranjeira Rubi, LGG e VDS enxertadas nos porta-enxertos LC e CS (A) Biplot das combinações copa/porta-enxerto do experimento, (B) e (C) PCA dos componentes F1 e F2 relacionando as características avaliadas





Rubi/LC=Rubi enxertada em limoeiro 'Cravo', Rubi/CS=Rubi enxertada em citrumeleiro 'Swingle', LGG/LC= Lue Gin Gong enxertada em limoeiro 'Cravo', LGG/CS= Lue Gin Gong enxertada em citrumeleiro 'Swingle', VDS/LC= Valência Delta Seedless enxertada em limoeiro 'Cravo', VDS/CS= Valência Delta Seedless enxertada em citrumeleiro 'Swingle'.

A PCA identificou os scores das seis combinações. A partir desses scores, observou-se a formação de duas regiões claramente distintas, sendo a primeira formada por VDS/CS e VDS/LC e a segunda por LGG/CS, LGG/LC, Rubi/CS e Rubi/LC (Figura 5A). Por meio do posicionamento dos scores na PCA é possível inferir que os porta-enxertos apresentaram pouca influência na distinção dos agrupamentos, sendo ele afetado, sobretudo, pelas diferenças entre as cultivares copa, fato também evidenciado no *heatmap*. Verifica-se que as cultivares Rubi e LGG apresentam maior semelhança entre si, mesmo sendo a primeira uma cultivar precoce e a segunda tardia. De mesmo modo, tal agrupamento evidência que a cultivar VDS apresenta características distintas das demais, o suficiente para agrupá-la separadamente.

Alguns estudos apresentaram resultados semelhantes, Emmanouilidou e Kyriacou (2017) verificaram que o desempenho de algumas combinações copa/porta-enxerto também detectaram efeito mínimo em relação às características avaliadas. Da mesma forma, Cantuarias-Avilés et al. (2011) em estudo com diversos porta-enxertos, também reportaram comportamento muito semelhante em relação às características avaliadas ao combinar os porta-enxertos LC e CS com o enxerto laranja 'Folha Murcha'.

A dissimilaridade envolvendo o agrupamento VDS/CS e VDS/LC do agrupamento LGG/CS, Rubi/CS, LGG/LC e Rubi/LC pode ser explicada pelo fato

dessa cultivar não apresentar sementes. Na Figura 5B, a variabilidade foi explicada por dois componentes principais, F1 e F2, respondendo por 53,62% e 34,36% da variação dos dados. Na Figura 5C, a variabilidade também foi explicada por dois componentes principais, F1 e F2, respondendo por 61,84% e 19,75% da variação dos dados (Figura 5B e 5C). A projeção da PCA mostrou uma separação entre as combinações copa/porta-enxerto estudadas, ou seja, algumas combinações foram agrupadas com base na similaridade das variáveis. As combinações Rubi/LC e Rubi/CS promoveram maior produção e número de frutos, bem como maior quantidade de Cx/planta, maior volume de copa e frutos com maior firmeza, cromaticidade e maior concentração de ácido ascórbico.

Ambas as combinações LGG/LC e Rubi/LC, induziram frutos com maior diâmetro, comprimento e massa, bem como plantas com maior eficiência produtiva, altura e largura. Ainda com relação as combinações LGG/LC e LGG/CS, a mesma proporcionou frutos com maior concentração de acidez e plantas com maior raio. As combinações VDS/LC e VDS/CS apresentaram superioridade para a maior parte dos parâmetros de qualidade dos frutos, sendo eles, açúcar total, açúcar não redutor, índice de maturação e também, ângulo matiz. Por conseguinte, ainda abordando a combinação VDS/CS, suas plantas apresentaram maior duração do ciclo fenológico, dias e GDs, e índice tecnológico (Figura 5B).

2.4 CONCLUSÕES

As cultivares Rubi, LGG e VDS, sobre os porta-enxertos LC e CS completam o ciclo da antese à colheita em 245 dias, com um acúmulo de 3216,85 GDs, 402 dias e 4493,61 GDs e 407 dias e 4545,81 GDs, respectivamente. As combinações Rubi/LC e Rubi/CS promoveram melhor desempenho produtivo das plantas em relação as combinações LGG/LC, LGG/CS, VDS/LC e VDS/CS. Os melhores atributos de qualidade físico-química dos frutos foram encontrados em frutos das combinações LGG/LC, LGG/CS, VDS/LC e VDS/CS, permitindo indicar o emprego dessas combinações para a citricultura de mesa. As combinações Rubi/LC e Rubi/CS apresentaram a melhor coloração dos frutos.

As combinações Rubi/CS, Rubi/LC, LGG/CS e LGG/LC apresentaram alto grau de similaridade, o que as diferenciaram das combinações VDS/CS e VDS/LC.

REFERÊNCIAS

AGUSTÍ, M. Fruticultura. **Madrid: Ediciones Mundi-Prensa**, 2ed, p. 570, 2010.

AMARO, A. A., BAPTISTELLA, C. S. L. Viveiro de citros: uma visão econômica. **Instituto de Economia Agrícola**. v. 23, p. 1-13, 2010.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry International**. 18. ed. Gaithersburg. 2005, 1015 p.

ARENAS-ARENAS, F. J.; GONZÁLEZ-CHIMENO, A. B.; ROMERO-RODRÍGUEZ, E.; CASADO, G.; BORDAS, M.; TORRENTS, J.; HERVALEJO, A. Adaptation of two citrus cultivars grafted on former alcaide N° 517 to super high-density system and evaluation of mechanized harvesting. **Citrus Research & Technology**, v. 37, n. 2, p. 122-131, 2016.

BACAR, E. L. C.; NEVES, C. S. V. J.; LEITE JUNIOR, R. P.; YADA, I. F. U.; TAZIMA, Z. H. 'Jaffa' sweet orange plants grafted onto five rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 5, p. 1-9, 2017.

BARBASSO, D. V.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; PIO, R. M. Caracterização fenológica de variedades do tipo Murcott em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.399-403, 2005.

BASTOS, D. C.; PASSOS, O. S.; ATAÍDE, E. M.; SÁ, J. F. de; GIRARDI, E. A.; AZEVEDO, C. L. L. **Cultivo de citros no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. 30 p.

BLUMER, S. Citrandarins e outros híbridos de trifoliata como porta-enxertos nanicantes para a laranjeira 'Valência' (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Tese (Doutorado em Fitotecnia) – **Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"** – ESALQ, p. 118, 2005.

CANTUARIAS-AVILÉS, T.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S.; SILVA, S. R. da; ESPINOZA-NUÑEZ, E. Horticultural performance of 'Folha Murcha' sweet orange onto twelve rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 2, p. 259-265, 2011

CARVALHO, D. U. et al. Determination of organic acids and carbohydrates in 'Salustiana' orange fruit from different rootstocks. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, n.e2018329, p.1-11, 2020.

CARVALHO, L. M. de; CARVALHO, H. W. L. de; BARROS, I. de; MARTINS, C. R.; SOARES FILHO, W. dos S.; G., E. A.; P., O. S. New scion-rootstock combinations for diversification of sweet orange orchards in tropical hardsetting soils. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 169-176, 2019.

Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo - CEAGESP. **Normas de classificação de citros de mesa**. São Paulo, 2011.

CDA. **Coordenadora de defesa agropecuária do estado de São Paulo** 2015: Dados da Citricultura Paulista 2015. Disponível em: <<http://www.cda.sp.gov.br>> Acesso em: 15 jan. 2021

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora UFLA, 2005.

CRASQUE, J., NETO, B. C., SOUZA, G. A. R., COSTA, R. J., ARANTES, L. O., ARANTES, S. D., ALVES, F. L. “Características físico-químicas de frutos de laranja em diferentes porta-enxertos”, **International Journal of Development Research**, v. 10, n.8, p. 39534-39539, 2020.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n.1, p. 1-11, 2009.

DI GIORGI F., IDE B.Y., DIB K., MARCHI R. J., TRIONI H. DE R., WAGNER R. L. Contribuição ao estudo do comportamento de algumas variedades de citros e suas implicações agroindustriais. **Laranja**. v. 11: p. 567-612, 1990.

DOMINGUES, A. R.; NEVES, C. S. V. J.; YADA, I. F. U.; LEITE JUNIOR, R. P.; TAZIMA, Z. H. Performance of ‘Cadenera’ orange trees grafted on five rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 40 (4):1-9, 2018.

DONADIO, L.C.; STUCHI, S. E.; POZZAN, M.; SEMPIONATO, O. R. **Novas cultivares e clones de laranja doce para indústria**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. v. 1. 42 p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, p. 412, 2006.

ESPOSTI, M. D. A.; SIQUEIRA, D. L. de; CECON, P. R. Crescimento de frutos da tangerineira ‘Poncã’ (*Citrus reticulata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. v. 30, n. 3, p. 657-661, 2008.

EMBRAPA. **Cultivares de laranjeira resistentes ao cancro cítrico**. Pelotas, 2008. 31p.

EMMANOULIDOU, M. G.; KYRIACOU, M. C. Rootstock-modulated yield performance, fruit maturation and phytochemical quality of ‘Lane Late’ and ‘Delta’ sweet orange. **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 112-121, 2017.

FISHMAN, M. L.; CHAN, H. K.; HOAGLAND, P. D.; HOTCHKISS, A. T. Microwaveassisted extraction of lime pectin. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 8, p. 1170-1177, 2006.

Food and agriculture organization (FAO). (2019). **Production crop**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>> Acesso em 23 de mar. 2021.

FORNER-GINER, M.A.; RODRIGUEZ-GAMIR, J.; MARTINEZ-ALCANTARA, B.; QUIÑONES, A.; IGLESIAS, D.J.; PRIMO-MILLO, E.; FORNER, J. Performance of Navel orange trees grafted onto two new dwarfing rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v.179, p.376-387, 2014.

FUNDECITRUS – **Fundo de Defesa da Citricultura. Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro 2020/21.** Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_06_25_Invent%C3%A1rio_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2020-20211.pdf

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos.** 3. ed. São Paulo, 2008. 533 p.

MACHADO, F. L. C., OLIVEIRA, V. S., COSTA, J. M. C. Postharvest quality of grapefruit (*Citrus paradisi*) produced from initial plantings in Ceara state, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42 n. 4, p. 965-970, 2011.

JOMORI, M. L. L.; SASAKI, F. F. C.; BERNO, N. D.; GIMENES, L. C.; KLUGE, R. A. Desverdecimento e armazenamento refrigerado de tangor 'Murcott' em função de concentração e tempo de exposição ao etileno. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 825, 2014.

KHADIVI-KHUB, A.; SALIMPOUR, A.; RASOULI, M. Analysis of grape germplasm from Iran based on fruit characteristics. **Brazilian Journal Of Botany**, v. 37, n. 2, p. 105-113, 2014.

LEÃO P. C. S, CRUZ C. D.; MOTOIKE S. Y. Genetic diversity of table grape based on morphoagronomic traits. **Scientia Agrícola**, v. 68, p. 42-49, 2001.

LOANNIDI, E.; KALAMAKI, M.; ENGINEER, C.; PATERAKI, I.; ALEXANDROU, D.; MELLIDOU, I.; GIOVANNONNI, J. Y KANELIS, A. Expression profiling of ascorbic acid-related genes during tomato fruit development. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 2, p. 663-678, 2009.

MOURA, F. T., MELO, E. N., SILVA, M. S., MARTINS, L. P. Danos por impacto e seus efeitos na qualidade pós colheita de citros armazenados sob condições ambientes. **Tópicos em Ciências Agrárias**, v. 3, p. 23, 2019.

NELSON, N. A photometric adaptation of somogyi method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

NEVES, C. G.; AMARAL, D. O. J. do; PAULA, M. F. B. de; NASCIMENTO, L. S. de; COSTANTINO, G.; PASSOS, O. S.; SANTOS, M. do A.; OLLITRAULT, P.; GESTEIRA, A. da S.; LURO, F. Characterization of tropical mandarin collection: implications for breeding related to fruit quality. **Scientia Horticulturae**, v. 239, p. 289-299, 2018.

OLIVEIRA, R. P; SCIVITTARO, W. B. **Lue Gim Gong: laranja tipo Valência mais tardia e tolerante ao frio e cancro cítrico.** Pelotas (RS). Embrapa Clima Temperado, 2008. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/746632>. Acesso em: 14 de setembro de 2021.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ceres, 1981. 400 p.

Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD. International standards for fruit and vegetables: **Citrus fruit Paris**: OECD, p. 244, 2010.

ORTIZ, T. A.; TAKAHASHI, L. S. A. Physical and chemical characteristics of pitaya fruits at physiological maturity. **Genetics And Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 14422-14439, 2015.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technol.** v. 6, p. 36–60, 2013.

PETRY, H. B.; REIS, B.; SILVA, R. R.; GONZATTO, M. P.; SCHWARZ, S. F. Porta-enxertos influenciam o desempenho produtivo de laranjeiras-de-umbigo submetidas a poda drástica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 449-455, 2015.

PIO, R. M.; FIGUEIREDO, J. O.; STUCHI, E. S.; CARDOSO, S. A. B. Variedade de Copas In: MATTOS JUNIOR, D.; PIO, R. M.; DE NEGRI, J. D.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. 929 p.

POMPEU JUNIOR, J. **Clássicos da Citricultura Brasileira. Laranja**, Cordeirópolis, v. 30, n.1/2, p.117-136, 2009

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS J., MATTOS J., DE NEGRI, J. D., PIO, R.M., POMPEU J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. 61-104 p.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D. de; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico: Fundag, 2005, 483-507 p.

RODRIGUES, M. J. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; ANDRADE NETO, R. C.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; LESSA, L.S.; ALMEIDA, U.O.; ARAÚJO, J. M. Agronomic performance of the ‘Pera’ orange grafted onto nine rootstocks under the conditions of Rio Branco, Acre, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 1-8, 2019.

OLIVEIRA, R. P.; GONÇALVES, A. S.; SCIVITTARO, B. W.; NAKASU, B. H. **Fisiologia da formação de sementes em citros**: Embrapa Clima Temperado, 2004, 25 p.

TAZIMA, Z. H.; NEVES, C. S. V. J.; YADA, I. F. U.; LEITE JÚNIOR, R. P. Performance of ‘Oktisu’. Satsuma mandarin on nine rootstocks. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.70, n.6, p.422-427, 2013.

VOLPE, C. A.; SCHÖFFEL, R. R.; BARBOSA, J. C. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas ‘Valência’ e ‘Natal’ na relação entre sólidos solúveis e acidez no índice tecnológico do suco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 436-441, 2002.

SANTOS, C. E.; ROBERTO, S. R.; SATO, A. J.; JUBILEU, B. S. Caracterização da fenologia e da demanda térmica das videiras ‘Cabernet Sauvignon’ e Tannat’ para a região norte do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 29, n. 3, p. 361-366, 2007.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; SOUZA, L. D.; BRITO, R. B. F.; SILVA, R. O. Yield and quality of 'Pera' sweet orange grafted on different rootstocks underrainfed conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 3, 2016

SARTORI, L. A., KOLLER, O. C., SCHWARS, S. F., BENDER, R. J., SCHÄFER, G. Maturação de frutos de seis cultivares de laranjas doces na Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 24, 364-369, 2002.

SATO, A. J.; SILVA, B. J. da; BERTOLUCCI, R.; CARIELO, M.; GUIRAUD, M. C.; FONSECA, I. C. de B.; ROBERTO, S. R. Evolução da maturação e características físico-químicas de uvas da cultivar Isabel sobre diferentes porta-enxertos na Região Norte do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 11, 2009.

ŞEQUERLI, L.; TUZCO, Ö. Fruit quality of 'Valencia' Orange trees grafted on Volkameriana and Sour Orange rootstocks grown in two diferente regions in Northern Cyprus. **Pakistan Journal of Botany**, v. 52, n. 5, p.1803-1808, 2020.

SOUZA, C. D. **Análise de pesquisa científica no setor citrícola a partir de indicadores bibliométricos**. Dissertação (Mestrado em Educação e Ciências Humanas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013, p. 113

TEODORO, A. V., CARVALHO, H. W. L. D., BARROS, I. D., CARVALHO, L. M. D., MARTINS, C. R., SOARES FILHO, W. D. S., GIRARDI, E. A. E PASSOS, O. S. Performance of Jaffa'sweet orange on different rootstocks for orchards in the Brazilian Northeast. **Pesquisa Agropecuária**, v. 55, n.8, p. 327-345, 2020.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance Centerton**, N J: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955, 104 p.

YAMAMOTO, E. L. M.; ARAÚJO F., R. M.; OLIVEIRA F. P. L.; ALBUQUERQUE, L. B.; DE OLIVEIRA ALVES, E. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 49-55, 2011.

CAPÍTULO 3

COMPOSTOS BIOATIVOS EM SUCO DE LARANJA (*Citrus sinensis*) PASTEURIZADO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

RESUMO

O suco de laranja é um dos principais sucos consumidos no mundo. Para obtenção de sucos de alta qualidade e com altos níveis de bioativos, é necessário identificar combinações copa/porta-enxerto. Além disso, é fundamental o conhecimento do comportamento desses durante o armazenamento do suco. Neste estudo, analisamos o perfil do ácido ascórbico e compostos fenólicos (UHPLC) em sucos de quatro cultivares de laranja armazenados em diferentes embalagens. Sucos elaborados a partir das combinações LC/Rubi e CS/Rubi apresentaram os maiores níveis de AA e DHA. As maiores concentrações de hesperidina, naringerina, ácido cafeico, *p*-cumárico, ácido *t*-ferúlico e de ácido ascórbico foram encontradas em sucos no momento da elaboração. Hesperidina foi o flavonóide majoritário e os ácidos clorogênico e sináptico, os principais ácidos hidroxicinâmicos. Em relação aos sucos armazenados, o ácido clorogênico e o ácido sináptico foram os principais ácidos hidroxicinâmicos para a maioria das combinações copa/port-enxerto. O tipo de embalagem pode influenciar na degradação dos compostos bioativos, e consequentemente, nos atributos qualitativos e na durabilidade do suco de laranja pasteurizado.

Palavras chaves: *Citrus sinensis* (L); *Citrus limonia*, Osbeck; *P. trifoliata* (L.) Raf x *C. paradisi* Macf.; compostos fenólicos; vitamina c.

ABSTRACT

Orange juice is one of the main juices consumed in the world. To obtain high quality juices with high levels of bioactives, it is necessary to identify scion/rootstock combinations. In addition, it is essential to know their behavior during juice storage. In this study, we analyzed the profile of ascorbic acid and phenolic compounds (HPLC) in juices from four orange cultivars stored in different packages. Juices made from LC/Rubi and CS/Rubi combinations showed the highest levels of AA and DHA. The highest concentrations of hesperidin, naringerin, caffeic acid, p-coumaric, t-ferulic acid and ascorbic acid were found in juices at the time of elaboration. Hesperidin was the major flavonoid and chlorogenic and synaptic acids were the main hydroxycinnamic acids. In relation to stored juices, chlorogenic acid and synaptic acid were superior for most scion/rootstock combinations. The type of packaging can influence the degradation of bioactive compounds, and consequently, the qualitative attributes and durability of pasteurized orange juice.

Keywords: *Citrus sinensis* (L); *Citrus limonia*, Osbeck; *P. trifoliata* (L.) Raf x *C. paradisi* Macf.; phenolic compounds; vitamin c.

3.1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de laranja doce em 2020 foi de 75,458,588 toneladas, sendo o Brasil o maior produtor, responsável pela produção de 18549,129 toneladas numa área cultivada de 589,610 hectares (FAOSTAT, 2021). Estima-se que a maior parte dessa produção, cerca de 80%, é destinada à exportação para o processamento de suco (CITRUSBR, 2020). A laranja brasileira se destaca por apresentar características que proporcionam suco de qualidade (cor, aroma, sabor e valor nutricional) e por, principalmente, apresentar baixo custo em função do processo ser em grande escala (FRANCO, 2016). Na safra 2020/21, o Brasil exportou 223,7 mil toneladas de suco, gerando cerca de US\$ 316,7 milhões, incluindo tanto o suco de laranja concentrado e congelado, quanto o suco pronto para beber (CITRUSBR, 2020).

O suco de laranja é o mais consumido no mundo, pois, além de agradável ao paladar, apresenta benefícios para a saúde por ser fonte de bioativos, como as vitaminas, compostos fenólicos, entre outros. Entre as vitaminas, frutos e hortaliças são as principais fontes de vitamina C para humanos (LEE e KADER, 2000).

Entre os ácidos fenólicos, os que ocorrem em maiores níveis nos citros são os ácidos ferúlico, cafeico, clorogênico, *p*-cumárico e sinápico, como representantes dos ácidos hidroxicinâmicos e ácidos gálico, vanílico e *p*-hidroxibenzóico, entre os hidroxibenzóicos (KELEBEK e SELLI, 2011). Em relação aos flavonoides, os principais identificados são as flavanonas glicosiladas (hesperidina narirutina, naringerina) e as flavonas polimetoxiladas (nobiletina, sinensetina e tangeritina) (STINCO et al., 2013). Muitos estudos têm demonstrado o efeito benéfico da ingestão destes compostos do metabolismo secundário para a saúde. A ingestão de suco de laranja é importante na modulação de marcadores inflamatórios, através de flavonoides como hesperidina e naringenina (COELHO et al., 2013).

É bem descrito na literatura, que o processamento pós-colheita pode induzir alterações nos níveis de diversos metabolitos primários e secundários, incluindo o armazenamento de frutos e derivados. No mundo, há um aumento contínuo na busca por alimentos e bebidas embalados, mas que mantenham as características nutricionais e fitoquímicas, incluindo a composição de compostos com propriedades antioxidantes. A indústria de alimentos tem buscado formas de preservar a

qualidade, pois sabe-se que durante o processamento e armazenamento, podem mudanças nutricionais e sensoriais, um fator limitante para determinação do prazo de validade do suco (WIBOWO et al., 2015; NAKILCIOĞLU-TAŞ E ÖTLEŞ, 2020).

Dessa forma, técnicas que melhorem os protocolos de processamento e armazenamento de suco de laranja, possibilitando assim, reduzir a degradação dos compostos bioativos tem sido cada vez mais relevantes. Diante disso, objetivou-se analisar a degradação da vitamina C, bem como o conteúdo de compostos fenólicos em sucos de cultivares de laranja enxertadas sobre diferentes porta-enxertos armazenados em diferentes embalagens

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

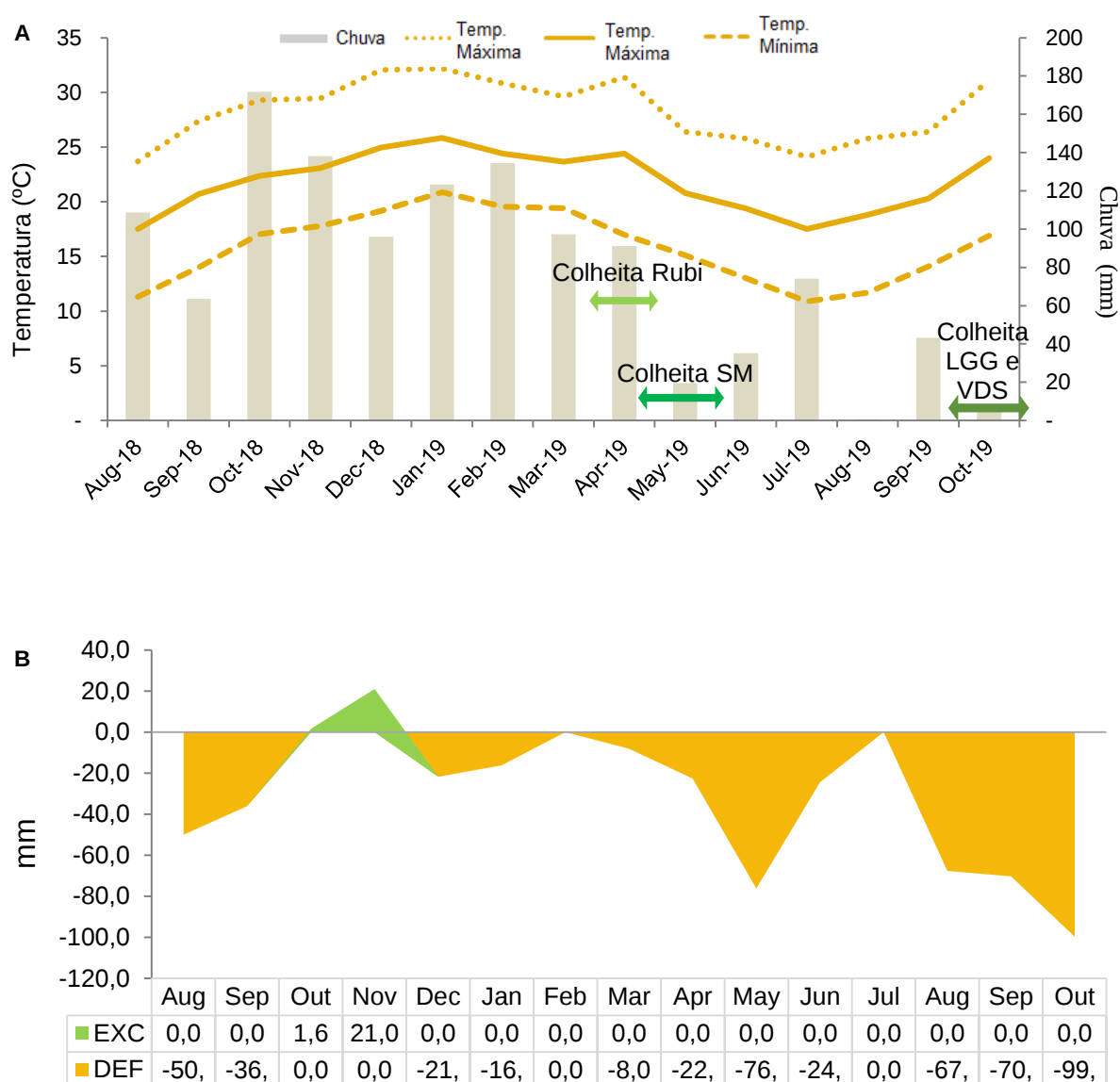
3.2.1 Material vegetal e preparo das amostras

As cultivares (cvs.) Sanguínea de Mombuca (SM), Rubi (Rubi), Lue Gin Gong (LGG) e Valência Delta Seedless (VDS) sobre os porta-enxertos limoeiro 'Cravo' (LC) (*Citrus limonia* Osbeck) e citrumeleiro 'Swingle' (CS) (Swingle' (*C. paradisi* Macfad. 'Duncan' × *Poncirus trifoliata* L. Raf.) foram cultivadas na Fazenda Experimental São Manuel, da Faculdade de Ciências Agronômicas, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), localizada em São Manuel, São Paulo, Brasil (22°44'28" S, 48°34'37" W, na altitude de 740m). De acordo com a classificação climática de Köppen, a área é classificada como Cwa, sendo quente temperado (mesotérmico), úmido e a temperatura média do mês mais quente é de aproximadamente 22 °C (CUNHA; MARTINS, 2009). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013).

O experimento em campo foi conduzido entre agosto de 2018 e dezembro de 2019 em sistema sequeiro. Os dados climáticos, coletados a partir da base do CIAGRO (Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas) bem como o balanço hídrico, o qual foi adotado como profundidade média do sistema radicular de 80 cm e a capacidade de água disponível de 70 mm (THORNTHWAITE e MATHER, 1955), referentes a este período encontram-se na Figura 1. As fertilizações

ocorreram de acordo com a análise de solo e os requisitos da cultura (QUAGGIO et al., 2005).

Figura 1 - A. Precipitação, temperaturas média, máxima e mínima mensal do período do estudo. B. Balanço hídrico climático de agosto de 2018 a outubro de 2019. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2019



A colheita foi realizada quando os frutos atingiram o índice de maturação entre 8,5 e 10. As cultivares Rubi e SM são de maturação precoce e seus frutos foram colhidos aos 246 e 244 dias da antese, respectivamente. As cultivares tardias LGG e VDS foram colhidas aos 402 e 406 dias da antese, respectivamente. Após a colheita, ocorreu a elaboração dos sucos integrais no Laboratório de Bebida do

Departamento de Horticultura da FCA/UNESP, safra de 2019. Com auxílio de um espremedor semi-industrial (Colombo – Brasil), o suco foi extraído e pasteurizado. O cálculo para unidades de pasteurização foi realizado conforme Peña, Massaguer e Teixeira (2006).

$$TL = \frac{(T_{obs} - T_{ref})}{Z}$$

Onde: TL – Taxa letal;

T_{obs} – Temperatura observada;

T_{ref} – Temperatura de referência;

Z – Intervalo de temperatura (ocasiona uma variação de 10 vezes na velocidade de destruição).

Para alcançar as UPs (Unidade de Pasteurização) desejadas, iniciou-se a contagem das UPs quando as amostras (combinação copa/porta-enxerto) de suco chegaram a 70 °C (temperatura de referência). A partir de 70 °C, a cada minuto, era registrado a temperatura com auxílio de um termômetro digital e calculada a quantidade de UPs. Durante esse processo, a temperatura foi equilibrada de forma constante em torno de 75 °C. Ao alcançar as UPs desejadas (50 UPs), ocorreu o resfriamento por meio de um trocador de calor de serpentina (chiller). O resfriamento durou aproximadamente 30 segundos, momento em que as amostras de suco chegaram a uma temperatura inferior a 70 °C (temperatura de referência). Os sucos foram envasados em garrafas de 300 ml de tereftalato de polietileno, com coloração clara, garrafas transparentes e escura, cobertas com papel alumínio e seladas por inversão da tampa giratória (Figura 2). Por fim, as amostras foram armazenadas em geladeira horizontal de porta de vidro a 4 °C por trinta e cinco (35) dias.

3.2.2 Tratamento e delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, considerado separadamente para cada cultivar. Para as avaliações de compostos fenólicos e vitamina C, utilizou-se esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo os porta-

enxertos (LC e CS) considerados como parcelas e o armazenamento (garrafas claras e escuras) como subparcelas.

Figura 2 - (A) Sucos armazenados sem garrafas de tereftalato de polietileno claras. (B) em garrafas de tereftalato de polietileno escuras. (C) Sucos no momento da avaliação



3.2.3 Análises

3.2.3.1 Ácido ascórbico (AA) e ácido dehidroascórbico (DHA)

A determinação de ácido ascórbico e dehidroascórbico nos sucos foi realizada por UHPLC (Ultra-High Performance Liquid Chromatography). A metodologia de extração e quantificação do ácido ascórbico e ácido dehidroascórbico nas amostras foi realizada conforme o método descrito por Spínola et al. (2012), com algumas modificações.

Semanalmente (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento), amostras de suco que estavam armazenadas em garrafas claras foram retiradas da geladeira para as avaliações dos conteúdos. Na última avaliação, dia trinta e cinco, além da análise do suco armazenado em garrafas claras, realizou-se também em suco armazenado em garrafas escuras.

Para realização das análises, as amostras foram diluídas em água Milli-Q (1:9), filtradas (PTFE, 0,45 µm, Hidrofílico, Massachusetts, EUA) e injetadas (20 µL) em um sistema CLUE (Ultimate 3000 BioRS, Dionex-Thermo Fisher Scientific Inc., USA), equipado com detector de arranjo de diodos (DAD), coluna Ace 5 C18 4,6mm × 250mm (Advanced Chromatography Technologies, Aberdeen, Reino Unido) à 25 °C. O fluxo foi de 0,8 mL min⁻¹ por 17 min, e leitura realizada em 245 nm. A identificação das substâncias foi realizada através da comparação dos seus tempos de retenção e do espectro de Ultra-Violeta com padrões comerciais: ácido ascórbico ($y = 2300,3x - 1,1376$ $r^2 = 0,99$) e ácido dehidroascórbico ($y = 9,1003x - 1,0026$ $r^2 = 0,99$), com pureza ≥ 95% (Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA). A quantificação das substâncias foi realizada utilizando curvas de calibração preparadas com os padrões comerciais e expresso em mg por L⁻¹ de suco.

3.2.3.2 Perfil dos compostos fenólicos

A análise do perfil dos compostos fenólicos dos sucos das diferentes cultivares foi realizada em UHPLC (Ultra-High Performance Liquid

Chromatography). A separação, identificação e quantificação desses compostos foi baseada no método descrito por Natividade et al. (2013), com modificações.

A análise de compostos fenólicos foi realizada no dia da elaboração do suco, dia 0, e após trinta e cinco (35) dias de armazenamento. No dia 35, além da análise do suco armazenado em garrafas claras, realizou-se também em suco armazenado em garrafas escuras.

Os sucos foram filtrados (PTFE, 0,45 μ m, Millipore, Massachusetts, EUA) e injetados (20 μ L) em um sistema CLUE (Ultimate 3000 BioRS, Dionex-Thermo Fisher Scientific Inc., USA), equipado com detector de arranjo de diodos (DAD), coluna Luna[®] 2,5 μ m C18 (2) HST 2,0 $\times$ 50 mm (Phenomenex[®], USA). A temperatura da corrida foi de 39 °C e fluxo de 0,6 mL/min. A fase móvel consistiu de solução de ácido fosfórico 0,85% (solvente A) e acetonitrila 100% (solvente B). O gradiente usado foi: 0-2,5 min: 4% B; 2,5-7,5 min: 8% B; 7,5-15 min: 12% B; 15-18 min: 15% B; 18-20 min: 20% B; 20-21 min: 25% B; 21-22 min: 35% B; 22-24 min: 65% B; 24-25 min: 65% B; 25-25,5 min 35% B; 25,5-26 min: 0% e 26-27 min: 0% B. As leituras foram realizadas em 280 nm, 320 nm, 360 nm e 520 nm. Para a identificação das substâncias, realizou-se a comparação dos seus tempos de retenção com padrões comerciais: hesperidina, naringerina, ácido cafeico, ácido clorogênico, ácido p-cumárico, ácido *trans-ferúlico* e ácido sináptico (Sigma-Aldrich). Para a quantificação das substâncias, utilizaram-se curvas de calibração preparadas com padrões comerciais e expressos em mg/L de suco. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

3.2.4 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), quando constatada a significância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$), com auxílio do programa SISVAR 5.6 (Ferreira, 2014). Para as avaliações semanalmente de ácido ascórbico e dehidroascórbico, aplicou-se análise de regressão. As análises foram realizadas em triplicatas. Para a Análise de Componentes Principais (PCA), foi usado o software XLSTAT 2011.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Conteúdo de Ácido Ascórbico (AA) e Dehidroascórbico (DHA) do suco de laranja conforme o tempo de armazenamento

Conforme os resultados da análise de variância, para a cv. SM, houve efeito significativo da interação porta-enxerto x armazenamento sobre o DHA. Já a cv. Rubi, não apresentou interação. A cv. LGG apresentou interação sobre AA e o DHA. A cv. VDS, também apresentou interação sobre o AA e o DHA (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL) e coeficiente de variação (CV) dos conteúdos de AA e DHA em sucos de diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019

FV	GL	SM		Rubi		LGG		VDS	
		AA	DHA	AA	DHA	AA	DHA	AA	DHA
Bloco	2	0,228 ^{ns}	2,552 ^{ns}	4,663 ^{ns}	0,659 ^{ns}	12,102 ^{ns}	3,642 ^{ns}	1,441 ^{ns}	0,027 ^{ns}
PE	1	1414,012 ^{**}	329,793 ^{**}	15,067 ^{ns}	173,077 ^{**}	805,399 ^{**}	1072,488 ^{**}	51,630 [*]	637,588 ^{**}
A	2	1324,995 ^{**}	294,266 ^{**}	2745,036 ^{**}	45,851 ^{**}	5833,517 ^{**}	213,374 ^{**}	4512,925 ^{**}	256,593 ^{**}
PE x A	2	0,245 ^{ns}	14,201 ^{**}	0,103 ^{ns}	2,397 ^{ns}	61,421 ^{**}	48,364 ^{**}	518,471 ^{**}	24,911 ^{**}
CV (%)		2,13	3,76	1,33	3,23	1,57	2,45	0,93	2,72
CV (%)		2,36	2,73	2,5	3,05	1,41	2,71	1,87	2,46
Média		375,35	155,58	368,32	428,96	326,35	189,65	280,6	242,31

** = diferem estatisticamente a 1%; * = diferem estatisticamente a 5% e ns não diferem estatisticamente pelo teste F a <0,05. PE= Porta-enxerto; A= Armazenamento. AA=Ácido ascórbico; DHA= Dehidroascórbico; SM= Sanguínea de Mombuca; R= Rubi; LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless.

Em relação a cv. Rubi, não se obteve diferença nos porta-enxertos para o AA. No entanto, para o A, nota-se que as maiores concentrações foram encontradas em sucos no momento da elaboração e para os sucos armazenados não se obteve diferença (Tabela 2).

Para o composto DHA, a combinação Rubi/CS proporcionou as maiores

concentrações. Em relação ao A, sucos no momento da elaboração e armazenados em garrafas claras não apresentaram diferença estatística e apresentam as maiores concentrações (Tabela 2).

Para a cv. SM, o DHA na combinação SM/LC, não houve diferença estatística entre os sucos armazenados, apresentando as maiores concentrações em relação aos sucos não armazenados. Entretanto, para a combinação SM/CS, as maiores concentrações foram encontradas em sucos armazenados em garrafas claras, seguido de escuras e sucos no momento da elaboração. Em relação aos PE, a combinação SM/CS apresentou as maiores concentrações em relação a combinação SM/LC, não apresentando diferença estatística entre os sucos no momento da elaboração e armazenados. (Tabela 2).

Para o AA, as maiores concentrações foram encontradas pela combinação SM/CS. A superioridade da combinação SM/CS pode estar relacionada por várias situações. Dentre elas, Benjamin et al. (2013) relatam que a concentração de ácidos pode ser influenciada pelas condições de cultivo, fatores climáticos, e até tamanho do fruto, fato que normalmente é influenciado pelas características que o porta-enxerto e copa podem desempenhar na massa dos frutos. Nesse mesmo sentido, é sábio que quanto for maior o rendimento do fruto, maior será a diluição dos ácidos orgânicos, carboidratos e vitaminas (BEBER et al., 2018; BOLFARINI et al., 2020), assim, diminuindo a concentração dos compostos. Já para o A, as maiores concentrações foram encontradas em sucos no momento da elaboração, que diferenciaram dos submetidos ao armazenamento (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Nakilcioğlu-taş e Ötleş (2020), que ao avaliar a degradação de vitamina C em sucos cítricos, constatou-se que as menores perdas de vitamina C foram encontradas em sucos não armazenados, e ao avaliar sucos armazenados, as menores perdas foram quando os sucos foram armazenados a 4 °C, temperatura adotada pelo presente estudo.

Tabela 2 - Conteúdo de AA e DHA em sucos de Rubi, SM, LGG e VDS com diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019

Rubi				
AA (mg/L)				
LC	CS	0	35	35E
363,83a*	372,80 ^a	595,47a	253,33b	356,14b
DHA (mg/L)				
LC	CS	0	35	35E
386,06b	471,87 ^a	458,59 ^a	439,58 ^a	388,71b
Sanguínea de Mombuca				
AA (mg/L)				
LC	CS	0	35	35E
304,21b	446,37 ^a	527,61 ^a	296,35b	302,07b
DHA (mg/L)				
LC		CS		
0	101,94bB*	147,12cA		
35	151,38Ab	216,28aA		
35E	138,28Ab	178,46bA		
Lue Gin Gong				
AA (mg/L)		DHA (mg/L)		
LC	CS	LC	CS	
0	516,74aA*	463,41aB	137,66bB	237,82bA
35	244,34cA	194,70cB	184,82aB	257,50aA
35E	320,72bA	218,18bB	139,10bB	181,09cA
Valência Delta Seedless				
AA (mg/L)		DHA (mg/L)		
LC	CS	LC	CS	
0	460,31aA*	410,04aB	266,89aB	299,11bA
35	98,32cB	201,07cA	213,99aB	319,07aA
35E	296,49bA	217,35bB	168,54bB	226,27cA

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna (Armazenamento) e maiúscula na linha (porta-enxerto) não diferem estatisticamente entre si, teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. AA= Ácido ascórbico; DHA= Dehidroascórbico; LC= Limoeiro 'Cravo'; CS= Citrumeleiro 'Swingle'; 0= Suco não armazenado; 35= Suco armazenado em garrafa clara por 35 dias; 35E= Suco armazenado em garrafa escura por 35 dias; Rubi= Rubi; SM= Sanguínea de Mombuca; LGG= Lue Gin Gong; VDS= Valência Delta Seedless.

Para a cv. LGG, em relação ao AA, as combinações de porta-enxerto se comportaram de forma semelhante. Ou seja, as maiores concentrações foram encontradas em sucos no momento da elaboração, em seguida, em sucos armazenados em garrafas escuras e claras. Para os PE, independente da situação, a combinação LGG/LC apresentou as maiores concentrações.

Já a DHA, perante a combinação LGG/LC, as maiores concentrações foram

encontradas em sucos armazenados em garrafas claras, inversamente ao encontrado nos sucos no momento da elaboração e armazenados em garrafas escuras, que não apresentaram diferença estatística entre si, ou seja, não havendo degradação pelo fato do suco ter proteção a luz. Já a combinação LGG/CS, os sucos armazenados em garrafas claras apresentaram as maiores concentrações, seguido dos sucos no momento da elaboração e armazenados em garrafas escuras (Tabela 2).

Ao avaliar os PE individualmente, em para o AA, a combinação LGG/LC apresentou as maiores concentrações em sucos não armazenados e armazenados. Inversamente ao encontrado para o DHA, onde a combinação LGG/CS apresentou as maiores concentrações para sucos não armazenados e armazenados (Tabela 2).

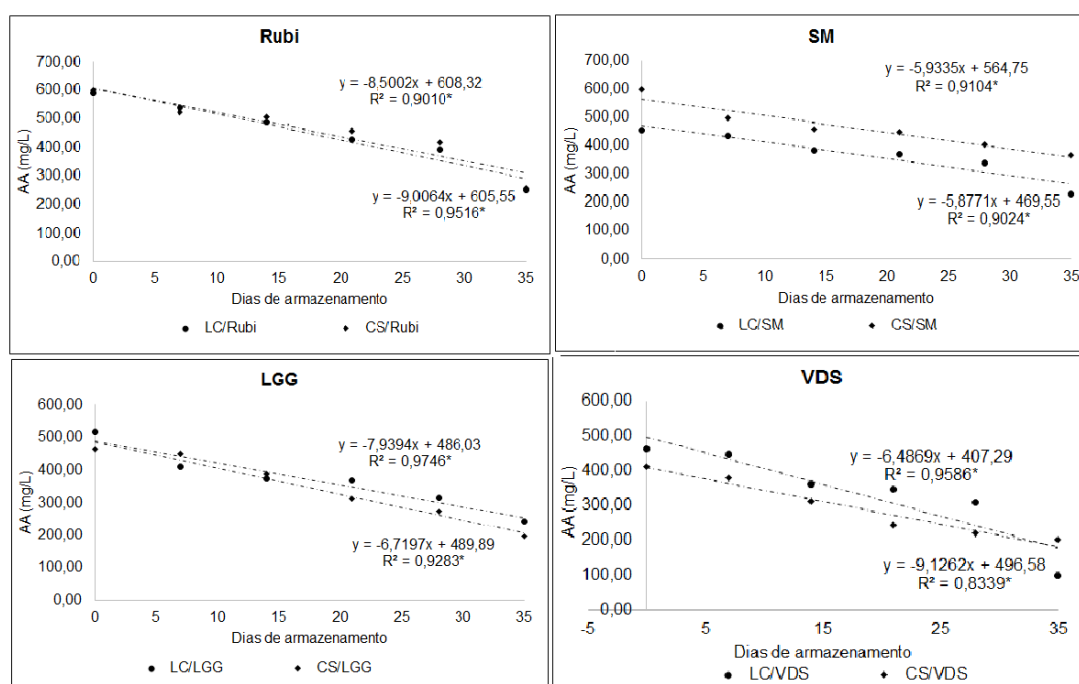
Em relação a cv. VDS, para o AA, ambas as combinações copa/porta-enxerto apresentaram as maiores concentrações em sucos no momento da elaboração, seguido dos armazenados em garrafas escuras e claras. Para o DHA, a combinação VDS/LC não apresentou diferença estatística entre os sucos no momento da elaboração e armazenados em garrafas claras, apresentando as maiores concentrações (Tabela 2). Diferentemente, a combinação VDS/CS apresentou as maiores concentrações em sucos armazenados em garrafas claras, seguido dos sucos no momento da elaboração e após os armazenados em garrafas escuras.

Para os PE, em relação ao o AA, a combinação VDS/LC apresentou as maiores concentrações em sucos no momento da elaboração e armazenados em garrafas escuras. Já a combinação VDS/CS, as maiores concentrações foram encontradas em sucos armazenados em garrafas claras. Para o DHA, a combinação VDS/CS apresentou superioridade em todas as situações (Tabela 2).

As equações de regressão permitiram estimar o comportamento do AA e do DHA no decorrer do armazenamento. Sendo assim, ao avaliar o conteúdo de AA ao longo do armazenamento, para todas as cvs., ambas as combinações copa/porta-enxerto apresentaram um efeito linear negativo, ou seja, as concentrações foram decrescendo. Diferentemente, o DHA, para as cvs. SM e Rubi, ambas as combinações copa/porta-enxerto apresentaram comportamento quadrático positivo. Já as cvs. LGG e VDS, ambas as combinações copa/porta-enxerto, apresentaram comportamento cúbico durante o armazenamento (Figura 3). A diminuição das concentrações de AA ocorre desde o momento do processamento até durante o

período de armazenamento dos sucos. Durante o armazenamento, ocorre inúmeras reações deteriorativas, causando a degradação do AA, consequentemente, acarretando em mudanças no sabor, cor, textura e aparência do suco (WIBOWO et al., 2015). Tanto que, em todas as combinações copa/porta-enxerto, as concentrações de flavonoides, hesperidina e naringerina, diminuíram durante o período de armazenamento (Tabela 4 e 5).

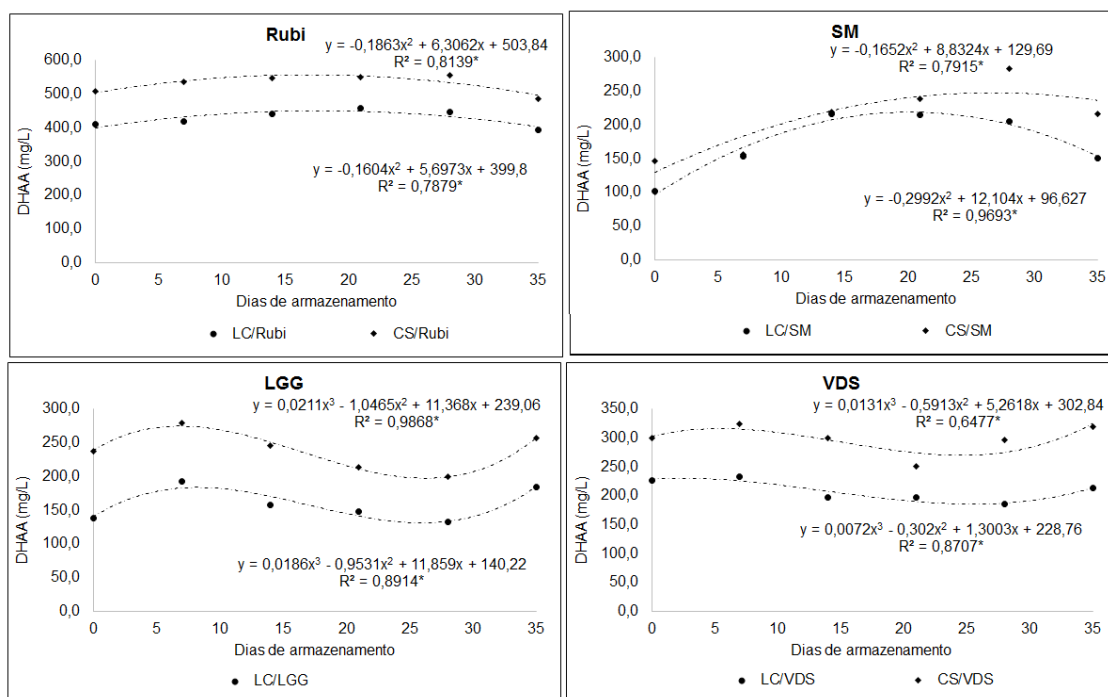
Figura 3 - Conteúdo de ácido ascórbico (mg/L) em sucos de Sanguínea de Mombuca (SM), Rubi (Rubi), Lue Gin Gong (LGG) e Valência Delta Seedless (VDS) com diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019. L= Limão ‘Cravo’; C= Citrumelo ‘Swingle’; SM= Sanguínea de Mombuca; R= Rubi; LGG= Lue Gin Gong, VDS= Valência Delta Seedless



Essa oscilação no conteúdo de DHA é em decorrente do AA ser oxidado (Figura 4). A literatura afirma que ocorre degradação do AA durante o armazenamento dos sucos cítricos e que esse fato é decorrente principalmente por oxidação causada pela temperatura de armazenamento, luz e presença de oxigênio (NAKILCIOĞLU-TAŞ E ÖTLEŞ, 2020). Logo, diante a essa oxidação, o

AA é transformado em DHA, o que pode explicar a maior concentração do DHA em sucos armazenados. É importante frisar que essa transformação não causa perda da vitamina C, uma vez que o DHA pode ser convertido novamente a AA, não perdendo a funcionalidade (KIRCA E CEMEROGLU, 2001). Porém, se o DHA degradar em 2,3-dicetogulônico (DKGA), resulta em perda da atividade biológica (ZHANG et al., 2016). Wibowo et al. (2015) ao estudarem as mudanças em ácidos, açúcares, oxigênio e vitamina C em função do armazenamento do suco de laranja, também observaram que durante o armazenamento, devido a principalmente a presença de oxigênio, ocorreram as oscilações na concentração do DHA.

Figura 4 - Conteúdo de dehidroascórbico (mg/L) em sucos de Sanguínea de Mombuca (SM), Rubi (Rubi), Lue Gin Gong (LGG) e Valência Delta Seedless (VDS) com diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019. L= Limão ‘Cravo’; C= Citrumelo ‘Swingle’; SM= Sanguínea de Mombuca; R= Rubi; LGG= Lue Gin Gong, VDS= Valência Delta Seedless

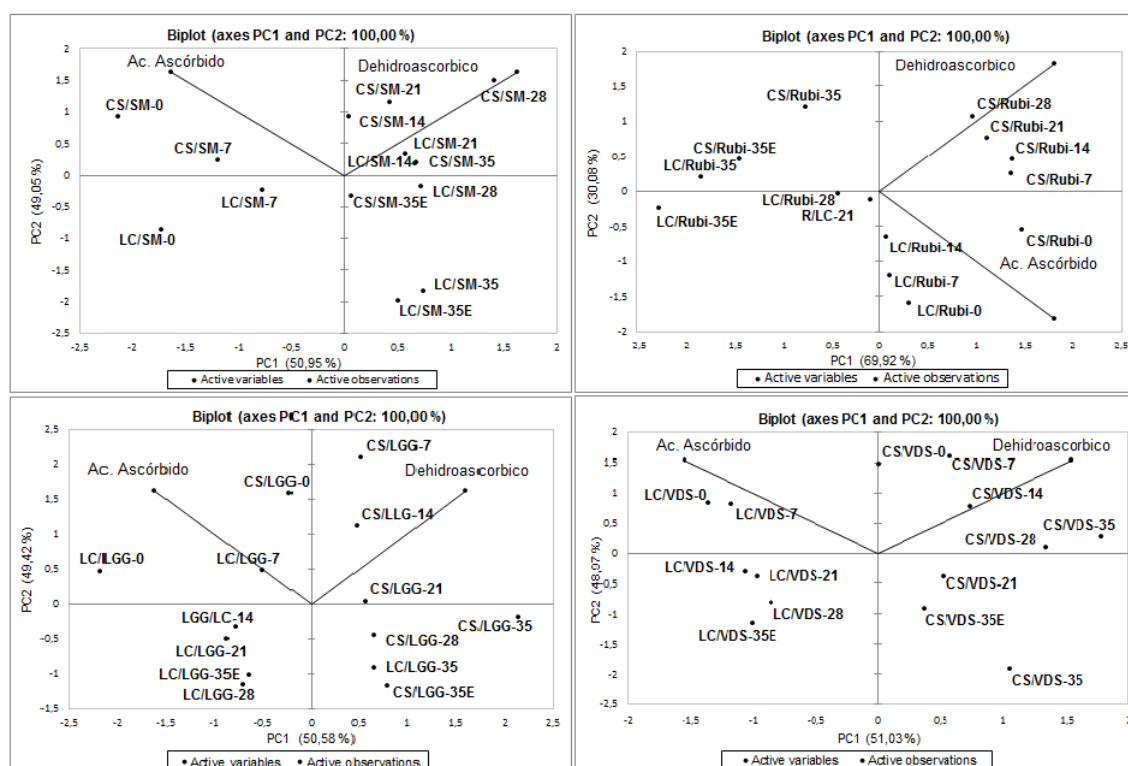


A análise dos componentes principais (PCA) permitiu demonstrar o comportamento do AA e do DHA para cada cultivar combinada com os porta-

enxertos LC e CS. Nesse estudo, a PCA foi aplicada com intuito de avaliar o comportamento do AA e DHA com base no armazenamento dos sucos. Para todas as cvs., a variabilidade foi explicada por dois componentes principais PC1 e PC2. A cv. SM, respondendo por 50,95% e 49,05%, a cv. Rubi, respondendo por 69,62% e 30,08% a cv. LGG, respondendo por 50,52% e 49,42% e a cv. VDS, respondendo por 60,25% e 30,34% da variação dos dados (Figura 5).

A PCA apontou que as cvs. SM, LGG e VDS apresentaram comportamento similar, na Primeira Componente Principal (PC1) o DHA. Na Segunda Componente Principal (PC2), o AA. No geral, a PCA permitiu concluir que durante o armazenamento do suco ocorreu uma relação inversa entre o AA e o DHA. Também foi possível identificar que as maiores concentrações de AA tenderam a serem encontradas em sucos no momento da elaboração, assim como as maiores concentrações de DHA tenderam a serem encontradas em suco armazenados. Já a cv. Rubi apresentou o AA e o DHA na Primeira Componente Principal (PC1). Apesar da diferença no comportamento das cvs., é importante enfatizar que todas as combinações copa/porta-enxerto apresentaram concentrações ideais de vitamina C (AA + DHA), que segundo Vervoort et al. (2011) é em torno de 529 mg/L (Tabela 2). Também é válido destacar que ao final do armazenamento, as maiores concentrações de vitamina AA e DHA além de variar de combinação copa/porta-enxerto, também variou de tipo de embalagem, garrafas escuras e claras. Diante disso, pode destacar que talvez a degradação da AA e DHA está mais ligada a presença de oxigênio do que da luz, uma vez que o oxigênio determina a taxa de degradação oxidativa dos compostos (NAKILCIOĞLU-TAŞ E ÖTLEŞ, 2020). Bacigalupi et al. (2013) relatam que o normalmente o oxigênio é incorporado ao suco durante a preparação, processamento e armazenamento. Além disso, o oxigênio pode passar pela embalagem, por processo de difusão. Estudos como este, que tem como finalidade caracterizar os níveis de vitamina C, antes e depois da degradação, são de extrema importância, uma vez que a vitamina C é um indicador confiável do valor nutricional e da deterioração da qualidade do suco processado (KLIMCZAK et al., 2007).

Figura 5 - Análise de componentes principais (PCA) da AA e DHA em sucos de diferentes combinações de copa/porta-enxerto submetidos a 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019. (A) SM= Sanguínea de Mombuca; (B) R= Rubi; LGG= (C) Lue Ging Gong; (D) VDS= Valência Delta Seedless; LC= Limoeiro ‘Cravo’; CS= Citrumeleiro ‘Swingle’; E= garrafa escura



3.3.2 Conteúdo de Compostos Fenólicos do suco de laranja conforme o tempo de armazenamento

Conforme os resultados da análise de variância, para a cv. SM, houve efeito significativo da interação porta-enxerto x armazenamento para hesperidina, naringerina, ácido cafeico, ácido *p*-cumárico e ácido sináptico. mesma forma, para cv. Rubi, sobre a hesperidina, ácido cafeico, ácido clorogênico, ácido *trans*-ferúlico e ácido sináptico. Já para a cv. LGG, sobre hesperidina, naringerina, ácido cafeico e ácido clorogênico. Por fim, para a cv. VDS sobre hesperidina e ácido sináptico. Os resultados observados para cada uma das variedades evidenciam que há variações

nas concentrações desses compostos ao longo do período do armazenamento do suco de laranja, além de serem genótipo dependentes (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) dos compostos fenólicos em sucos de diferentes combinações de copa/porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019

Sanguínea de Mombuca								
FV	GL	Hesp	Narin	Caf	Clorog	Pcum	Ferul	Sinap
Bloco	2	5,295 ^{ns}	0,47 ^{ns}	61,00 ^{**}	0,717 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,33 ^{ns}	2,71 ^{ns}
PE	1	1357,05 ^{**}	27,84 [*]	7921,00 ^{**}	167,84 ^{**}	90,75 ^{**}	12,00 ^{ns}	43,75 [*]
A	2	3628,31 ^{**}	2238,00 ^{**}	569,71 ^{**}	492,23 ^{**}	650,67 ^{**}	470,86 ^{**}	132,72 ^{**}
PE x A	2	56,87 ^{**}	23,23 ^{**}	208,00 ^{**}	2,08 ^{ns}	32,00 ^{**}	3,43 ^{ns}	108,14 ^{**}
CV (%)		0,36	3,48	0,51	3,3	4,58	4,56	1,53
CV (%)		1,61	2,04	1,36	3,41	2,8	2,46	2,78
Média		46,82	0,3	0,5	0,81	0,18	0,18	0,82
Rubi								
Bloco	2	0,21 ^{ns}	21,00 [*]	7,00 ^{ns}	10,34 ^{ns}	1,00 ^{ns}	19,00 [*]	0,18 ^{ns}
PE	1	6637,85 ^{**}	484,00 ^{**}	240,25 ^{**}	26,23 [*]	6,25 ^{ns}	484,00 ^{**}	6,49 ^{ns}
A	2	21648,56 ^{**}	468,12 ^{**}	403,15 ^{**}	1549,72 ^{**}	522,47 ^{**}	490,75 ^{**}	409,30 ^{**}
PE x A	2	98,210 ^{**}	1,65 ^{ns}	37,25 ^{**}	8,56 ^{**}	0,12 ^{ns}	4,75 [*]	214,25 ^{**}
CV (%)		0,26	0,65	0,84	2,04	2,58	1,26	3,49
CV (%)		0,51	3,31	2,27	2,32	3,76	2,51	3,73
Média		40,17	0,36	0,56	0,9	0,18	0,19	0,82
Lue Gin Gong								
Bloco	2	0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	3,86 ^{ns}	2,71 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,11 ^{ns}	3,00 ^{ns}
PE	1	34,83 [*]	9,31 ^{ns}	96,57 ^{**}	57,14 ^{**}	42,25 [*]	25,00 [*]	32,00 ^{**}
A	2	20,356,46 ^{**}	271,05 ^{**}	0,273 ^{ns}	43,19 ^{**}	76,00 ^{**}	7,54 ^{**}	2,17 ^{ns}
PE x A	2	77,03 ^{**}	18,85 ^{**}	17,55 ^{**}	78,23 ^{**}	4,00 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,66 ^{ns}
CV (%)		0,87	1,76	1,01	1,29	2,17	4,7	0,26
CV (%)		0,67	2,65	1,25	1,36	1,09	3,99	0,69
Média		67,71	0,48	0,63	0,97	0,22	0,15	1,85
Valência Delta Seedless								
Bloco	2	3,75 ^{ns}	1,00 ^{ns}	4,33 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,16 ^{ns}
PE	1	0,02 ^{ns}	2,15 ^{ns}	75,00 ^{**}	2,81 ^{ns}	6,75 ^{ns}	1,00 ^{ns}	565,12 ^{**}
A	2	15922,90 ^{**}	340,98 ^{**}	7,72 ^{**}	73,32 ^{**}	6,32 [*]	1,00 ^{ns}	13,23 ^{**}
PE x A	2	135,27 ^{**}	0,12 ^{ns}	2,91 ^{ns}	0,95 ^{ns}	3,12 ^{ns}	1,00 ^{ns}	5,05 [*]
CV (%)		0,71	4,12	0,57	4,52	3,7	1,58	1,33
CV (%)		1,01	3,29	1,87	1,35	3,78	1,58	0,95
Média		79,49	0,55	0,71	0,99	0,22	0,15	2,01

** = diferem estatisticamente a 1%; * = diferem estatisticamente a 5% e ns não diferem estatisticamente pelo teste F a <0,05. Hesp= Hesperidina; Narin= Naringerina; Caf= Ácido Cafeico; Clorog= Ácido Clorogênico; pcum= Ácido *p*-cumárico; Ferul= Ácido *Trans*-ferúlico; Sinap= Ácido Sináptico; PE= Porta-enxerto; A= Armazenamento; CV= Coeficiente de variação.

Para a cv. SM, em ambas as combinações copa/porta-enxerto, as maiores concentrações de hesperidina, naringerina, ácido cafeico e *p*-cumárico foram encontradas em sucos no momento da elaboração (dia zero), exceto o ácido

sináptico, que apresentou as maiores concentrações em sucos armazenados em garrafas escuras (Tabela 4). A degradação dos compostos fenólicos ao longo do tempo pode ocorrer por diversos fatores, principalmente em função da forma de armazenamento, processamento, envasamento, temperatura e exposição a luz (TEIXEIRA e MONTEIRO, 2006). São fatores que podem levar ao processo de oxidação e consequentemente perdas dos compostos (LAORKO et al., 2013), o que pode explicar a maior concentração dos compostos no momento da elaboração do suco.

A hesperidina e o ácido cafeico tiveram comportamentos semelhantes, para as combinações SM/LC e SM/CS, as maiores perdas desses compostos ocorreram quando o suco foi armazenado em garrafas claras (Tabela 4). A naringerina apresentou comportamento diferente entre as combinações copa/porta-enxerto, a combinação SM/LC apresentou as menores concentrações em sucos armazenados em garrafas claras.

Diferentemente, a combinação SM/CS não apresentou diferença nas concentrações em sucos armazenados. Em relação ao ácido *p*-cumárico, as combinações copa/porta-enxerto não apresentaram diferença estatística entre os sucos armazenados. Já o ácido sináptico, as menores concentrações para a combinação SM/LC ocorreram em sucos no momento da elaboração (dia zero) e em sucos armazenados em garrafas claras. Entretanto, para a combinação SM/CS, a menor concentração foi em sucos no momento da elaboração (dia zero). Caro et al. (2004), ao estudar o comportamento de flavonoides em sucos cítricos armazenados, também depararam com um aumento significativo de alguns compostos bioativos durante o armazenamento.

Modificações nas concentrações dos compostos fenólicos, podem ocorrer por diferentes níveis de acordo com o alimento, formas de pasteurização, procedimento, condições de armazenamento, temperatura, bem como o composto específico (RICE-EVANS, MILLER e PAGANGA, 1997). Essas reações ocorrem por efeito de hidroxilação, metilação, isoprenilação, dimerização e glicosilação. Outro fator importante a ser mencionado é a presença das enzimas polifenol oxidase (PPO), peroxidase (POD), pectinametilesterase (PME) e fenilalanina amônia liase (PAL), que podem catalisar a oxidação dos composto fenólicos do suco na presença de oxigênio, ocasionando a formação de compostos escuros e consequentemente

contribuindo para perda de qualidade do suco (MACHEIX et al.,1990, LAGO-VANZELA et al., 2015).

Ao avaliar os PE individualmente, nota-se que para o composto hesperidina a combinação SM/LC apresentou maiores concentrações em sucos no momento da elaboração em relação a combinação SM/CS. Entretanto, em sucos armazenados, independentemente do tipo de garrafa, ambas as combinações não apresentaram diferença estatística. Por outro lado, as maiores concentrações de naringerina foram encontradas pela combinação SM/CS em sucos no momento da elaboração e em sucos armazenados em garrafas claras. Ao avaliar as amostras de suco armazenadas em garrafas escuras, não houve diferença estatística entre os porta-enxertos (Tabela 4).

Os ácidos fenólicos, ácido cafeico e ácido *p*-cumárico, tiveram comportamentos semelhantes, ou seja, as maiores concentrações desses compostos foram encontradas pela combinação SM/CS. La Peña et al. (2011) relatam que além dos fatores relacionados ao processamento e armazenamento do suco, os conteúdos de compostos fenólicos são altamente influenciados por estágio de maturação, sistema de cultivo, cultivar e fatores ambientais, uma vez que os mesmos são compostos secundários que são produzidos pela planta em condições de estresse (LEE; DOSSETT; FINN, 2012).

Para algumas combinações, sucos provenientes de frutos de plantas enxertadas em CS apresentaram superioridade para determinados compostos fenólicos. Esse episódio, associado ao fato que o porta-enxerto CS apresenta menor tolerância ao déficit hídrico (BASTOS et al., 2014) pode explicar o porquê o suco proveniente de frutos de plantas enxertadas em CS apresentaram as maiores concentrações da maioria dos compostos fenólicos. Palacios et al. (2013) relatam que plantas submetidas a estresse hídrico apresentam aumento de metabolismo secundários, principalmente as substâncias fenólicas, terpenos, alcaloides e glicosídeos cianogênicos.

Ao avaliar o ácido sinápico, a combinação SM/LC apresentou as maiores concentrações em sucos no momento da elaboração, em contrapartida, os sucos armazenados em garrafas claras pela combinação SM/CS obtiveram as maiores concentrações. No entanto, as amostras de suco armazenadas em garrafas escuras não houve diferença entre os porta-enxertos (Tabela 4).

Não houve efeito significativo da interação porta-enxerto x armazenamento

sobre o ácido clorogênico e o ácido *trans*-ferúlico para cv. Sanguínea de Mombuca (Tabela 3). Ou seja, o porta-enxerto independe do armazenamento desses compostos, onde as concentrações se comportaram de forma homogênea ao longo do tempo. Todavia, para o ácido clorogênico, houve efeito significativo quanto ao porta-enxerto, as maiores concentrações foram encontradas pela combinação SM/CS. Em relação ao A, sucos armazenados em garradas escuras apresentaram as maiores concentrações, seguido de garrafas claras e sucos no momento da elaboração. Para o ácido *trans*-ferúlico, não houve diferença estatística entre os porta-enxertos, porém, para o armazenamento, as maiores concentrações foram encontradas em sucos no momento da elaboração, seguido das amostras armazenadas em garradas escuras e claras por 35 dias (Tabela 4).

Tabela 4 - Conteúdo de compostos fenólicos (mg/L) em sucos de Rubi e Sanguínea de Mombuca com diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019

	Rubi									
	Hesp		Caf		Clorog		Ferul		Sinap	
	LC	CS	LC	CS	LC	CS	LC	CS	LC	CS
0	54,51aB*	57,41aA	0,69aA	0,66aB	0,62cA	0,55cB	0,22aB	0,25aA	0,76bA	0,30bB
35	31,77bB	35,47bA	0,42cB	0,52cA	0,90bA	0,83bB	0,15bB	0,17cA	0,89aB	1,04aA
35E	31,11cB	33,74cA	0,52bB	0,56bA	1,25aA	1,26aA	0,16bB	0,18bA	0,87aB	1,07aA
	Narin					Pcum				
	LC	CS	0	35	35E	LC	CS	0	35	35E
	0,35b	0,38a	0,48a	0,33b	0,28c	0,19a	0,18 ^a	0,26 ^a	0,14b	0,15b
	Sanguínea de Mombuca									
	Hesp		Narin		Caf		Pcum		Sinap	
	LC	CS	LC	CS	LC	CS	LC	CS	LC	CS
0	72,35aA*	64,06aB	0,41aB	0,44aA	0,43aB	0,62aA	0,20aB	0,27aA	0,82bA	0,57bB
35	34,92cA	35,02cA	0,19cB	0,24bA	0,38cB	0,43cA	0,13bB	0,16bA	0,78bB	0,92aA
35E	37,61bA	36,97bA	0,24bA	0,24bA	0,41bB	0,48bA	0,14bB	0,16bA	0,90aA	0,90aA
	Clorog					Ferul				
	LC	CS	0	35	35E	LC	CS	0	35	35E
	0,72b	0,89a	0,54c	0,86b	1,03a	0,17 ^a	0,19a	0,22a	0,15c	0,16b

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna (armazenamento) e maiúscula na linha (porta-enxerto) não diferem estatisticamente entre si, teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Hesp= Hesperidina; Narin= Naringerina; Caf= Ácido Cafeico; Clorog= Ácido Clorogênico; pcum= Ácido *p*-cumárico; Ferul= Ácido *Trans*-ferúlico; Sinap= Ácido Sináptico; L= Limoeiro 'Cravo'; C= Citrumeleiro 'Swingle'; 0= Suco não armazenado; 35= Suco armazenado em garrafa clara por 35 dias; 35E= Suco armazenado em garrafa escura por 35 dias.

Para cv. Rubi, as maiores concentrações de hesperidina e ácido cafeico foram constatadas em sucos no momento da elaboração para ambas as combinações copa/porta-enxerto, seguido em sucos armazenados em garradas claras e escuras. Agcam, Akyildiz e Akdemir Evrendilek (2014) também detectaram que as maiores concentrações de compostos fenólicos em sucos de laranja foram encontradas em sucos não armazenados e, que o processo de pasteurização, associado com o período de armazenamento, são responsáveis pela degradação desses compostos (Tabela 4).

Porém, ao se avaliar as amostras armazenadas, nota-se que as maiores concentrações foram encontradas em garrafas escuras, em seguida, claras. Por outro lado, o ácido clorogênico, para ambas as combinações de porta-enxerto, apresentou a maiores concentrações em amostras de suco armazenadas em garrafas escuras e as menores concentrações em sucos no momento da elaboração (Tabela 4).

Resultados semelhantes foram encontrados por La Peña et al. (2011), que em estudo sobre as mudanças na composição fenólica e carotenoides em bebida com leite de soja, notaram um aumento no teor dos ácidos clorogênico e sináptico conforme o tempo de armazenamento. Sentandreu, Navarro e Sendra (2007) relataram que a pasteurização térmica em suco de laranja apresenta efeitos nos conteúdos de substâncias fenólicas, ou seja, podendo aumentar ou diminuir seus teores, e que essas mudanças de conteúdo ao longo do armazenamento podem estar associadas ao aumento das atividades enzimáticas por consequência da pasteurização (ODRIOZOLA-SERRANO et al., 2008).

Ao avaliar as concentrações de ácido *trans*-ferúlico, ambas as combinações copa/porta-enxertos apresentaram ser maiores em sucos no momento da elaboração. Entretanto, a combinação Rubi/LC não obteve diferença estatística entre os sucos armazenados. Porém, a combinação Rubi/CS, os sucos armazenados em garrafas escuras apresentaram maior concentração em relação as armazenadas em garrafas claras. O ácido sináptico, em ambas combinações, foi superior em amostras armazenadas (Tabela 4).

Resultados semelhantes foram encontrados nos PE, onde os compostos hesperidina e ácido *trans*-ferúlico apresentaram as maiores concentrações na combinação Rubi/CS. Os ácidos fenólicos, cafeico e sináptico, também apresentaram comportamentos semelhantes, as maiores concentrações foram

encontradas em sucos no momento da elaboração pela combinação Rubi/LC, enquanto a combinação Rubi/CS foi responsável por menores concentrações em sucos armazenados. Em relação ao ácido clorogênico, não houve diferença estatística entre os porta-enxerto em amostras de suco armazenadas em garrafas escuras. Todavia, em sucos no momento da elaboração e armazenados em garrafas claras, a combinação Rubi/LC proporcionou maiores concentrações desse composto (Tabela 4).

Não houve efeito significativo da interação porta-enxerto x armazenamento sobre a naringerina e o ácido *p*-cumárico para cv. Rubi (Tabela 3). Ou seja, o porta-enxerto independe do armazenamento, as concentrações se comportaram de forma homogênea ao longo do tempo. Para a flavanona naringerina, a combinação Rubi/CS apresentou as maiores concentrações. Em relação ao armazenamento, as maiores concentrações foram encontradas em sucos não armazenados, seguido de sucos armazenados em garrafas claras e escuras. Já o ácido *p*-cumárico, não apresentou diferença estatística entre os porta-enxertos. Para o A, as maiores concentrações foram em sucos no momento da elaboração, os sucos armazenados não apresentaram diferença estatística entre si. (Tabela 4).

Ao avaliar a cv. LGG, a análise de variância constatou efeito significativo da interação porta-enxerto x armazenamento sobre a hesperidina, naringerina, ácido cafeico e ácido clorogênico (Tabela 3). As maiores concentrações de hesperidina, para ambas as combinações, foram encontradas em sucos no momento da elaboração. Em relação a combinação LGG/CS, sucos armazenados em garrafas escuras apresentaram maiores concentrações em relação aos armazenados em garrafas claras. Porém, a combinação LGG/CS não apresentou diferença estatística entre as amostras armazenadas em garrafas claras e escuras. Já a naringerina, para ambas as combinações, as maiores concentrações foram encontradas em sucos no momento da elaboração. Porém, levando em consideração a combinação LGG/LC, não houve diferença estatística entre as amostras armazenadas. Entretanto, ao avaliar a combinação LGG/CS, houve maior concentração em amostras armazenadas em garrafas claras do que nas escuras. Ao avaliar o ácido cafeico, em relação a combinação LGG/LC, a maior concentração foi encontrada em sucos no momento da elaboração (Tabela 5).

Tratando-se das amostras armazenadas, não houve diferença entre as formas de armazenagem. Diferentemente, a combinação LGG/CS proporcionou maior

concentração em sucos armazenados em garradas escuras. Logo, não houve diferença estatística entre as amostras não armazenadas e armazenadas em garradas claras. Para o ácido clorogênico, as maiores concentrações foram encontradas em sucos não armazenados e armazenados em garrafas escuras pela combinação LGG/LC. Por outro lado, a combinação LGG/CS comportou-se de forma dessemelhante, as maiores concentrações foram encontradas em sucos armazenados (Tabela 5).

Em relação aos PE, nota-se que os compostos naringerina e ácido clorogênico tiveram comportamento semelhante. As maiores concentrações desses compostos foram encontradas em sucos sem armazenamento pela combinação LGG/LC. Em relação as amostras armazenadas em garradas claras, a combinação LGG/CS proporcionou as maiores concentrações. Por fim, não houve diferença estatística entre os porta-enxertos quando analisou-se amostras armazenadas em garradas escuras (Tabela 5). Para a hesperidina, ao avaliar as amostras sem armazenamento, a combinação LGG/LC obteve melhores resultados, logo, ao avaliar as amostras que foram armazenadas, a combinação LGG/CS apresentou as maiores concentrações. Por fim, o ácido cafeico, não houve diferença estatística entre os porta-enxertos ao avaliar amostras sem armazenamento. Em contrapartida, em sucos armazenados, a combinação LGG/CS apresentou os melhores resultados (Tabela 5).

Não houve efeito significativo da interação porta-enxerto x armazenamento sobre o *p*-cumárico, ácido *trans*-ferúlico e ácido sináptico para a cv LGG (Tabela 3). Não houve diferença estatística entre os porta-enxertos para o composto *p*-cumárico. Logo, para o armazenamento, as maiores concentrações foram encontradas em sucos no momento da elaboração, seguido dos armazenados em garrafas claras e escuras. Para o ácido *trans*-ferúlico, a combinação LGG/CS proporcionou maior concentração desse composto. Já no A, as maiores concentrações foram encontradas em sucos no momento da elaboração, enquanto que os sucos que foram armazenados não apresentaram diferença estatística. Da mesma forma, para o ácido sináptico, a combinação LGG/CS proporcionou maior concentração. Para o A, não houve diferença estatística entre si (Tabela 5).

Tabela 5 - Conteúdo de compostos fenólicos (mg/L) em sucos de Lue Gin Gong e Valência Delta Seedless com diferentes combinações de porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019

Lue Gin Gong														
Hesp			Narin			Caf			Clorog					
0	99,24aA	97,39aB	0,61aA	0,55aB	0,62aA	0,63bA	1,00aA	0,85bB						
35	48,83cB	53,44bA	0,43bB	0,45bA	0,61bB	0,64bA	0,96bB	1,01aA						
35E	52,61bB	54,75bA	0,42bA	0,42cA	0,61bB	0,65aA	0,99aA	0,98aA						
Pcum					Ferul					Sinap				
LC	CS	0	35	35E	LC	CS	0	35	35E	LC	CS	0	35	35E
0,21a*	0,22a	0,23a	0,22b	0,21c	0,14b	0,16a	0,16 ^a	0,15b	0,15b	1,65b	2,04a	1,84a	1,85a	1,84a

Valência Delta Seedless									
		Hesp		Sinap		Clorog			
		LC	CS	LC	CS	LC	CS	0	35
0		122,80aB	131,42aA	2,20aA	1,87aB				
35		55,88cA	52,83bB	2,17bA	1,85aB	1,01a	0,98b	0,94b	1,01a
35E		59,84bA	54,17bB	2,17bA	1,87aB				
Narin					Caf				
LC	CS	0	35	35E	LC	CS	0	35	35E
0,55a*	0,54a	0,70a	0,46b	0,47b	0,72a	0,71a	0,73 ^a	0,70b	0,72 ^a
Pcum					Ferul				
LC	CS	0	35	35E	LC	CS	0	35	35E
0,23a	0,22a	0,20a	0,21b	0,22b	0,15a	0,15a	0,15 ^a	0,15a	0,15a

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna (armazenamento) e maiúscula na linha (porta-enxerto) não diferem estatisticamente entre si, teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Hesp= Hesperidina; Narin= Naringerina; Caf= Ácido Cafeico; Clorog= Ácido Clorogênico; pcum= Ácido *p*-cumárico; Ferul= Ácido *Trans*-ferúlico; Sinap= Ácido Sináptico; L= Limoeiro 'Cravo'; C= Citrumeleiro 'Swingle'; 0= Suco não armazenado; 35= Suco armazenado em garrafa clara por 35 dias; 35E= Suco armazenado em garrafa escura por 35 dias.

Para a cv. VDS, a análise de variância constatou efeito significativo da interação porta-enxerto x armazenamento sobre a hesperidina e o ácido sináptico (Tabela 3). Para a hesperidina, ambas as combinações copa/porta-enxertos apresentaram as maiores concentrações em sucos no momento da elaboração. Porém, avaliando sucos armazenados, em relação a combinação VDS/LC, maiores concentrações foram encontradas em garradas escuras e claras. Já a combinação VDS/CS, não apresentou diferença estatística entre os sucos armazenados (Tabela 5).

Ao avaliar os porta-enxertos, para hesperidina, as maiores concentrações em sucos não armazenados foram encontradas pela combinação VDS/CS. Entretanto,

em sucos armazenados, independente da forma de armazenamento, as maiores concentrações foram adquiridas pela combinação VDS/LC. Para o ácido sináptico, sucos armazenados e não armazenados, apresentaram maiores conteúdos pela combinação VDS/LC.

Não houve efeito significativo da interação porta-enxerto x armazenamento sobre o ácido clorogênico, naringerina, ácido cafeico, *p*-cumárico e ácido *trans*-ferúlico para a cv. VDS (Tabela 3). Para o ácido clorogênico, a combinação VDS/LC proporcionou as maiores concentrações. Logo, para o armazenamento, as maiores concentrações foram impostas por sucos no momento da elaboração, o qual não apresentaram diferença estatística. Para a naringerina, não ocorreu diferença estatística entre as combinações copa/porta-enxerto (Tabela 5).

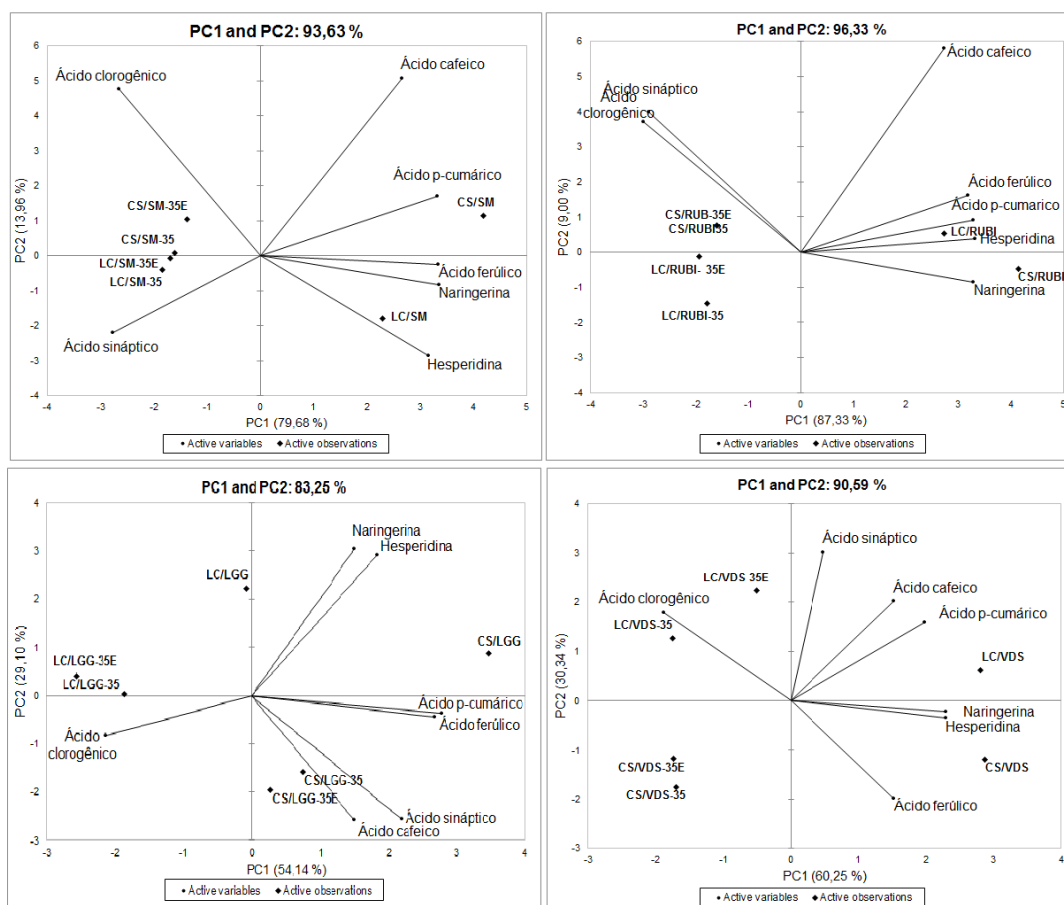
Porém, em função do armazenamento, as maiores concentrações foram encontradas sem sucos não armazenados, os sucos armazenados não apresentaram diferença estatística. O ácido cafeico não apresentou diferença estatística entre as combinações copa/porta-enxerto, tratando-se do armazenamento, não houve diferença estatística entre o suco não armazenado e o suco armazenado em garrafas escuras, apresentando as maiores concentrações. Já o *p*-cumárico, não houve diferença estatística entre as combinações copa/porta-enxerto, porém, para o armazenamento, sucos avaliados no momento da elaboração apresentaram as maiores concentrações do composto. Já os sucos armazenados não apresentaram diferença estatística entre si. Por fim, o ácido *trans*-ferúlico também não apresentou diferença estatística para as combinações copa/porta-enxerto e para o armazenamento (Tabela 5).

No geral, independente da combinação copa/porta-enxerto, para a maior parte dos compostos fenólicos analisados, as maiores concentrações foram encontradas em sucos no momento da elaboração (dia 0). Tratando-se de sucos armazenados, alguns compostos e/ou combinação copa/porta-enxerto apresentaram maior concentração em garrafas claras e outros, em garrafas escuras. Da mesma forma, Giuffrè, Zappia e Capocasale (2017) também mencionaram que a hesperidina é a principal flavonoide em suco de laranja e que o armazenamento foi responsável em diminuir o conteúdo de flavonoides. Em relação aos ácidos fenólicos, Agcam, Akyıldız e Akdemir Evrendilek (2014), relatam que o ácido clorogênico é um dos principais componentes presentes em frutas cítricas, e que normalmente é encontrado em maior quantidade, como neste estudo. Estes mesmos autores

relatam que durante o armazenamento dos sucos, as concentrações desses ácidos podem sofrer alterações e consequentemente ocorrer diminuição dos flavonoides.

O resultado da análise dos componentes principais (PCA) permitiu ter uma visão geral dos compostos fenólicos para cada cultivar combinada com os porta-enxertos LC e CS. Nesse estudo, a PCA foi aplicada com intuito de avaliar o comportamento dos compostos fenólicos com base no armazenamento dos sucos e o tipo de garrafa utilizada. Para todas as cultivares, a variabilidade foi explicada por dois componentes principais, PC1 e PC2. A cv. SM, respondendo por 79,68% e 13,96%, a cv. Rubi, respondendo por 87,33% e 9,00%, a cv. LGG, respondendo por 54,14% e 29,10% e a cv. VDS, respondendo por 60,25% e 30,34% da variação dos dados (Figura 6).

Figura 6 - Análise de componentes principais (PCA) dos compostos fenólicos em sucos de diferentes combinações de copa/porta-enxerto submetidos a 35 dias de armazenamento. Botucatu/SP – 2019. (A) SM= Sanguínea de Mombuca; (B) R= Rubi; LGG= (C) Lue Ging Gong; (D) VDS= Valência Delta Seedless; LC= Limoeiro ‘Cravo’; CS= Citrumeleiro ‘Swingle’; 0= Suco no momento da elaboração, 35= Sucos armazenados por 35 dias em garrafas claras; 35E = Sucos armazenados por 35 dias em garrafas escuras



A PCA apontou que as cvs. SM e Rubi apresentaram comportamento semelhante, assim como os cvs. LGG e VDS também apresentaram conduta similar. Os sucos das cvs. SM e Rubi apresentaram na Primeira Componente Principal (PC1) os flavonoides hesperidina e naringerina e os ácidos fenólicos, cafeico, *p*-cumárico, *trans*-ferúlico. Na Segunda Componente Principal (PC2), os ácidos fenólicos clorogênico e sináptico. Já os sucos das cvs. LGG e VDS, apresentaram na Primeira Componente Principal (PC1) os flavonóides hesperidina e naringerina e os ácidos fenólicos, cafeico, *p*-cumárico, *trans*-ferúlico e sináptico (Figura 6). Para

todas as cultivares SM, Rubi, LGG e VDS, o ácido clorogênico foi inversamente proporcional aos demais compostos presentes na PC1. Observa-se que esse mesmo composto foi encontrado em maiores quantidades em sucos armazenados, garrafas claras e escuras e praticamente em todas as combinações copa/porta-enxerto. Como já mencionado, esse comportamento ocorreu devido ao fato do ácido clorogênico ser derivado da maioria dos ácidos fenólicos, principalmente o cafeico, *p*-cumárico e *trans*-ferúlico (CLIFFORD e WIGHT 1976). A maioria das combinações copa/porta-enxerto apresentaram as maiores concentrações desses ácidos fenólicos no momento da elaboração do suco, o que novamente explica o porquê as maiores concentrações do ácido clorogênico estavam em sucos armazenados. Boerjan, Ralph e Baucher (2003) relatam que esses ácidos são biossintetizados pela hidroxilação do éster coumaroil do ácido químico. Essa hidroxilação produz o éster do ácido chiquímico, o que são convertidos em ácido clorogênico. Nota-se que as combinações copa/porta-enxerto e o tipo de armazenamento, garrafas claras e escuras, apresentaram tendências similares em relação as concentrações de ácidos fenólicos. Sendo assim, esse resultado proporcionam as indústrias a optar por embalagens mais acessíveis e que ao mesmo instante atendam ao público consumidor.

Os flavonoides hesperidina e naringerina também apresentaram tendências similares para todas as combinações copa/porta-enxerto. Sendo que, as maiores concentrações desses compostos foram encontradas em sucos no momento da elaboração, ou seja, houve decréscimo no decorrer do armazenamento (Figura 4). Klimczak et al. (2007) e Zhang et al. (2020) também mencionam que o conteúdo de flavonoides diminui após o suco ser armazenado. Estes mesmos autores presumem que a diminuição das concentrações no decorrer do armazenamento está associado com a decomposição da vitamina C e dos ácidos hidroxicinâmicos, resultados consistentes com o presente estudo.

3.4 CONCLUSÕES

Todas as combinações copa/porta-enxerto apresentaram concentrações ideais de AA e DHA em sua composição, sendo que as maiores concentrações de

AA foram encontradas em suco no momento da elaboração, que foi inversamente proporcional as concentrações de DHA.

Em todas as combinações copa/porta-enxerto, SM/LC, SM/CS, Rubi/LC, Rubi/CS, LGG/LC, LGG/CS, VDS/LC e VDS/CS, os compostos fenólicos hesperidina, naringerina, ácido cafeico, *p*-cumárico e ácido *Trans*-ferúlico apresentaram as maiores concentrações em sucos no momento da elaboração, por conseguinte, foram diminuindo no decorrer do armazenamento. A hesperidina apresentou ser o principal flavonoide neste estudo, assim como o ácido clorogênico e o ácido sináptico, os principais ácidos hidroxicinâmicos. Tratando-se de sucos armazenados, o ácido clorogênico e o ácido sináptico foram superiores para a maioria das combinações copa/porta-enxerto.

Independentemente do tipo embalagem, no decorrer do armazenamento, os parâmetros responsáveis pela qualidade do suco foram sendo degradados.

REFERÊNCIAS

AGCAM, E.; AKYÖLDÖZ, A.; EVRENDILEK, G. AKDEMİR. Comparison of phenolic compounds of orange juice processed by pulsed electric fields (PEF) and conventional thermal pasteurisation. **Food Chemistry**, v. 143, p. 354-361, 2014.

BACIGALUPI, C., LEMAISTRE, M. H., BOUTROY, N., BUNEL, C., PEYRON, S., GUILLARD, V. Changes in nutritional and sensory properties of orange juice packed in PET bottles: An experimental and modelling approach. **Food Chemistry**, 141, 3827-3838, 2013.

BASTOS, D. C.; FERREIRA, E. A.; PASSOS, O. S.; SÁ, J. F.; ATAÍDE, E. M.; CALGARO, M.: Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 281, p.36-45, 2014.

BOERJAN, WOUT; RALPH, JOHN; BAUCHER, MARIE. Lignin biosynthesis. **Annual Review of Plant Biology**. v. 54, 519-546, 2003.

CARO, ALESSANDRA DEL; PIGA, ANTONIO; VACCA, VINCENZO; AGABBIO, MARIO. Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. **Food Chemistry**, v. 84, n. 1, p. 99-105, 2004.

CITRUSBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos 2020. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/mercadoexterno/?me=01>> Acesso em: 02 de set. 2021.

CLIFFORD, M. N.; WIGHT, J. The measurement of feruloylquinic acids and caffeoylquinic acids in coffee beans. Development of the technique and its preliminary application to green coffee beans. **J. Sci. Food Agric.** v. 27, 73-84, 1976.

COELHO, R. C. L. A.; HERMSDORFF, H. H. M; BRESSAN, J. Anti-inflammatory Properties of Orange Juice: Possible Favorable Molecular and Metabolic Effects. **Plant Foods Hum Nutr**, v. 68, p. 1-10, 2013.

FRANCO, ANA S. M. **Análise Conjuntural**: O suco de laranja brasileiro no mercado global. v. 38, p.11-12, 2016.

GIUFFRÈ, ANGELO MARIA; ZAPPIA, CLOTILDE; CAPOCASALE, MARCO. Physicochemical stability of blood orange juice during frozen storage. **International Journal Of Food Properties**, v. 20, n. 2, p. 1930-1943, 2017.

KELEBEK, H.; SELLI, S. Determination of volatile, phenolic, organic acid and sugar components in a Turkish cv. Dortyol (*Citrus sinensis* L. Osbeck) orange juice. **Journal of The Science Of Food And Agriculture**, v. 91, n. 10, p.1855-62, 2011.

KLIMCZAK, I., MAŁECKA, M., SZLACHTA, M., GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, 313-322, 2007.

LA PEÑA, M. MORALES-DE; SALVIA-TRUJILLO, L.; ROJAS-GRAÜ, M.A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Changes on phenolic and carotenoid composition of high intensity pulsed electric field and thermally treated fruit juice-soymilk beverages during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p. 982-990, 2011.

LEE, J.; DOSSETT, M.; FINN, C. E. Rubus fruit phenolic research: the good, the bad, and the confusing. **Food Chemistry**, v. 130, n. 4, p. 785-796, 2012.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 207-220, 2000.

LAGO-VANZELA, E. S.. Influência de reações químicas e enzimáticas sobre a cor e o aroma de vinhos. In: DA-SILVA, R.; LAGO-VANZELA, E. S.; BAFFI, M. A. 106 (Ed.). **Uvas e Vinhos: química, bioquímica e microbiologia**. 1. ed. São Paulo: Editora Senac, Editora Unesp, 2015. p. 83-103.: Editora Senac, Editora Unesp, p. 107-132, 2015.

LAORKO, A.; TONGCHITPAKDEE, S.; YOURAVONG, W. Storage quality of pineapple juice non-thermally pasteurized and clarified by microfiltration. **Journal Of Food Engineering**, v. 116, n. 2, p. 554-561, 2013.

MACHEIX, J. J., FLEURELIET, A., & BILLOT, J. **Fruit phenolics**. Boca Raton, FL: CRC Press Inc, 1990.

NAKILCIOĞLU-TAŞ, EMINE; ÖTLEŞ, SEMİH. Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 2, p. 1-9, 2020.

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

ODRIOZOLA-SERRANO, ISABEL; SOLIVA-FORTUNY, ROBERT; MARTÍN-BELLOSO, Olga. Phenolic acids, flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. **European Food Research and Technology**, v. 228, n. 2, p. 239-248, 2008.

PALACIOS, C.; SERRA, D.; TORRES, P.. Papel ecológico dos metabólitos secundários frente ao estresse abiótico. Lopez AM, Nagai A, Furlan CM. **Botânica no inverno**, p. 52-59, 2013.

PEÑA, W. E. L., MASSAGUER, P. R., TEIXEIRA, L. Q. Microbial modeling of Alicyclobacillus acidoterrestris CRA7152 growth in orange juice with nisin addition. **Journal of Food Protection**, v. 69, n. 7, 2006.

RICE-EVANS, C. A., MILLER, N. J., & PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends in Plant Science**, v. 2, n. 4, 152-159, 1997.

SENTANDREU, E., NAVARRO, J. L., & SENDRA, J. M. Effect of technological processes and storage on flavonoids content and total, cumulative fast-kinetics and cumulative slow-kinetics antiradical activities of citrus juices. **European Food Research and Technology**, v. 225, p. 905-912, 2007.

SPÍNOLA, V., MENDES, B., CÂMARA, J. S., & CASTILHO, P. C. An improved and fast UHPLC-PDA methodology for determination of L-ascorbic and dehydroascorbic acids in fruits and vegetables. Evaluation of degradation rate during storage. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 403, n. 4, 1049-1058, 2012.

STINCO, C. M.; FERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, R.; HERNANZ, D.; HEREDIA, F. J.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M. Industrial orange juice debittering: Impact on bioactive compounds and nutritional value. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 1, p.155-161, 2013.

TEIXEIRA, MIRELLA; MONTEIRO, MAGALI. Degradação da vitamina C em suco de fruta. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, n. 2, p. 219-227, 2006.

VERVOORT, Liesbeth; PLANCKEN, Iesel van Der; GRAUWET, Tara; TIMMERMANS, Rian A.H.; MASTWIJK, Hennie C.; MATSER, Ariette M.; HENDRICKX, Marc E.; VAN LOEY, Ann. Comparing equivalent thermal, high pressure and pulsed electric field processes for mild pasteurization of orange juice. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 4, p. 466-477, 2011.

WIBOWO, S.; GRAUWET, T., SANTIAGO, J., SANTANINA, T., JOVANA, V., LIESBETH, H., MARC, V. L., A. Quality changes of pasteurised orange juice during

storage: a kinetic study of specific parameters and their relation to colour instability. **Food Chemistry**, v. 187, p. 140-151, 2015.

ZHANG, L., LING, W., YAN, Z., LIANG, Y., GUO, C., OUYANG, Z., ZHANG, J. Effects of storage conditions and heat treatment on the hesperidin concentration in Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck cv. Newhall) juice. **Journal of Food Composition and Analysis**, 85, 103-338, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse estudo realizado em plantas jovens, em duas safras agrícolas, sendo que uma foi caracterizada por um déficit hídrico acentuado para a cultura dos citros, apontaram que as combinações copa/porta-enxerto apresentaram potencial para o cultivo, em diferentes mercados de comercialização.

As combinações SM/CS e SM/LC constituem-se em opção para produtores que priorizam a produção de citros para mesa, considerando que o desempenho produtivo das plantas jovens, são inferiores ao das combinações, tradicionalmente em uso pela citricultura. Os frutos produzidos pela combinação SM/CS apresentam maiores teores de sólidos solúveis e açúcares totais e redutores ao final da maturação, além de maior índice tecnológico. Por outro lado, a combinação SM/LC promoveu melhor desempenho produtivo das plantas.

As combinações Rubi/LC e Rubi/CS apresentaram maior desempenho produtivo das plantas. Entretanto, os melhores atributos de qualidade físico-química dos frutos foram observados em frutos das combinações LC/LGG, CS/LGG, LC/VDS e CS/VDS.

As cultivares Lue Gin Gong e Valência Delta Seedless, enxertadas nos dois porta-enxertos, mostraram ser opção para citricultores que destinam sua produção para o mercado de fruta ao natural, considerando que a menor performance produtiva, foi compensada pelos melhores atributos qualitativos dos frutos. Essas combinações podem ser indicativas para mercados mais seletivos, nos quais o número reduzido de sementes da cv. Valência Delta seedless e a qualidade dos frutos das duas cultivares, possam ser valoradas pelo consumidor.

A cultivar Rubi enxertada nos dois porta-enxertos apresentou o melhor desempenho produtivo das plantas. O desempenho qualitativo apresentou valores intermediários para a maioria das variáveis avaliadas, sugerindo que essas combinações podem ser utilizadas indistintamente para o processamento industrial do suco de laranja, bem como para a produção de frutos de mesa.

Todas as combinações copa e porta-enxertos avaliadas apresentaram concentrações ideais dos compostos bioativos no suco dos frutos e boa parte desses compostos foram degradados, com o aumento no tempo de armazenamento.

O tipo de garrafa influencia na degradação dos compostos bioativos, ou seja, alguns compostos foram degradados em maior quantidade quando os sucos estavam armazenados em garrafas claras e outros, em garrafas escuras.

REFERÊNCIAS

- AGUSTÍ, M. **Fruticultura**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2004. cap. 14, p. 314
- CITRUSBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos 2021. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/mercadoexterno/?me=01>> Acesso em: 02 de fev. 2021.
- BIAZOTTO, K. R., DE SOUZA MESQUITA, L. M., NEVES, B. V., BRAGA, A. R. C., TANGERINA, M. M. P., VILEGAS, W. Brazilian biodiversity fruits: discovering bioactive compounds from underexplored sources. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67 n. 7, p. 1860-1876, 2019.
- BOEING, H., BECHTHOLD, A., BUB, A., ELLINGER, S., HALLER, D., KROKE, A. Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. **European Journal of Nutrition**, v. 51 n. 6, p. 637-663, 2012.
- CARVALHO, L. M. DE.; CARVALHO, H. W. L. DE; BARROS, I. DE; MARTINS, C. R.; SOARES FILHO, W. DOS S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S. New scion-rootstock combinations for diversification of sweet orange orchards in tropical hardsetting soils. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 169-176, 2019.
- CDA. Coordenadora de defesa agropecuária do estado de São Paulo 2015. Dados da Citricultura Paulista. Disponível em: <<http://www.cda.sp.gov.br>> Acesso em: 15 jan. 2021
- CURK, F.; OLLITRAULT, F.; GARCIA-LOR, A.; LURO, F.; NAVARRO, L.; OLLITRAULT, P. Phylogenetic origin of limes and lemons revealed by cytoplasmic and nuclear markers. **Annals of Botany**, v. 117, n. 4, p. 565-583, 2016.
- DONADIO, L. C., MOURÃO FILHO, F. A. A., & MORREIRA, C. S. Centro de origem, distribuição geográfica das plantas cítricas e histórico da citricultura no Brasil. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Editora AC/Fundag, 2005. 3-18 p.
- EMBRAPA. **Cultivares de laranja resistentes ao cancro cítrico**. Pelotas, 2008. 31 p.
- ESPOSTI, M. D. A.; SIQUEIRA, D. L. de; CECON, P. R. Crescimento de frutos da tangerineira 'Poncã' (*Citrus reticulata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. v. 30, n. 3, p. 657-661, 2008.
- FAOSTAT - Food and agriculture organization of the United Nations. (2021). **Produção mundial de laranja. 2020**. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- FUNDECITRUS. **Estimativa da safra de laranja 2020/2021 do Cinturão Citrícola de São Paulo e Triângulo/ Sudoeste Mineiro. 2021**. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_05_11_SumarioExecutivo-daEstimativa-da-Safra-de-Laranja-2020-2021.pdf> Acesso em 01 abr. 2021.
- HAMEDANI, M., RABIEL, V., MORADI, H., GHANBARI, A., & AZIMI, R. M. Determination of storage duration and temperature effects on fruit quality parameters

of blood orange (*Citrus sinensis* cv. Torocco). **Biharean Biologist**, v. 1, p. 10-13, 2012.

KALAKI, R. B. **Uma proposta de plano estratégico para o setor citrícola brasileiro**. 186 p. Dissertação (Mestrado em Administração das Organizações) Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto - SP, 2014.

LATADO, R. R. Laranjas de polpa vermelha e laranjas sanguíneas. **Espaço citrícola**, v. 35, p. 27-38, 2008.

LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção vegetal**. Piracicaba: Potafos, 1987, 1-11 p.

MACHADO, F. L. C., OLIVEIRA, V. S., COSTA, J. M. C. Postharvest quality of grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) produced from initial plantings in Ceara state, Brazil. *Revista Ciência Agrônômica* v. 42, n.4, p. 965-970, 2011.

MACHADO, M.A.; CRISTOFANI-YALI, M.; BASTIANEL, M. Breeding, genetic and genomic of citrus for disease resistance. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p.158-172, 2011.

MORETTO, R. K. **Estudo sobre uso de novos citrandarins como porta-enxertos para laranja pera**. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) Universidade Federal de São Carlos Centro de Ciências Agrárias, Araras - SP, 2019.

NASCIMENTO, L. M.; POMPEU JUNIOR, J.; DE NEGRI, J. D. Laranja Charmute de Brotas: promissora variedade tardia. **Laranja**, v.26, n.1, p.69-75, 2005.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. O. **Retrato da Citricultura Brasileira**. Ribeirão Preto - SP, 2010, 138 p.

OLIVEIRA, C.R.M.; MELLO-FARIAS, P.C.; DE OLIVEIRA, D.S.C.; CHAVES, A.L.S.; HERTER, F.G. Water availability effect on gas exchanges and on phenology of 'Cabula' orange. **Acta Horticulturae**, v.1, n.1150, p.133-138, 2017.

OLIVEIRA, G.P.; SIQUEIRA, D.L.; SILVA, D.F.P.; MATIAS, R. G. P.; SALOMÃO, L. C. C. Caracterização de acessos de mangueira Ubá na Zona da Mata Mineira. **Ciência rural**. v. 43, n. 6, p. 962-969, 2013.

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; BRUNINI, O. Ocorrência de condições ambientais para a indução do florescimento de laranjeiras no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 247-253, 2006.

RODRIGUES, M. J. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; ANDRADE NETO, R. C.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; LESSA, L.S.; ALMEIDA, U.O.; ARAÚJO, J. M. Agronomic performance of the 'Pera' orange grafted onto nine rootstocks under the conditions of Rio Branco, Acre, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 1-8, 2019.

WEBER, M.; CASTRO, D.; MICHELOUD, N.; BOUZO, C.; BUYATTI, M.; GARIGLIO, N. Changes in the reproductive traits of low-chill peach tree in response to reproductive shoot pruning after harvesting. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 78, n. 1, p. 1-7, 2013.

PEER, W.; BEVERIDGE, C.; BUSOV, V.; MURPHY, A.; TAI, L. Vegetative growth and organogenesis. In: TAI, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. (Ed.). **Plant physiology and development**. Sunderland: Editora Sinauer Associates, 2015. 553-587 p.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 478 p.

PIO, R. M.; FIGUEIREDO, J. O.; STUCHI, E. S.; CARDOSO, S. A. B. Variedade de Copas In: MATTOS JUNIOR, D.; PIO, R. M.; DE NEGRI, J. D.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundag, 2005. 929 p.

POMPEU JUNIOR, J. Clássicos da Citricultura Brasileira. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 30, n.1/2, p.117-136, 2005.

SCHWARZ, S. F. Melhoramento genético e variedades. In: KOLLER, O. C. (Ed.) **Laranja: tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização**. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, 2011. 9-18 p.

SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L.C.C. **Citros: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017.

SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.) **Citros**. Campinas, 2005. 319-344 p.

SILVA, L. C. R.; CERQUEIRA, E. D. J. M.; BORGES, R. DOS S. Q.; FERREIRA, S. L. C.; DAVID, J. I P.; REIS, P. S. DOS; BRUNS, R. E. Determination of Flavanones in Orange Juices Obtained from Different Sources by HPLC/DAD. **Journal Of Analytical Methods In Chemistry**, p. 1-5, 2014.

SIMÕES, D.; CABRAL, A. C.; OLIVEIRA, P. A. Citriculture economic and financial evaluation under conditions of uncertainty. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 859-869, 2015.