



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**INFLUÊNCIA DE PORTA-ENXERTOS E DO USO DE
ETILENO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA
LARANJA 'PERA CNPMF D6'**

RAFAEL FERNANDO MATIAS SANTOS

2025



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

RAFAEL FERNANDO MATIAS SANTOS

**INFLUÊNCIA DE PORTA-ENXERTOS E DO USO DE ETILENO NAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA LARANJA 'PERA CNPMF D6'**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Marcelo Augusto G. Carnelossi

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2025

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Santos, Rafael Fernando Matias.

S237i Influência de porta-enxertos e do uso de etileno nas características
físico-químicas da laranja 'PERA CNPMF D6' / Rafael Fernando Matias
Santos; orientador Marcelo Augusto G. Carnelossi. – São Cristóvão, SE,
2025.
65 f.: il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) –
Universidade Federal de Sergipe, 2025.

1. Agrobiodiversidade. 2. Frutas cítricas – Cultivo. 3. Plantas –
Melhoramento genético. 4. Porta-enxertos. I. Carnelossi, Marcelo Augusto
G., orient. II. Título.

CDU634.32

RAFAEL FERNANDO MATIAS SANTOS

**INFLUÊNCIA DE PORTA-ENXERTOS E DO USO DE ETILENO NAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA LARANJA 'PERA CNPMF D6'**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2025.

Dr. Maycon Fagundes Teixeira Reis (UFS)

Dr. Pedro Roberto Almeida Viegas (UFS)

Prof. Dr. Marcelo Augusto G. Carnelossi
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

*A Deus por sempre me dar o que é necessário;
e a minha mãe, exemplo de força, Maria Aparecida*
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado força e a sabedoria necessária para vencer todos os desafios que surgiram ao longo da minha vida.

A minha mãe, Maria Aparecida, por tudo que representa para mim. Eternas saudades.

A minha esposa, companheira de batalhas, Jéssyca Alves, pelo seu amor, por não me deixar desanimar nos momentos difíceis e por me incentivar a ser uma pessoa melhor a cada dia.

A minha irmã, Mayara Fernanda, por ser meu apoio em todas as etapas da minha vida.

Aos meus sobrinhos, Davi e Lara, que renovam minha esperança em dias melhores com sua inocência e alegria.

Ao professor Dr. Marcelo Augusto G. Carnelossi, pelo exemplo de pessoa e pela orientação, apoio, paciência, dedicação e por todos os conselhos. Muito obrigado pela oportunidade de ser seu orientando durante esses dois anos!

À professora Dra. Luciana Marques de Carvalho, pelo apoio durante a realização desta pesquisa.

Aos amigos que o mestrado me proporcionou: Airton, Laura e Lucas. Foi uma honra caminhar ao lado de vocês.

A todos os amigos e familiares que torcem pela minha felicidade, não citados aqui, mas sempre presentes no meu coração, meu muito obrigado!

A todos os que compõem o LABFRUITH, pelas conversas, ensinamentos e orientações ao longo do mestrado.

À Universidade Federal de Sergipe e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, pela estrutura e oportunidade de realização do mestrado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores do PPGAGRI que contribuíram para minha formação e aos demais funcionários, minha sincera gratidão.

BIOGRAFIA

Rafael Fernando Matias Santos, filho de Maria Aparecida Matias Santos e Valdir Fernando dos Santos, nasceu em Aracaju-SE, em 21 de maio de 1993.

Iniciou e concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual Prof. Antônio Fontes Freitas e finalizou o ensino médio no Colégio Estadual Dom Luciano, no município de Aracaju-SE, em 2011.

Em abril de 2015, ingressou no curso superior de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal de Sergipe, onde obteve o título de engenheiro agrônomo em 2021.

Em janeiro de 2021, iniciou a pós-graduação em Residência Multiprofissional em Agropecuária Sustentável, concluindo o curso e obtendo o título em dezembro de 2022.

Em março de 2023, iniciou o Mestrado em Agricultura e Biodiversidade na Universidade Federal de Sergipe.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. A importância e os desafios da citricultura.....	2
2.2. Efeitos dos porta-enxertos na qualidade dos frutos	3
2.3. O amadurecimento e o desverdecimento de frutas cítricas.....	4
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
4. ARTIGO 1: QUALIDADE DE FRUTOS DE LARANJA 'PERA CNPMF D6' ENXERTADA EM SETE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS.....	16
Resumo.....	16
4.1. Introdução	17
4.2. Material e Métodos	18
4.3. Resultados e Discussão	20
4.4. Conclusões	24
4.5. Referências Bibliográficas	24
5. ARTIGO 2: INFLUÊNCIA DO ÁCIDO 2-CLOROETILFOSFÔNICO (<i>Ethephon</i>), NO DESVERDECIMENTO DA LARANJA 'PERA CNPMF D6'	30
Resumo.....	30
5.1. Introdução	31
5.2. Material e Métodos	32
5.3. Resultados e Discussão	33
5.4. Conclusões	49
5.5. Referências Bibliográficas	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 2

Figura		Página
1	Cromaticidade a* em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com <i>ethephon</i> (0 mg L ⁻¹ , 500 mg L ⁻¹ e 1000 mg L ⁻¹) armazenados durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	35
2	Parâmetro b* em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com <i>ethephon</i> (0 mg L ⁻¹ , 500 mg L ⁻¹ e 1000 mg L ⁻¹) armazenados durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.....	35
3	Coloração (ângulo hue) em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com <i>ethephon</i> (0 mg L ⁻¹ , 500 mg L ⁻¹ e 1000 mg L ⁻¹) armazenados durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.....	36
4	Influência visual dos tratamentos com <i>ethephon</i> (0 mg L ⁻¹ , 500 mg L ⁻¹ e 1000 mg L ⁻¹) na coloração da casca de laranja 'Pera CNPMF D6' armazenadadurante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	37
5	Índice de coloração da casca (ICC) em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com <i>ethephon</i> (0 mg L ⁻¹ , 500 mg L ⁻¹ e 1000 mg L ⁻¹) armazenadadurante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	38
6	Concentração de clorofila a(a), clorofila b (b) e carotenoides totais (c) em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com <i>ethephon</i> (0 mg L ⁻¹ , 500 mg L ⁻¹ e 1000 mg L ⁻¹) armazenados durante 8 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.....	39
7	Perda de massa fresca em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com <i>ethephon</i> (0 mg L-1, 500 mg L-1 e 1000 mg L-1) armazenados durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.....	40
8	Cromaticidade a* em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' tratados com <i>ethephon</i> (500 mg L ⁻¹) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	43
9	Cromaticidade b* em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' tratados com <i>ethephon</i> (500 mg L ⁻¹) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	44
10	Ângulo hue em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' tratados com <i>ethephon</i> (500 mg L ⁻¹) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	44
11	Índice de coloração da casca (ICC) em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com <i>ethephon</i> (500 mg L ⁻¹) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	45
12	Influência visual dos tratamentos com <i>ethephon</i> (500 mg L ⁻¹) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	46
13	Concentração de clorofila a (a), clorofila b (b) e carotenoides totais (c) em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com <i>ethephon</i> (500 mg L ⁻¹) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	47

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela	Página
1 Valores médios para teor de suco (TS), pH, sólidos solúveis (SST), acidez titulável (ATT) e <i>ratio</i> do fruto de laranja doce 'Pera CNPMF D6' enxertada em sete porta-enxertos no município de Acajutiba, estado da Bahia, Brasil..	21
2 Valores dos parâmetros colorimétricos do fruto de laranja doce 'Pera CNPMF D6' enxertada em sete porta-enxertos no município de Acajutiba, no estado da Bahia, Brasil.....	23
3 Concentração de ácido ascórbico (AA), compostos fenólicos (CF), flavonoides totais (FLT), carotenoides totais (CT) e atividade antioxidante (ABTS) do fruto de laranja doce 'Pera CNPMF D6' enxertada em sete porta-enxertos no município de Acajutiba, no estado da Bahia, Brasil	23

ARTIGO 2

Tabela	Página
1 Conteúdo de suco, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e <i>ratio</i> em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com <i>ethephon</i> (0 mg L ⁻¹ , 500 mg L ⁻¹ e 1000 mg L ⁻¹) armazenados durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	41
2 Conteúdo de suco, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e <i>ratio</i> em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com <i>ethephon</i> (500 mg L ⁻¹) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.	48

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

AA	Ácido Ascórbico
ABTS	2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ATT	Acidez Total Titulável
CEASA	Central de Abastecimento de Sergipe
CF	Compostos Fenólicos
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CT	Carotenoides Totais
FLT	Flavonoides Totais
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
TS	Teor de suco
SST	Sólidos Solúveis Totais
mg	Miligrama
mgL-1	Miligrama por litro
mL	Mililitro
mg QE	Miligrama de Quercertina
µmol Trolox/g	Micromol por grama de Trolox
USDA	United States Department of Agriculture
°C	Grau Celsius

RESUMO

SANTOS, Rafael Fernando Matias. **Influência de porta-enxertos e do uso de etileno nas características físico-químicas da laranja 'PERA CNPMF D6'**. São Cristóvão: UFS, 2025. 65p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade). *

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de *Citrus*, com a laranja 'Pera' enxertada sobre o limoeiro 'Cravo' predominando nos pomares do Nordeste. Para reduzir a suscetibilidade dos pomares a pragas e doenças, é essencial diversificá-los, uma vez que a predominância de uma única combinação de copa e porta-enxerto torna as plantas mais vulneráveis, aumentando os riscos de infestação e propagação de doenças. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os atributos físico-químicos dos frutos da laranjeira 'Pera CNPMF D6' enxertada sobre sete porta-enxertos e cultivada nos Tabuleiros Costeiros da Bahia, bem como investigar a influência do ácido 2-cloroetilfosfônico (*ethephon*) no desverdecimento de frutos. Para o estudo da qualidade da laranja 'Pera' produzida sobre os porta-enxertos tangerineira 'Sunki Tropical', citrandarins 'Riverside' e 'San Diego', trifoliata BRS Victoria, híbrido BRS Cunha Sobrinho e limoeiro 'Cravo', foram determinados o rendimento de suco, acidez, sólidos solúveis totais (SST), *ratio*, coloração da casca, compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides, vitamina C e atividade antioxidante. Para avaliar o efeito do *ethephon* no desverdecimento, inicialmente foram testadas três concentrações (0, 500 e 1000 mg L⁻¹) e também foram analisados os tempos de imersão (três e cinco minutos) e os ambientes de armazenamento (claro e escuro). Verificou-se que os porta-enxertos 'Cravo' e 'Sunki Tropical' induziram maior rendimento de suco, enquanto 'Riverside' favoreceu maior acidez, 'BRS Vitória' e 'Riverside' maiores níveis de compostos fenólicos e o BRS Cunha Sobrinho proporcionou alto teor de flavonoides e coloração amarelo-esverdeada. De todos os frutos estudados, aqueles provenientes de plantas enxertadas em 'Sunki Tropical' e 'San Diego' mostraram-se como melhores combinações copa/porta-enxerto por favorecerem maior % suco e características bioquímicas e antioxidantes semelhantes ou superiores aos frutos das plantas sobre 'Cravo'. Quanto ao efeito do *ethephon* nos frutos, verificou-se que a concentração de 500 mg L⁻¹, após seis dias de armazenamento, foi suficiente para promover a mudança de coloração, sem comprometer a qualidade interna dos frutos, e que a aplicação por três minutos, seguida de armazenamento em ambiente claro, proporcionou o desverdecimento mais eficiente dos frutos. Esses resultados indicam o potencial do uso de *ethephon* no desverdecimento de frutos cítricos.

Palavras-chave: Citricultura, melhoramento genético, diversificação, qualidade pós-colheita, cor.

* Comitê Orientador: Marcelo Augusto Gutierrez Camelossi – UFS (Orientador), Luciana Marques de Carvalho – Embrapa Tabuleiros Costeiros (Coorientadora).

ABSTRACT

SANTOS, Rafael Fernando Matias. **Influence of rootstocks and the use of ethylene on the physicochemical characteristics of 'Pera cnpmf D6' sweet orange.** São Cristóvão: UFS, 2025. 65p. (Thesis - Master of Science in Agriculture and Biodiversity).*

Brazil is one of the world's largest *citrus* producers, with 'Pera' orange grafted onto 'Rangpur lime' rootstock predominating in the orchards of the Northeast. To reduce the susceptibility of orchards to pests and diseases, diversification is essential, as the predominance of a single scion/rootstock combination makes plants more vulnerable, increasing the risks of infestation and disease spread. To enhance competitiveness and meet more demanding markets, rootstock diversification becomes essential. Thus, the present study aimed to evaluate the physicochemical attributes of 'Pera CNPMF D6' orange fruits grafted onto seven rootstocks and cultivated in the Coastal Tablelands of Bahia, as well as to investigate the influence of 2-chloroethylphosphonic acid (*ethephon*) on fruit degreening. To study the quality of 'Pera' oranges produced on the rootstocks 'Sunki Tropical' mandarin, 'Riverside' and 'San Diego' citrandarins, 'BRS Victoria' trifoliolate, 'BRS Cunha Sobrinho' hybrid, and 'Cravo' lemon, the following parameters were determined: juice yield, acidity, total soluble solids (TSS), ratio, peel coloration, phenolic compounds, flavonoids, carotenoids, vitamin C, and antioxidant activity. To evaluate the effect of *ethephon* on degreening, three concentrations (0, 500, and 1000 mg L⁻¹) were initially tested, along with immersion times (3 and 5 minutes) and storage environments (light and dark). It was found that the 'Cravo' and 'Sunki Tropical' rootstocks induced higher juice yield, while 'Riverside' promoted higher acidity; 'BRS Victoria' and 'Riverside' showed higher levels of phenolic compounds, and 'BRS Cunha Sobrinho' resulted in a high flavonoid content and a yellow-green coloration. Among all the studied fruits, those from plants grafted onto 'Sunki Tropical' and 'San Diego' proved to be the best scion/rootstock combinations, as they favored higher juice percentage and biochemical and antioxidant characteristics similar to or superior to those of fruits from 'Cravo' rootstock. Regarding the effect of *ethephon* on the fruits, a concentration of 500 mg L⁻¹, after six days of storage, was sufficient to promote color change without compromising internal fruit quality. Furthermore, applying *ethephon* for 3 minutes, followed by storage in a light environment, resulted in the most efficient fruit degreening. These results indicate the potential use of *ethephon* in the degreening of citrus fruits.

Key-words: Citriculture, genetic improvement, diversification, post-harvest quality, color.

* Guidance Committee: Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi (Advisor), Luciana Marques de Carvalho (Adjunct advisor).

1. INTRODUÇÃO GERAL

A citricultura é uma das principais atividades agrícolas do Brasil e desempenha um papel relevante na economia e no abastecimento mundial de frutas cítricas e seus derivados. A laranja, como principal fruta cítrica cultivada, teve uma produção de 47,9 milhões de toneladas na safra 2022/23, superando outras frutas como tangerinas e limões (Vidal, 2024). Além disso, o Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de suco de laranja e responde por quase um terço da produção global da fruta e aproximadamente 80% do volume de suco de laranja exportado (USDA, 2024). Esse desempenho é refletido na produção interna, que em 2023 alcançou mais de 16 milhões de toneladas, gerando uma receita de aproximadamente R\$ 20 bilhões, com um aumento significativo em relação ao ano anterior (IBGE, 2023).

No Nordeste brasileiro, o estado de Sergipe se destaca com uma produção superior a 300 mil toneladas em aproximadamente 30 mil hectares (IBGE, 2023). É o segundo maior fornecedor de laranjas para as Centrais de Abastecimento brasileiras (CONAB, 2024) e respondeu por quase 100% das exportações do Nordeste em 2023 (Martins *et al.*, 2015; Vidal, 2024). Apesar disso, desafios como a cor esverdeada da casca, típica do clima quente e seco, limitam o mercado de frutas frescas, direcionando o foco para o processamento de suco de laranja, que representa cerca de 75% do faturamento total de exportações do estado.

A produção de laranja 'Pera', uma das cultivares mais importantes no país, tem sido objeto de estudos voltados para a melhoria de sua qualidade e adaptação a diferentes condições de cultivo. Entre os fatores que influenciam o desempenho produtivo e qualitativo da laranja, destaca-se a interação entre a cultivar e o porta-enxerto, essencial para o sucesso da produção em diferentes regiões (Bastos, Ferreira e Passos, 2014). Todavia, a dependência do limoeiro 'Cravo' como principal porta-enxerto, embora eficiente, limita o potencial produtivo e a qualidade dos frutos (Rodrigues *et al.*, 2010).

Para superar essas dificuldades e garantir a sustentabilidade do setor, o Brasil tem investido em programas de melhoramento genético de citros. O país abriga três dos principais bancos ativos de germoplasma de citros do mundo, essenciais para o desenvolvimento de novas cultivares e a introdução de variedades adaptadas às condições locais (Bastos, Ferreira e Passos, 2014). O Banco Ativo de Germoplasma do Instituto Agrônomo de Campinas (BAG Citros IAC) e o da Embrapa (BAG Citros Embrapa), além de outros centros de pesquisa, são fundamentais para o avanço da citricultura, ajudando a manter a competitividade e a inovação do setor, que continua sendo um pilar importante da economia agrícola brasileira (Bastos, Ferreira e Passos, 2014).

Estudos recentes têm apresentado alternativas ao porta-enxerto limoeiro 'Cravo', como os híbridos 'LVK x LCR - 010' e citrandarin 'Riverside', que propiciaram resultados promissores em produtividade, peso dos frutos e qualidade físico-química (Crasque *et al.*, 2020; Carvalho *et al.*, 2020). Além do manejo dos porta-enxertos, técnicas de pós-colheita têm se destacado no aprimoramento da qualidade dos frutos cítricos (Zacarias; Cronje; Palou, 2020). Entre essas, o desverdecimento com o uso de etileno se apresenta como uma prática eficiente para uniformizar a coloração dos frutos, especialmente em regiões onde as condições climáticas não favorecem o desenvolvimento da coloração natural (Arzam *et al.*, 2021). Contudo, é essencial determinar as condições ideais de dose, tempo e ambiente de exposição ao etileno, de forma a manter a qualidade interna dos frutos durante o processo. Assim, o desenvolvimento de soluções integradas pode contribuir para o aumento da qualidade pós-colheita da laranja 'Pera' destinada ao mercado de frutas de mesa.

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivos avaliar as características físico-químicas da laranja 'Pera' enxertada em sete diferentes porta-enxertos e investigar a influência do 2-cloroetilfosfonico (*ethephon*) no desverdecimento dos frutos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância e os desafios da citricultura

Com 47,9 milhões de toneladas produzidas na safra 2022/23, comparadas aos 36,8 milhões de toneladas de tangerinas e 9,7 milhões de limão e lima, a laranja doce é a principal fruta cítrica cultivada no mundo (Vidal, 2024). O Brasil destaca-se mundialmente como o maior produtor de suco de laranja, sendo responsável por 34,9% da produção mundial da fruta e por quase 76% do volume global de suco de laranja, detendo 76,3% do mercado global do suco da fruta (USDA, 2024). A citricultura no Brasil é fortemente concentrada na produção de laranjas doces, tanto em termos de área quanto de volume de produção. Somente em 2023, alcançou uma produção de 17,6 milhões de toneladas no país e gerou quase R\$ 20,0 bilhões à economia nacional, receita 39,2% superior ao ano de 2022 (IBGE, 2023).

Em 2023, a região Sudeste destacou-se como a maior produtora de citros do Brasil, sendo São Paulo e Minas Gerais os principais estados produtores. Em seguida, a região Nordeste apresentou produção significativa, com destaque para os estados da Bahia e Sergipe. Neste último, a produção de laranjas doces alcançou 394.859 toneladas em aproximadamente 30 mil hectares, a qual representa uma importante parcela da produção regional (IBGE, 2023). A citricultura sergipana é voltada tanto para o mercado interno quanto para exportação, especialmente de suco de laranja, que compõe uma parte relevante das exportações do estado (Martins *et al.*, 2015).

No mercado interno, a produção de frutas cítricas é majoritariamente destinada às Centrais de Abastecimento (Ceasas) e Sergipe é o segundo maior fornecedor de laranjas do Brasil (CONAB, 2024). Além disso, a comercialização ocorre por meio de vendas diretas em mercados e feiras livres, assim como para intermediários, pequenas empresas de beneficiamento e indústrias de suco localizadas, em sua maioria, no próprio estado. Entre as principais beneficiadoras da fruta no estado em questão, destacam-se as empresas Maratá e Tropfruit, situadas no município de Estância, e Sumo, localizada em Boquim (Vidal, 2022).

No Brasil, quanto ao mercado externo, as exportações de frutas cítricas frescas são menos relevantes do que as de suco de laranja. Em 2023, por exemplo, as exportações de suco geraram uma receita de US\$ 2,4 bilhões, enquanto as exportações de laranja *in natura* alcançaram apenas US\$ 1,2 milhão (MAPA, 2024). Ainda em 2023, Sergipe foi responsável por 99% do valor das exportações de suco de laranja no Nordeste, demonstrando a importância desse produto para o agronegócio do estado, que representa aproximadamente 75% do faturamento total das exportações (Martins *et al.*, 2015; Vidal, 2024).

A citricultura brasileira tem investido em programas de melhoramento genético para atender à demanda do mercado por cultivares com características desejáveis, com incremento importante do setor. Para isso, o Brasil dispõe de três dos principais bancos ativos de germoplasma de citros do mundo, essenciais para o desenvolvimento de novos materiais genéticos ou a introdução de variedades no país (Bastos, Ferreira e Passos, 2014). Esses bancos incluem o Banco Ativo de Germoplasma de Citros do Instituto Agronômico de Campinas (BAG Citros IAC), localizado no Centro APTA Citros Sylvio Moreira, no município de Cordeirópolis, SP; o Banco de Germoplasma da Embrapa, situado na Embrapa Mandioca e Fruticultura, no município de Cruz das Almas, BA; e o Banco da Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (EECB), em Bebedouro, SP (Bastos, Ferreira e Passos, 2014).

Apesar da relevância econômica da citricultura, os desafios permanecem. Entre eles, a dependência de um único porta-enxerto, o limoeiro 'Cravo', presente na maior parte da produção nacional, o que evidencia a necessidade de alternativas para superar as limitações inerentes à atividade (Rodrigues *et al.*, 2010). Somada a isso, a citricultura sergipana enfrenta desafios, especialmente no que diz respeito à comercialização da fruta *in natura* para o mercado externo, pois a coloração esverdeada da casca, decorrente do clima quente e seco, limita a acessibilidade da fruta nos mercados internacionais (Morales *et al.*, 2020). Como consequência, a maior parte

da produção é direcionada à indústria de sucos, na qual a aparência da fruta tem menor importância (Martins *et al.*, 2015).

2.2 Efeitos dos porta-enxertos na qualidade dos frutos

Os frutos cítricos, como a laranja doce, são caracterizados por sua estrutura hesperídica, com o epicarpo coriáceo contendo glândulas oleíferas, um endocarpo membranáceo dividido em gomos revestidos por vesículas sucosas, uma camada esponjosa chamada de albedo e, externamente, o flavedo (Siqueira; Salomão, 2017; Sobrinho *et al.*, 2013). Essas frutas apresentam uma diversidade de características físico-químicas, influenciadas por fatores como variedade, clima, solo e manejo agrícola (Sobrinho *et al.*, 2013). De acordo com Lemos *et al.* (2012), as laranjas são consideradas frutas não climatéricas, por isso, não amadurecem após a colheita, exigindo, frequentemente, cuidados extras durante o manuseio e o transporte. Assim, é necessário que sejam colhidas no momento em que apresentem as melhores características de firmeza, aroma e sabor adequados para o consumo, o que torna sua conservação mais desafiadora (Wills e Golding, 2015; Rêgo, 2023).

A determinação da qualidade de frutas cítricas é um processo complexo que considera aspectos internos e externos, além do valor nutricional dos frutos. Segundo El-Otmani e Zacarías (2011), os principais parâmetros que definem a qualidade dos citros incluem tamanho, forma, aspecto visual, coloração, espessura e facilidade de desprendimento da casca, teor de óleo da casca, sólidos solúveis e ácidos, relação entre sólidos solúveis e ácidos (*Ratio*), número de sementes, teor de vitamina C e porcentagem de suco. Esses critérios são geralmente usados na avaliação de frutas cítricas de mesa e têm sido fundamentais para padronizar sua qualidade no mercado (El-Otmani e Zacarías, 2011; Perez-Gago e Palou, 2020).

No Brasil, a Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP) desempenha um papel importante nesse processo e estabelece normas de classificação para citros de mesa por meio do programa brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais (Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2011). Essas normas têm sido amplamente exigidas por citricultores, pesquisadores e estabelecimentos comerciais para avaliar e padronizar os frutos provenientes das regiões produtoras do país, considerando a inexistência de parâmetros comparativos antes de sua implementação (Silva *et al.*, 2018). A qualidade das frutas cítricas pode ser influenciada por uma série de fatores ambientais e culturais, como o clima, a nutrição da planta, o controle fitossanitário, a cultivar utilizada, as técnicas culturais e o porta-enxerto (Chitarra e Chitarra, 2005; Martins *et al.*, 2014; Rêgo *et al.*, 2023).

O porta-enxerto, por exemplo, desempenha um papel fundamental tanto na qualidade das laranjas doces quanto na produtividade, pois impacta diversas características importantes da fruta, como o tamanho, o peso, a cor, a espessura da casca, o teor de suco, a coloração e o equilíbrio entre açúcar e acidez, tornando-se um elemento crucial para o sucesso no cultivo (Oustric *et al.*, 2017; Petry *et al.*, 2015). Estudos recentes evidenciaram a importância dos porta-enxertos na melhoria do desempenho agrícola. De acordo com Petry *et al.* (2015), laranjas-de-umbigo 'Monte Parnaso' enxertadas em limoeiro 'Cravo' e tangerina 'Sunki' demonstraram maior produção e eficiência produtiva. França *et al.* (2016) também investigaram o tema e identificaram o citrandarin 'Riverside' como o porta-enxerto mais eficiente para a laranja doce 'Valência Tuxpan' em regiões de clima tropical úmido. Além disso, Sharma *et al.* (2016) realizaram estudos na Índia, enquanto Carvalho *et al.* (2022) conduziram estudos com laranjeira 'Pera' no estado da Bahia, que confirmaram a influência significativa dos porta-enxertos em características importantes dos frutos, como diâmetro, peso e composição química.

De acordo com as características físico-químicas de nove variedades de laranjeira-doce enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' e tangerineira 'Cleópatra', Crasque *et al.* (2020) recomendaram o uso do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' em combinação com as variedades de copa 'Bahia Cabula IAC' e 'Pera Bianchi IAC'. Do mesmo modo, Oliveira *et al.* (2022), ao avaliar as características físico-químicas de frutos de 58 cultivares de copa de laranjeiras-doce

sobre quatro porta-enxertos: tangerineira 'Sunki Tropical' e os híbridos de 'Trifoliata' Citrandarin 'San Diego', 'Riverside' e 'Índio', observaram que todos os parâmetros avaliados foram influenciados tanto pela cultivar da copa quanto pelo porta-enxerto. Esses resultados evidenciam que ambos os fatores (copa e porta-enxerto) desempenham um papel importante na determinação da qualidade físico-química dos frutos.

Estudo realizado por Carvalho *et al.* (2020) demonstrou que o limoeiro 'Rugoso Vermelho' e o híbrido de limoeiro 'Volkameriano' e limoeiro 'Cravo' LVK x LCR – 010 se destacaram como porta-enxertos superiores, em razão de seu excelente desempenho produtivo e qualidade dos frutos. Por outro lado, Carvalho *et al.* (2020) também verificaram que o híbrido trifoliado BRS Victoria (HTR-051) foi apontado como uma excelente escolha para pomares de alta densidade, devido à sua capacidade de induzir porte baixo e alta eficiência de produção. Santos *et al.* (2021), ao analisarem sete porta-enxertos em condições amazônicas, quanto à produção e à qualidade de laranjas, observaram que os porta-enxertos citrandarins 'Índio' e 'Riverside' e o híbrido BRS Bravo, em combinação com a variedade copa 'Pera'/CNPMF, apresentaram maior produção, além de boa qualidade de frutos. Em outro estudo, Carvalho *et al.* (2021) verificaram o impacto de oito porta-enxertos no rendimento, na qualidade dos frutos e na sobrevivência de laranjeiras 'Pera CNPMF D6' (*Citrus sinensis*), estes autores concluíram que o porta-enxerto limoeiro 'Rugoso Mazoe' promoveu o maior rendimento de frutos, enquanto 'Cravo' x 'Cleópatra' e 'Volkameriano' favoreceram a maior sobrevivência das plantas. Além disso, verificaram também que todos os porta-enxertos, com exceção de citrandarin 'Riverside' e limoeiro 'Volkameriano', produziram frutos que atenderam aos requerimentos mínimos de qualidade (Carvalho *et al.*, 2021).

O desempenho da laranjeira-doce 'Pera', enxertada na tangerina 'Tropical Sunki' e em 27 porta-enxertos híbridos de citros na região de Umbaúba, em Sergipe, verificado por Ribeiro *et al.* (2021), sugeriu que a tangerineira 'Tropical Sunki', o limoeiro 'Cravo Santa Cruz' e os híbridos TSKC x (LCR x TR) - 073, LVK x LCR - 010 e -038, LCR x TR - 001, além de HTR - 127 e -HTR 166, possuem grande potencial para diversificar os porta-enxertos utilizados na produção da laranja doce 'Pera' nos Tabuleiros Costeiros do Brasil e em áreas com características edafoclimáticas semelhantes. Todavia, os três últimos híbridos (TSKC x (LCR x TR) – 073, LVK x LCR – 010, 038, LCR x TR – 001 e HTR - 127 e -HTR 166) foram adequados para cultivo em pomares de alta densidade. Nasir *et al.* (2014) verificaram que o limoeiro 'Rugoso' impactou intensamente a produtividade e as características físico-químicas de *Citrus reticulata* no Paquistão.

Incesu *et al.* (2013) estudaram cinco porta-enxertos que alteraram parâmetros como rendimento, peso, teor de suco e cor da laranja 'Moro'. Shafieizargar *et al.* (2012) evidenciaram a importância dos porta-enxertos na produtividade e qualidade da laranja 'Queen' nas condições edafoclimáticas do Irã. Estudos como os de Legua *et al.* (2013, 2014) evidenciaram a relevância dos porta-enxertos na determinação das propriedades físico-químicas e bioativas dos frutos. Yildiz *et al.* (2013) avaliaram o pomelo 'Rio Red' e concluíram que o rendimento e a qualidade dos frutos foram significativamente influenciados pelos porta-enxertos. Esses resultados indicaram que o porta-enxerto influencia diversas características da variedade copa (Carvalho *et al.*, 2020). Dessa forma, é essencial avaliar a influência de outros porta-enxertos, além do limoeiro 'Cravo', que predomina na região, visando promover a diversificação dos pomares (Carvalho *et al.*, 2019b).

2.3 O amadurecimento e o desverdecimento de frutas cítricas

O processo de desenvolvimento do fruto pode ser compreendido em três etapas principais: maturação, amadurecimento e senescência (Figura 1) (Ryall e Lipton, 1979). Na fase de maturação fisiológica, segundo Chitarra e Chitarra (1990), o fruto atinge seu crescimento pleno e máxima qualidade comestível ainda ligado à planta. Esse estágio marca o ponto em que o fruto emerge de uma fase incompleta para alcançar a plenitude. O amadurecimento, por sua vez, é o período final da maturação. Durante essa fase, o fruto

apresenta-se totalmente desenvolvido e exibe características externas e qualidade interna adequadas para o consumo (Chitarra e Chitarra, 1990). No entanto, após o amadurecimento, inicia-se o período de senescência, em que o crescimento do fruto cessa. Nesse estágio, os processos bioquímicos relacionados à senescência substituem as trocas químicas características do amadurecimento, que pode ocorrer antes, durante ou após a colheita dos frutos (Chitarra e Chitarra, 2005; Rêgo *et al.*, 2023).

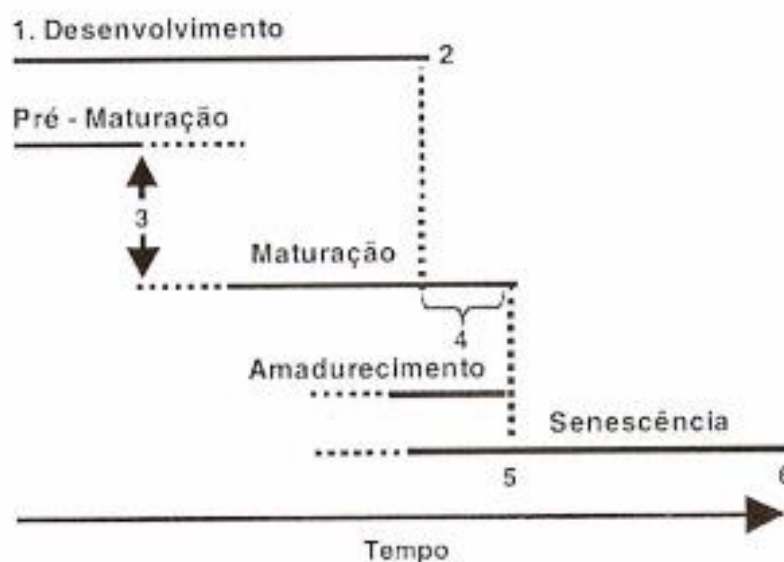


Figura 1. Etapas do ciclo vital dos frutos.

De acordo com Pantastico (1975) e Hulme (1971), o amadurecimento de frutos cítricos envolve uma série de transformações bioquímicas e fisiológicas como o aumento no teor de sólidos solúveis totais e no índice de maturação (“*Ratio*”), diminuição acentuada na acidez titulável e intensificação na coloração amarela ou alaranjada do suco (degradação da clorofila e aparecimento de carotenoides na casca). Essas alterações influenciam a aparência visual dos frutos (Yin *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2019). Além disso, ocorrem mudanças no sabor, redução da acidez e da adstringência, aumento no teor de sólidos solúveis e alterações na textura (Mayuoni *et al.*, 2011). Essas manifestações culminam na abscisão dos frutos, um dos eventos finais tanto da maturação quanto da senescência (Domingues *et al.*, 2001). A manipulação enzimática da clorofila durante o processo de senescência das plantas é catalisada por enzimas específicas, como magnésio dequelatase, pheophorbide oxygenase (PAO) e clorofila redutase (CCR) (Figura 2) (Alós *et al.*, 2006).

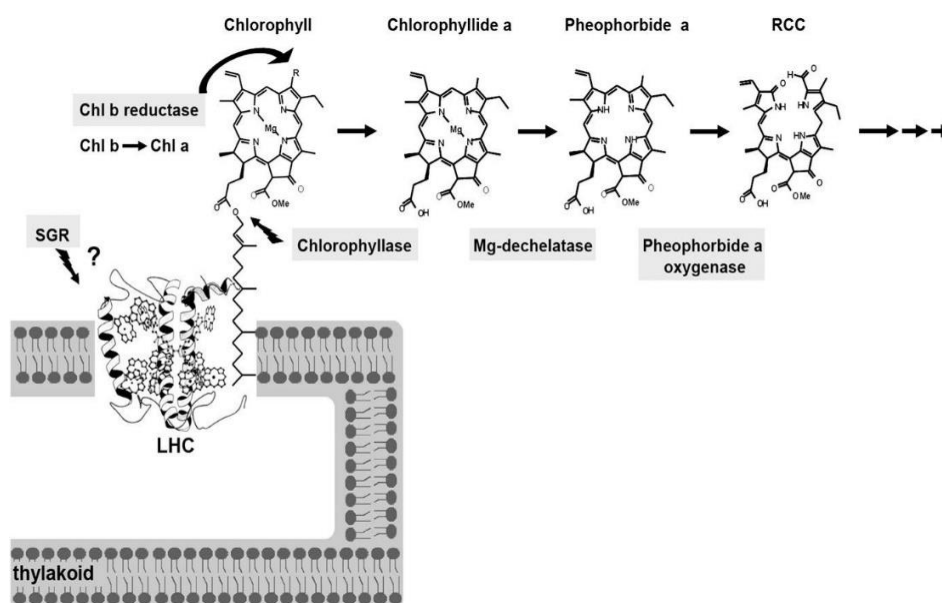


Figura 2. Degradação enzimática da clorofila a e b.

Essas enzimas desempenham papéis essenciais na transição das folhas verdes para os tecidos envelhecidos, esses processos são determinantes para o ciclo de vida vegetal (Alós *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2007; Kräutler, 2008). Somados a isso, os carotenoides são compostos lipossolúveis responsáveis pelas colorações características das cascas e polpas de diversas espécies e variedades (Zacarias-García *et al.*, 2021). A rota biossintética de carotenoides envolve a expressão de genes específicos, cuja atividade varia conforme a espécie e a variedade do fruto (Kato, 2012; Rodrigo *et al.*, 2013).

Estudos em Pomelo 'Star Ruby' revelaram que o acúmulo de licopeno durante a maturação está associado a uma redução significativa na expressão dos genes β -LCY2 e β -CHX, em comparação à laranja 'Navel' (Zou *et al.*, 2016). Esse diferencial genético contribui para as características de coloração únicas de cada variedade cítrica. Além disso, a coloração das frutas cítricas pode resultar de uma combinação complexa de carotenoides (Figura 3) (Zou *et al.*, 2016).

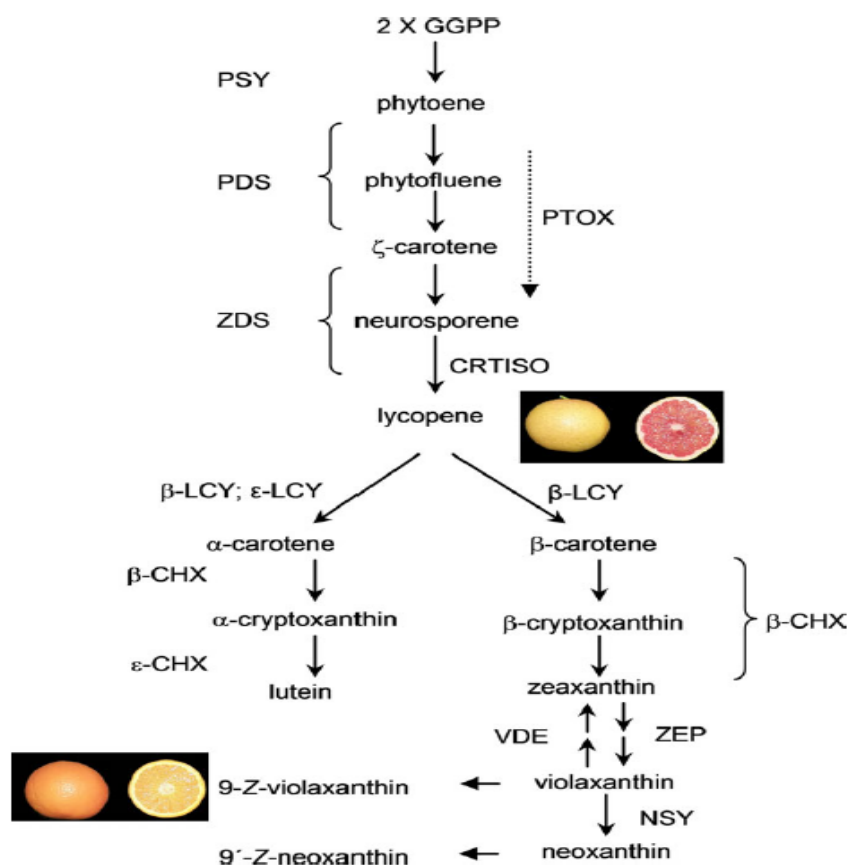


Figura 3. Diagrama esquemático da via de biossíntese de carotenoides.

A coloração da casca é um atributo essencial para o comércio de frutas cítricas *in natura*, pois influencia diretamente a percepção de qualidade pelo consumidor (Zacarias-García *et al.*, 2021). Frutos com coloração intensa (amarelo-alaranjado) são mais valorizados no mercado (Chitarra e Chitarra, 1990). Em relação ao processo de mudança da coloração dos frutos cítricos, o epicarpo e o endocarpo, embora fazendo parte do mesmo órgão, comportam-se de maneira distinta, especialmente em variedades precoces (Wills e Golding, 2015). A diferença no comportamento dessas partes do fruto é evidente na forma como cada uma atinge a maturação, com o epicarpo, por exemplo, muitas vezes amadurecendo de forma mais rápida em determinadas condições (Caetano *et al.*, 2022). Em regiões de cultivo como os Tabuleiros Costeiros, as temperaturas mais quentes não favorecem o desenvolvimento ideal da cor, o qual resulta em frutos com tonalidades pálidas ou manchas verdes e amarelas, mesmo que estejam maduros internamente (Casas; Mallent, 1988; Mazzuz, 1996; Spósito *et al.*, 2006). Em regiões subtropicais e temperadas, no entanto, as frutas cítricas apresentam uma coloração mais característica ao amadurecerem, devido à combinação de baixas temperaturas durante a noite e altas temperaturas durante o dia (Jomori *et al.*, 2016).

Além disso, os frutos cítricos são classificados como frutos não climatéricos, uma característica que os distingue de outros tipos de frutos no que diz respeito ao processo de maturação (Chitarra e Chitarra, 1990). Isso implica que, diferentemente dos frutos climatéricos, sua maturação não apresenta um aumento significativo na respiração nem na produção autocatalítica de etileno após a colheita (Wills e Golding, 2015). Apesar disso, a exposição ao etileno exógeno pode influenciar positivamente a maturação externa dos citros (Arzam *et al.*, 2021). Esses hormônios estimulam processos bioquímicos importantes, como a degradação da clorofila e a síntese dos carotenoides, que são responsáveis pela coloração característica dos frutos maduros (Jomori *et al.*, 2016). Esses efeitos estão associados à ativação de enzimas como a clorofilase, que promovem a redução do tamanho dos cloroplastos e a degradação da clorofila

de maneira diferenciada em comparação com o amadurecimento natural que ocorre na planta (Yamauchi *et al.*, 1997).

O etileno é um hormônio vegetal identificado em 1901 por Dimitry Neljubov, durante experimentos realizados com plântulas de ervilhas cultivadas na ausência de luz (Taiz *et al.*, 2017). Ele observou alterações no estiolamento das plantas, indicando resposta tríplice, devido ao papel do etileno como promotor do amadurecimento de frutos e de processos de desenvolvimento vegetal (Taiz *et al.*, 2017). A biossíntese de etileno inicia-se com o aminoácido metionina, que é convertido em S-Adenosilmetionina (SAM) pela ação da enzima SAM sintetase. Em seguida, a enzima ACC sintetase transforma o SAM em ACC (1-ácido-1-aminociclopropano carboxílico). Na etapa final, a conversão de ACC em etileno, catalisada pela enzima ACC oxidase, requer a presença de oxigênio (Figura 4) (Taiz; Zeiger, 2004).

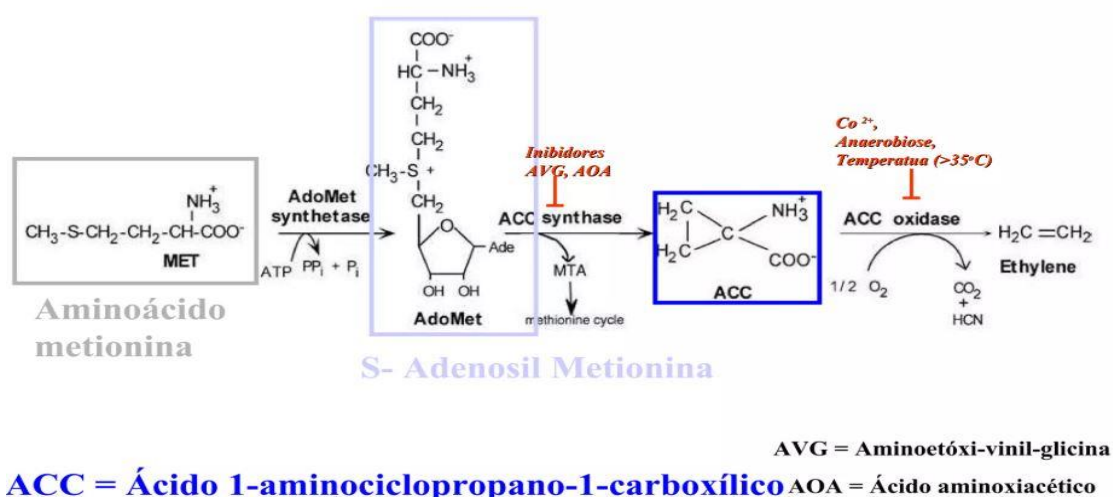


Figura 4. Biossíntese de etileno.

O mecanismo de ação do etileno envolve sua ligação aos receptores (ETR) presentes na célula, o que desencadeia uma sinalização que interage com a proteína CTR1. Esse sinal é transferido até o núcleo celular, onde os genes EIN2, EIN3 e EIN5 codificam proteínas receptoras do sinal. Essas proteínas ativam fatores de transcrição associados aos genes ERF. Os genes ERF, por sua vez, se ligam a promotores que regulam a expressão gênica ativada pelo etileno, culminando na síntese de enzimas responsáveis pelas mudanças típicas do processo de maturação dos frutos (Kendrick; Chang, 2008). O *ethephon*, também conhecido como ácido 2-cloroetilfosfônico, é amplamente utilizado como fonte de etileno na agricultura devido à sua praticidade e eficiência (Arzam *et al.*, 2021). Comercializado sob o nome Ethrel®, o produto fabricado pela *Bayer Crop Science* contém 240 g de ingrediente ativo por litro e pertence ao grupo químico do ácido fosfônico. Uma de suas vantagens principais é ser um regulador de crescimento em forma líquida, eliminando a necessidade de câmaras herméticas que são obrigatórias no uso do gás etileno (Jimenez-Cuesta *et al.*, 1981; Mazzuz, 1996).

No momento da aplicação, o *ethephon* se degrada logo abaixo da superfície da casca dos frutos com a liberação do etileno de maneira eficiente para promover a redução da cor verde da casca e proporcionar a coloração típica de cada variedade (Costa *et al.*, 2017). Essa eficiência, no entanto, depende de uma série de fatores como a espécie e a variedade da planta, a região produtora, a concentração de etileno, além das condições de temperatura e tempo de imersão (Zhang e Zhou, 2019; Arzam *et al.*, 2021). Pesquisas realizadas com diferentes cultivares revelaram que a eficiência do desverdecimento depende das condições de aplicação do etileno. Mendonça *et al.* (2003) verificaram que 6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 4 horas ou 6 dias melhoraram a cor do limão 'Siciliano', sem comprometer a qualidade. Por outro lado, doses superiores a 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ podem aumentar a incidência de podridão (Jacomino *et al.*, 2003).

No tangor 'Murcott', 5 $\mu\text{L L}^{-1}$ por 96 horas foram suficientes para obter uma coloração ideal (Jomori *et al.*, 2014). Mayuoni *et al.* (2011) investigaram os efeitos do etileno em frutas cítricas e observaram aumento na respiração e mudança na coloração da casca, sem impactos nos teores de sólidos solúveis, ácidos, compostos voláteis e sabor. Arzam *et al.* (2021) estudaram o efeito de diferentes concentrações de *ethephon* na coloração da casca de laranja 'Selayar' e concluíram que concentrações de 500 e 1000 ppm melhoraram igualmente a cor, com resíduos abaixo do limite máximo permitido (0,05 ppm). Em relação ao efeito do *ethephon* no tratamento pós-colheita de limões 'Eureka', Zhang *et al.* (2019) observaram que esse precursor do etileno melhorou a cor externa, aumentou a capacidade antioxidante, os compostos voláteis e o sabor, sem causar efeitos negativos na qualidade interna das frutas.

Jomori *et al.* (2016) também encontraram efeitos positivos do etileno na coloração da casca da laranja 'Valência' após armazenamento refrigerado. A aplicação de etileno aumentou a coloração da casca, sem afetar significativamente a qualidade interna da fruta, como o conteúdo de carotenoides, sólidos solúveis e acidez. Morales *et al.* (2020) avaliaram o efeito do tratamento com etileno em tangerinas e laranjas em condições comerciais e constataram que o tratamento não alterou significativamente a qualidade interna das frutas, mas melhorou as expectativas de maturidade e a preferência dos consumidores e aumentou a intenção de compra.

Ao compararem o efeito do etileno e *ethephon* na cor da casca da laranja 'Gannan Newhall', Hu *et al.* (2018) constataram que os tratamentos promoveram mudanças de cor: o *ethephon* resultou em amarelo, enquanto o etileno, em vermelho-alaranjado. O armazenamento pós-colheita reduziu clorofilas e carotenoides e alterou os compostos como b-caroteno e luteína, com o etileno sendo mais eficaz para a cor desejada no mercado. Caetano *et al.* (2022) estudaram o uso de diferentes concentrações e tempos de imersão em ácido 2-cloroetilfosfônico (*ethephon*) para o desverdecimento das laranjas 'Salustiana' e 'Lima Sorocaba'. Estes autores constataram que 0,5 g L⁻¹ de *ethephon* foi eficaz em ambas as cultivares, com o melhor efeito observado após três minutos de imersão. Evidencia-se, portanto, que o uso de etileno no desverdecimento é um recurso importante para adequar a aparência das frutas cítricas aos padrões de mercado.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALÓS, E.; CERCOS, M.; RODRIGO, M.J.; ZACARIAS, L.; TALON, M. Regulation of color break in citrus fruits. Changes in pigment profiling and gene expression induced by gibberellins and nitrate, two ripening retardants. **J. Agric. Food Chem.**, v.54, p.4888–4895, 2006.

ARZAMAR, T. S.; TAHIR, M. M.; WIJAYA, H. The degreening of “selayar” orange using ethephon: The color peel changes and ethephon residue. IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, v.807, n.2, 2021.

BASTOS, D. C.; FERREIRA, E. A.; PASSOS, O. S. Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Informe Agropecuários**, v.35, p.36–45, 2014.

CAETANO, M. M.; FERREIRA, J. T.; FREITAS, R. V. de; BARREIROS, R. B.; ALVES, R. R.; LEOPOLDINO, L. S.; RODRIGUES, D. P.; GONÇALVES, B. F. de S.; GRIEBELER, S. R.; GONZATTO, M. P. Uso do ácido 2-cloroetilfosfônico no desverdecimento pós-colheita de laranjas Salustiana e Lima Sorocaba. **Citrus Research & Technology**, v.42, p.e1069, 2022.

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

CARVALHO, H. W. L. de; TEODORO, A. V.; BARROS, I. de; CARVALHO, L. M. de; SOARES FILHO, W. dos S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; PINTO-ZEVALLOS, D. M. Rootstock-related improved performance of ‘Pera’ sweet orange under rainfed conditions of Northeast Brazil. **Scientia Horticulturae**, v.263, 2020.

CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, L. M. de; TEODORO, A. V.; BARROS, I. de; GIRARDI, E. A.; FILHO, W. D. S. S.; PASSOS, O. S. Yield, fruit quality, and survival of ‘Pera’ sweet orange on eight rootstocks in tropical cohesive soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.56, p.1–9, 2021.

CARVALHO, H. W. L.; CARVALHO, L. M.; BARROS, I.; TEODORO, A. V.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; FILHO, W. dos S. S. Productive performance of ‘Pera’ sweet orange grafted onto 37 rootstocks in tropical cohesive soils under rainfed condition. **Scientia Horticulturae**, v.303, 2022.

CASAS, A.; MALLENT, D. The color of citrus fruits. I. Generality. II. Factors that influence the color. Influence of the species, variety and temperature. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v.28, n.2, p.184-201, 1988.

CEAGESP - COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura. **Normas de classificação de citros de mesa**. São Paulo: CEAGESP, 2011. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/citros.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2024.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ed. Lavras: UFLA, 2005. 706p.

CHITARRA M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Hortigranjeiro**, Brasília, DF, v.10, n.11, Novembro, 2024. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 18 nov. 2024.

CRASQUE, J.; NETO, B. C.; SOUZA, G. A. R.; COSTA, R. J.; ARANTES, L.O.; ARANTES, S. D.; ALVES, F. de L. Características físico-químicas de frutos de laranja em diferentes porta-enxertos. **International Journal of Development Research**, v.10, n.8, p.37258–37266, 2020.

COSTA, M. G. S.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; AQUINO, C. F.; LINS, L. C. R.; ALVES, R. R. Ethylene degreening treatment of “Ponkan” tangerine in the north of the Minas Gerais State, Brazil. **Comunicata Scientiae**, v.8, n.4, p.544–554, 2017.

DOMINGUES, M. C. S; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Indução do amadurecimento de frutos cítricos em pós-colheita. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v.23, n.3, p.555-558, 2001.

EL-OTMANI, M.; ZACARIÁS, L. Citrus spp.: laranja, tangerina, tangerina, clementina, toranja, pomelo, limão e lima. **Biologia e Tecnologia Pós-Colheita de Frutas Tropicais e Subtropicais**, p.437–516e., 2011.

FRANÇA, N.O.; AMORIM, M.S.; GIRARDI, E.A.; PASSOS, O.S.; SOARES FILHO, W.S. Performance of ‘Tuxpan Valencia’ sweet orange grafted onto 14 rootstocks in Northern Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.4, 2016.

HU, Y.; WANG, G.; PAN, S.; WANG, L. Influence of ethylene and ethephon treatments on the peel color and carotenoids of Gannan Newhall navel orange during postharvest storage. **Journal of Food Biochemistry**, v. 42, n. 5, p. 1–9, 2018.

HULME, A.C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Produção Agrícola Municipal** (2023). Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2023_v50_br_informativo.pdf. Acesso em: 18 nov. 2024.

INCESU, M.; ÇIMEN, B.; YESILOGLU, T.; YILMAZ, B. Rootstock effects on yield, fruit quality, rind and juice color of ‘Moro’ blood orange. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.11, n.3 & 4, p.867-871, 2013.

JACOMINO, A.P.; MENDONÇA, K.; KLUGE, R. A. Armazenamento refrigerado de limões ‘Siciliano’ tratados com etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1,

p.45-48, 2003.

JIMENEZ, C. M.; CUQUERELLA, J.; MARTINEZ, J.M. Determination of a color index for citrus fruit degreening. **Proc. Int. Soc. Citriculture**, v.2, p.750–3, 1981.

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**, Londrina, v.35, n.2, p.825-834, 2014.

JOMORI, M. L. L.; BERNO, N. D.; KLUGE, R. A. Ethylene application after cold storage improves skin color of ‘Valencia’ oranges. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.4, 2016.

KATO, M. Mechanism of carotenoids accumulation in Citrus fruit. **Japanese Society of Horticultural Science**, v.81, n.3, p.219–233, 2012.

KRÄUTLER, B. Chlorophyll breakdown and chlorophyll catabolites in leaves and fruit. **Photochemical and Photobiological Sciences**, v.7, n.10, p.1114-1120, 2008.

KENDRICK, M. D.; CHANG, C. Ethylene signaling: new levels of complexity and regulation. **Current Opinion in Plant Biology**, v.11, n.5, p.479–485, 2008.

LEGUA, P.; FORNER, J.B.; HERNÁNDEZ, F.; FORNER-GINER, M.A. Physicochemical properties of orange juice from ten rootstocks using multivariate analysis. **Scientia Horticulturae**, v.160, p.268-273, 2013.

LEGUA, P.; FORNER, J.B.; HERNANDEZ, F.; FORNER-GINER, M.A. Total phenolics, organic acids, sugars and antioxidant activity of mandarin (Citrus clementina Hort. ex Tan.): Variation from rootstock. **Scientia Horticulturae**, v.174, p.60-64, 2014.

LEMO, L.M.C.; SIQUEIRA, D.L.; SALOMÃO, L.C.C.; CECON, P.R.; LEMO, J.P. Características físico-químicas da laranja- pera em função da posição na copa. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v.34, p.1091-1097, 2012.

LI, S. J.; XIE, X. L.; LIU, S. C.; CHEN, K. S.; YIN, X. R. Auto-and mutual-regulation between two CitERFs contribute to ethylene-induced citrus fruit degreening. **Food Chemistry**, v.299, p.125163, 2019.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO. **AGROSTAT**. Estatística do Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>. Acesso em: 18 nov. 2024.

MARTINS, C.R.; TEODORO, A.V.; CARVALHO, H.W.L. de. Citricultura no Estado de Sergipe. **Citricultura Atual**, v.17, p.14-17, 2014.

MARTINS, C. R.; TODRIGUES, G.S.; BARROS, I. de. **Análise Econômica e Ambiental de Sistemas Consorciados à Base de Citros nos Tabuleiros Costeiros**. Embrapa Meio Ambiente, 2015.13p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157878/1/Carlos-Martins-Analise-economica.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MAYUONI, L.; TIETEL, Z.; PATIL, B. S.; PORAT, R. Does ethylene degreening affect internal quality of citrus fruit? **Postharvest Biology and Technology**, v.62, n.1, p.50–58, 2011.

MAZZUZ, C.F. **Quality of citrus fruits: manual for management from collection to the expedition**. Madrid: Ediciones de Horticultura, 1996. 317p.

MENDONCA, K.; JACOMINO, A. P.; MELHEM, T. X.; KLUGE, R. A. Concentracao de etileno e tempo de exposicao para desverdecimento de limao ‘Siciliano’. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.6, n.2, p.179-183, 2003.

MORALES, J.; TARREGA, A.; SALVADOR, A.; NAVARRO, P.; BESADA, C. Impact of ethylene degreening treatment on sensory properties and consumer response to citrus fruits. **Food Research International**, v.127, 2020.

NASIR, M.A.; AZIZ, M.M.; MOHAR, T.A.; IQBAL, J.; RAZA, M.K. Evaluation of suitable rootstock for enhancement of yield and quality of kinnow (Citrus reticulata blanco) under sargodha conditions. **J. Agric. Res**, v.52, n.3, p.407-414, 2014.

OUSTRIC, J.; LOURKISTLI, R.; GIANNETTINI, J.; BERTI, L.; SANTINI, J. Tetraploid Carrizo citrange rootstock (Citrus sinensis Osb. × Poncirus trifoliata L. Raf.) enhances natural chilling stress tolerance of common clementine (Citrus clementina Hort. ex Tan). **Journal of Plant Physiology**, v.214, p.108–115, 2017.

PARK, S.Y.; YU, J.W.; PARK, J.S.; LI, J.; YOO, S.C.; LEE, N.Y.; LEE, S.K.; JEONG, S.W.; SEO, H.S.; KOH, H.J. The senescence-induced staygreen protein regulates chlorophyll degradation. **Plant Cell and Environment**, v.19, p.1649-1664, 2007.

PÉREZ-GAGO, M. B.; PALOU, L. Chapter 18.3 - Subtropical fruits: Citrus. *In: Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce*. Academic Press, p.411-419, 2020.

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

PANTASTICO, E. R. B. **Postharvest physiology handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. West Port: Avi, 1975. 560p.

RÊGO, E. R.; FERREIRA, A. P. S.; RÊGO, M. M.; FINGER, F. L. **Fisiologia e manejo pós-colheita de flores, frutos e hortaliças** (E-book). 1 ed. João Pessoa: Editora UFPB, 2023. 455 p.

RIBEIRO, L. de O.; COSTA, D. P.; LEDO, C. A. da S.; CARVALHO, L. M. de; CARVALHO, H. W. L. de; FILHO, W. D. S. S.; GIRARDI, E. A. ‘Tropical Sunki’ mandarin and hybrid citrus rootstocks under ‘Pera’ sweet orange in cohesive soil and As climate without irrigation. **Bragantia**, v.80, p.1–14, 2021.

RODRIGO, M.J.; ALQUÉZAR, B.; ALÓS, E.; LADO, J.; ZACARIAS, L. Biochemical bases and molecular regulation of pigmentation in the peel of Citrus fruit. **Scientia Horticulturae**, v.163, p.46–62, 2013.

RODRIGUES, F.A.; FREITAS, G.F.; MOREIRA, R.A.; PASQUAL, M. Caracterização dos frutos e germinação de sementes dos porta-enxertos trifoliata Flying Dragon e citrumelo 'Swingle'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1180- 1188, 2010.

RYALL, A.L.; LIPTON, W.J. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Vegetables and melons. **WestportCT**, New England, v.1, 1979.

SANTOS, J. C.; AZEVEDO, C. L. L.; CARVALHO, J. E. B. de; OLIVEIRA, S. P. de; FERREIRA, A. de S.; SILVA, J. F. da. Initial production and fruit quality of scion-rootstock combinations in orange trees in amazonas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.43, n.3, p.1–11, 2021.

SHAFIEIZARGAR, A.; AWANG, Y.; JURAIMI, A.S.; OTHMAN, R. Yield and fruit quality of 'Queen' orange [*Citrus sinensis* (L) Osb.] grafted on different rootstocks in Iran. **Australian Journal of Crop Science**, v.6, n.5, p.777-783, 2012.

SHARMA, R. M.; DUBEY, A.K.; AWASTHI, O.P.; KAUR, C. Growth, yield, fruit quality and leaf nutrient status of grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.): variation from rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v.210, p.41-48, 2016.

SILVA, B. M.; FIGUEIREDO, V. M. A.; SILVA, A. F.; SOUZA, A.S.B.; SILVA, S. M. Mudanças nos atributos físicos e físico-químicos de Laranja 'Baía' durante a maturação Anais III SINPROVS... Campina Grande: **Realize Editora**, 2018. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/40480>. Acesso em: 05 ago. 2024.

SIQUEIRA, D.L.; SALOMÃO, L.C.C. **Citros: do Plantio à Colheita**. Minas Gerais: UFV, 2017. 278 p.

SOBRINHO, A.P.C.; MAGALHÃO, A.F.J.; SOUZA, A.S.; PASSOS, O.S.; FILHO, W.S.S. **Cultura dos Citros**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013.

SPÓSITO, M. B.; JULIANETTI, A.; BARBASSO, D. V. Determinação Do Índice De Cor Mínimo Necessário Para a Colheita De Laranja Doce Valência a Ser Submetida. **Laranja**, v.27, n.2, p.373–379, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Citrus: World Markets and Trade**. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade>. Acesso em: 18 nov. 2024.

VIDAL, M. F. CITRICULTURA. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v.7, 2022. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2809>. Acesso em: 25 nov. 2024.

VIDAL, M. F. CITRICULTURA (LARANJA). **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v.9, n.343, 2024. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2621>. Acesso em: 18 nov. 2024.

WILLS, R. B. H.; GOLDING, J. B. Advances in postharvest fruit and vegetable technology. **Taylor & Francis Group**, Xp. 392, 2015.

YAMAUCHI, N.; AKIYAMA, Y.; KAKO, S.; HASHINAGA, F. Chlorophyll degradation in Wase satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit with on-tree maturation and ethylene treatment. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.71, n.1/2, p.35-42, 1997.

YILDIZ, E.; DEMIRKESER, T.H.; KAPLANKIRAN, M. Growth, yield, and fruit quality of 'Rhode Red Valencia' and 'Valencia Late' sweet oranges grown on three rootstocks in eastern Mediterranean. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.73, n.2, p.16-17, 2013.

YIN, X. R.; XIE, X. L.; XIA, X. J.; YU, J. Q.; FERGUSON, I. B.; GIOVANNONI, J. J.; CHEN, K. S. Involvement of an ethylene response factor in chlorophyll degradation during citrus fruit degreening. **The Plant Journal**, v.86, n.5, p.403 412, 2016.

ZACARÍAS-GARCÍA, J.; REY, F.; GIL, J. V.; RODRIGO, M. J.; ZACARÍAS, L. Antioxidant capacity in fruit of Citrus cultivars with marked differences in pulp coloration: Contribution of carotenoids and vitamin C. **Food Science and Technology International**, v.27, n.3, p.210–222, 2021.

ZACARIAS, L.; CRONJE, P. J. R.; PALOU, L. Postharvest technology of citrus fruits. **Elsevier Inc.**, 421–446 p, 2020.

ZHANG, P.; ZHOU, Z. Postharvest ethephon degreening improves fruit color, flavor quality and increases antioxidant capacity in 'Eureka' lemon (*Citrus limon* (L.) Burm. f.). **Scientia Horticulturae**, v.248, p.70-80, 2019.

ZOU, Z.; XI, W.; HU, Y.; NIE, C.; ZHOU, Z. Antioxidant activity of Citrus fruits. **Food Chem.**, v.196, p.885-896, 2016.

4. ARTIGO 1

QUALIDADE DE FRUTOS DE LARANJA 'PERA CNPMF D6' ENXERTADA EM SETE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS

RESUMO

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de *Citrus*, e a combinação da laranjeira-doce 'Pera' enxertada sobre o limoeiro 'Cravo' predomina nos pomares da região Nordeste. No entanto, para reduzir vulnerabilidade desses pomares a pragas e doenças, atender mercados mais exigentes de frutas frescas e aumentar a competitividade, torna-se necessário introduzir novas combinações de copa e porta-enxerto. Com base nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar atributos físicos e químicos de frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' enxertados sobre sete porta-enxertos, sendo eles: limoeiro 'Cravo', tangerineira 'Sunki Tropical', citrandarins 'Índio', 'Riverside' e 'San Diego', os híbridos BRS Cunha Sobrinho e BRS Victoria, sob as condições do polo citrícola do litoral norte da Bahia. Foram analisados porcentagem de suco, acidez, sólidos solúveis totais (SST), *ratio*, coloração da casca, compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides, teor de vitamina C e atividade antioxidante. Os porta-enxertos influenciaram a qualidade dos frutos. Os porta-enxertos 'Cravo' e 'Sunki Tropical' se destacaram por favorecerem, nas condições avaliadas, maior rendimento de suco, enquanto o citrandarin 'Riverside' induziu maior acidez. Frutos colhidos a partir de árvores sobre o porta-enxerto BRS Cunha Sobrinho apresentaram coloração amarelo-esverdeada e alto teor de flavonoides, enquanto os maiores níveis de compostos fenólicos foram encontrados nos frutos das árvores sobre o porta-enxerto BRS Victoria e no citrandarin 'Riverside'. Dessa forma, a tangerineira 'Sunki Tropical' e o citrandarin 'San Diego' mostraram-se como porta-enxertos alternativas ao 'Cravo' por possibilitarem maior percentual de suco e características bioquímicas e antioxidantes semelhantes ou superiores.

Palavras-chave: *Citrus*, fruticultura, compostos bioativos, qualidade.

ABSTRACT

Brazil is one of the world's leading *citrus* producers, with the combination of 'Pera' sweet orange grafted onto Rangpur lime predominating in orchards in the Northeast region. However, to reduce the vulnerability of these orchards to pests and diseases, meet the demands of more demanding fresh fruit markets, and increase competitiveness, it is necessary to introduce new scion and rootstock combinations. In this context, the objective of this study was to evaluate the physical and chemical attributes of 'Pera CNPMF D6' oranges grafted onto seven rootstocks: Rangpur lime, 'Sunki Tropical' mandarin, 'Índio', 'Riverside' and 'San Diego' citrandarins, as well as the hybrids BRS Cunha Sobrinho and BRS Victoria, under the conditions of the citrus-producing region of the northern coast of Bahia. The following parameters were analyzed: juice yield, acidity, total soluble solids (TSS), ratio, peel color, phenolic compounds, flavonoids, carotenoids, vitamin C content, and antioxidant activity. The rootstocks influenced fruit quality. Rangpur lime and 'Sunki Tropical' stood out for promoting higher juice yield under the evaluated conditions, while the 'Riverside' citrandarin induced higher acidity. Fruits harvested from trees grafted onto the BRS Cunha Sobrinho rootstock exhibited a yellow-greenish color and a high flavonoid content, whereas the highest levels of phenolic compounds were found in fruits from trees grafted onto BRS Victoria and 'Riverside' citrandarin. Thus, 'Sunki Tropical' mandarin and 'San Diego' citrandarin emerged as alternative rootstocks to Rangpur lime, as they provided a higher juice yield and biochemical and antioxidant characteristics similar to or superior to those of the traditional rootstock.

Keywords: *Citrus*, fruit growing, bioactive compounds, quality.

4.1. Introdução

As laranjas doces pertencem à família Rutaceae e são classificadas como frutas cítricas não climatéricas, com ampla distribuição global, especialmente em regiões tropicais e subtropicais (Appelhans et al., 2021). As frutas cítricas possuem grande relevância econômica para o país, pois o Brasil é o segundo maior produtor mundial e é reconhecido internacionalmente como o maior produtor de laranjas e o principal exportador de seu suco (Rehman et al., 2020). A variedade 'Pera' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) é a cultivar de laranja mais significativa do Brasil, conhecida por seu alto desempenho agrônômico, qualidade do suco, doçura e acidez suave, tornando-a a preferida dos consumidores (Carvalho et al., 2019; Barry et al., 2020).

A região Sudeste do Brasil, especialmente o Estado de São Paulo, se sobressai como a principal área produtiva. Apesar de ter produtividade e quantidade de frutas significativamente menores, o Nordeste é a segunda maior região produtora, com 90% da sua produção concentrada nos estados da Bahia e Sergipe (Martins et al., 2016; IBGE, 2023). Nessa área, o cultivo é predominantemente de sequeiro e direcionado ao mercado interno de frutas frescas com algum nível de processamento (Carvalho et al., 2020).

Na maioria dos países produtores, os pomares de laranja doce são compostos pela combinação de uma cultivar de porta-enxerto com uma variedade copa (Carvalho et al., 2022). A prática da enxertia possibilita produzir plantas que combinem alta produtividade com características desejáveis, como frutas com poucas sementes, elevado teor de suco, coloração atraente e equilíbrio harmonioso entre açúcar e acidez (Petty et al., 2015).

No Brasil, a produção de mudas de laranjeira está fortemente ligada ao uso predominante de um único porta-enxerto, o limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) (Alfaro et al., 2021). Isso ocorre devido à facilidade de obtenção das sementes e ao bom desenvolvimento das mudas, além de proporcionar maior vigor, produtividade, longevidade e compatibilidade com quase todos os cultivares de copa (Carvalho et al., 2019). No Nordeste

brasileiro, predomina a laranja doce 'Pera' enxertada no limoeiro 'Cravo' devido à boa qualidade dos frutos e à relativa tolerância à seca proporcionada pelo porta-enxerto (Amorim et al., 2018). A escolha predominante da variedade 'Pera', por sua vez, está relacionada, principalmente, à qualidade do suco, ao sabor doce e à baixa acidez, o que favorece sua adequação tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento (Crasque et al., 2020). De acordo com Couto et al. (2018), o uso restrito de poucas combinações entre copa e porta-enxerto contribui para uma base genética reduzida, aumentando os riscos de estresses abióticos e bióticos (Bassanezi et al., 2007; Auler et al., 2008; Domingues et al., 2021). Daí a necessidade de diversificação dos pomares citrícolas com novas combinações copa/porta-enxerto de citros.

O mercado consumidor exige que os frutos atendam a padrões de qualidade rigorosos, tanto em aspectos externos, como tamanho, forma e coloração, quanto em características internas, como teores de sólidos solúveis, acidez, flavonoides, carotenoides e vitamina C (Crasque et al., 2020). O porta-enxerto influencia diretamente não só a produtividade, mas também a qualidade dos frutos e a sobrevivência das plantas; Carvalho et al. (2021) verificaram que o porta-enxerto limoeiro 'Rugoso Mazoe' promoveu maior rendimento das laranjeiras 'Pera CNPMF D6', enquanto 'Cravo' x 'Cleópatra' e 'Volkameriano' garantiram maior sobrevivência às árvores. De maneira semelhante, Santos et al. (2021) concluíram que os porta-enxertos 'Índio', 'Riverside' e BRS Bravo favoreceram o aumento da produção e da qualidade dos frutos nas condições amazônicas. Nos estudos conduzidos no Brasil, dezenas de porta-enxertos vêm sendo avaliados em associação com a laranjeira 'Pera' (Carvalho et al., 2022; Oliveira et al., 2023; 2024), e alguns têm se destacado. Dentre estes, vale destacar os citrandarins 'Índio', 'Riverside' e 'San Diego', a tangerineira 'Sunki Tropical' e alguns híbridos, como BRS Cunha Sobrinho e BRS Victoria. Com base nesses estudos, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as características físico-químicas da laranja 'Pera' enxertada em sete diferentes porta-enxertos, a fim de compreender como cada combinação pode impactar a qualidade final dos frutos.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Seleção dos frutos

Os frutos foram colhidos em abril de 2024, de árvores cultivadas em um pomar experimental de seis anos, localizado em uma fazenda comercial particular, situada no município de Acajutiba (11°39'24.6"S 38°01'18.3"W), no litoral norte da Bahia. Todos os frutos foram da variedade copa 'Pera CNPMF D-6'. Os tratamentos envolvidos no estudo foram constituídos por sete porta-enxertos, incluindo o limoeiro 'Cravo'. A combinação da laranjeira 'Pera CNPMF D-6' enxertada no 'Cravo' foi adotada como tratamento controle, por ser a predominante na região. Os demais porta-enxertos foram a tangerineira 'Sunki Tropical', os citrandarins 'Índio', 'Riverside' e 'San Diego', o híbrido trifoliata BRS Victoria (HTR-051), e o híbrido de tangerineira 'Sunki Tropical' (TSKC) com citrumelo 'Swingle' (CTSW) BRS Cunha Sobrinho (TSKC x CTSW – 041).

Os frutos foram colhidos em abril de 2024 na maturidade comercial, com Brix médio em torno de 10 e *ratio* 9,5 (Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2011). Assim que colhidos, foram encaminhados para o Laboratório de Processamento de Frutas e Hortaliças (LABFRUITH), vinculado ao Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe. Antes das análises, os frutos foram submetidos à sanitização em solução de hipoclorito de sódio (200 mg L⁻¹ de cloro ativo) durante três minutos.

4.2.2. Análises físico-químicas e bioquímicas

A porcentagem de suco foi calculada a partir da fórmula: $CS\% = (PS / PF) \times 100$, onde PS = peso de suco (g) e PF = peso dos frutos (g) de acordo com Crasque et al. (2020). O pH foi determinado segundo o método n° 017/IV do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), medido em potenciômetro da marca DEL LAB, previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4,0 e

7,0. O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e a acidez titulável (expressa em % de ácido cítrico) das amostras foram realizados de acordo com os métodos da *American of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1995) e o *ratio* foi calculado pela relação de sólidos solúveis por acidez total titulável (SST/ATT) de acordo com IAL (2008).

A determinação da cor foi realizada na zona equatorial da fruta com colorímetro portátil digital da marca Minolta CR-400. A avaliação foi realizada diretamente sobre a superfície da fruta, pela escala Hunter, tomando-se como base os valores de L*, que indica luminosidade (claro/escuro); a*, que indica cromaticidade no eixo da cor verde (-) para a vermelha (+); b*, que indica cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+); C*, que indica a saturação; e h*, que se refere ao ângulo da cor (Ayala-Silva et al., 2005).

O teor de vitamina C foi determinado com base na metodologia da AOAC (1995), com adaptações. Para a solução de extração, foram dissolvidos 5 g de ácido oxálico em 10 mL de ácido acético glacial, completando-se o volume para 250 mL com água destilada. A amostra foi preparada diluindo-se 12,5 mL de polpa de laranja, previamente filtrada em gaze, em um balão volumétrico de 25 mL e o volume ajustado com a solução de proteção. A titulação foi realizada com a transferência de 7 mL da amostra para um erlenmeyer e titulando-a com solução de 2,6-diclorofenolindofenol (DCPIP), previamente padronizada com solução padrão de ácido ascórbico. A solução de DCPIP foi preparada dissolvendo-se 50 mg do reagente em 250 mL de água destilada com 42 mg de bicarbonato de sódio. A titulação foi conduzida até o aparecimento de uma coloração rosa-clara persistente por pelo menos cinco segundos. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico (AA) por 100 mL, e o procedimento foi realizado em triplicata.

Os compostos fenólicos foram determinados de acordo com o método de Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton et al. (1999), com modificações. Foram adicionados 250 µL da solução de polpa de laranja diluída (50 µL de polpa de laranja para 450 µL de água destilada) em um tubo de ensaio; em seguida, 250 µL do reagente de Folin-Ciocalteu (diluído 1:1), 500 µL da solução saturada (35%) de carbonato de sódio (Na_2CO_3) e 4,0 mL de água destilada. Os tubos foram agitados e mantidos em temperatura ambiente (25 °C), protegidos da luz, por 25 min. Um branco foi preparado utilizando-se 250 µL de água destilada no lugar da amostra, e seguiu as mesmas condições descritas. A leitura de absorbância foi realizada em triplicata a 725 nm com um espectrofotômetro UV-Vis. O conteúdo de compostos fenólicos foi expresso como mg de equivalentes de ácido gálico por 100 mL de polpa de laranja.

O teor total de flavonoides foi determinado de acordo com a metodologia de Alves e Kubota (2013) com adaptações: foram misturados 500 µL de cloreto de alumínio (AlCl_3) a 2% em metanol com o mesmo volume da solução de amostra (50 µL de polpa de laranja para 450 µL de água destilada). A determinação do teor foi realizada com base na absorbância a 425 nm, em espectrofotômetro UV-Vis, em triplicata, após dez minutos contra um branco, consistindo por uma solução de 500 µL de metanol com 500 µL de cloreto de alumínio (AlCl_3). O resultado foi expresso como mg de equivalentes de quercetina por 100 mL de polpa de laranja.

Os carotenoides totais foram determinados através do método descrito por Lichtenthaler et al. (1987), pesou-se aproximadamente 1 g da casca da amostra triturada com 0,2 g de carbonato de cálcio; em seguida, adicionaram-se 10 mL de metanol a 100% e homogeneizou-se até que fosse extraído o pigmento da casca. Posteriormente, a mistura foi filtrada em um ambiente sem iluminação para um balão de 10 mL e completado até o menisco com metanol. A leitura foi realizada em um espectrofotômetro a 665,2 nm (clorofila a), 652,4 nm (clorofila b) e 470 nm e o teor de carotenoides foi expresso em mg/mL, calculado por meio da seguinte fórmula: Carotenoides = $[1000 \times A_{470} - (1,63 \times Ca - 104,96 \times Cb)] / 221$.

A atividade antioxidante pelo método de captura do radical ABTS+ foi realizada através da metodologia sugerida por Nenadis et al. (2004). O extrato (30 µL) foi transferido para tubos de ensaio com 2970 µL de radical ABTS+ e homogeneizado em vortex. Os tubos foram incubados por 6 min e as amostras foram lidas a 734 nm. O etanol foi usado como branco. A curva de calibração foi construída com diferentes concentrações de Trolox com variação de 50

a 2000 μmol Trolox/mL (equação da curva: $y = -0,0002x + 0,6551$. $R^2 = 0,9917$). Os resultados foram expressos em μg /mL de extrato.

4.2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos (porta-enxertos de citros) e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais. As análises foram realizadas em triplicata. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com comparação de médias por meio do teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$), por meio do software SISVAR 5.6 (Ferreira, 2014).

4.3. Resultados e Discussão

4.3.1. Características físico-químicas dos frutos

Foram observadas diferenças entre os frutos devido ao porta-enxerto, quanto ao teor de suco (TS), pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (ATT), *ratio* (Tabela 1) e coloração da casca. Além disso, constataram-se variações nos teores de ácido ascórbico, fenóis, flavonoides, carotenoides e na atividade antioxidante.

Tabela 1: Rendimento de suco (RS), pH, sólidos solúveis (SST), acidez titulável (ATT) e *ratio* de laranjas doce 'Pera CNPMF D6' colhidas a partir de árvores sobre sete porta-enxertos. Acajutiba, estado da Bahia, Brasil, 2024.

PORTA-ENXERTO	RS (%)	pH	SST (°Brix)	ATT (% Ácido cítrico)	<i>Ratio</i> (SST/AAT)
Limoeiro 'Cravo'	56,62±0,6 ^a	3,78±0,07 ^b	9,8±0,0 ^b	0,61±0,03 ^b	16,08±0,86 ^a
'Sunki Tropical'	55,42±0,6 ^a	4,02±0,03 ^a	9,2±0,1 ^c	0,69±0,04 ^b	13,36±0,74 ^b
Citrandarin 'San Diego'	53,48±1,0 ^b	4,03±0,05 ^a	9,8±0,1 ^b	0,66±0,04 ^b	14,89±0,86 ^a
BRS Cunha Sobrinho	53,77±1,5 ^b	4,12±0,09 ^a	10,0±0,3 ^b	0,64±0,03 ^b	15,58±0,88 ^a
BRS Victoria	51,74±1,6 ^c	4,15±0,11 ^a	10,1±0,3 ^b	0,76±0,02 ^a	13,26±0,56 ^b
Citrandarin 'Riverside'	49,91±1,3 ^c	4,13±0,09 ^a	10,6±0,5 ^a	0,81±0,03 ^a	13,09±0,47 ^b
Citrandarin 'Índio'	51,11±1,5 ^c	4,17±0,07 ^a	9,6±0,3 ^c	0,67±0,03 ^b	14,19±0,31 ^b

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos pela média $\pm$ desvio padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não apresentaram diferenças ($p \leq 0,05$) entre si, de acordo com o teste de Scott-Knott.

Os frutos apresentaram aproximadamente 49,91% de teor de suco, quando produzidos nas laranjeiras sobre o citrandarin 'Riverside' e 56,62%, produzidos em limoeiro 'Cravo' (Tabela 1). De acordo com as especificações do Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura (2011), o rendimento de suco mínimo ideal para a variedade 'Pera' é de 45%. Portanto, todos os porta-enxertos possibilitaram o atendimento desse requisito mínimo, corroborando com estudos anteriores realizados por Crasque et al. (2020) e Carvalho et al. (2021). Conforme Barbasso et al. (2005), o aumento no rendimento de suco torna a cultivar mais desejável tanto para o mercado de consumo direto quanto para a indústria de processamento. Assim, a escolha do porta-enxerto adequado é determinante para maximizar o desempenho agrônomo e comercial da variedade 'Pera' (Coelho et al., 2019).

Quanto ao pH (Tabela 1) do suco obtido a partir dos frutos, verificou-se que o porta-enxerto limoeiro 'Cravo' favoreceu uma maior acidez, enquanto os demais não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si. Os valores observados variaram entre 3,78 e 4,17, permanecendo dentro da faixa de 3,40 a 4,00, considerada característica de frutas cítricas, conforme descrito por Danieli et al. (2009).

Em relação ao teor total de sólidos solúveis, constataram-se diferenças significativas entre os frutos devidas aos porta-enxertos (Tabela 1). Os frutos menos doces foram observados

nos porta-enxertos tangerineira 'Sunki Tropical' (9,2° Brix) e citrandarin 'Índio' (9,6° Brix). Por outro lado, os frutos mais doces foram obtidos com o porta-enxerto citrandarin 'Riverside' (10,6° Brix). Vale destacar que apenas as variedades citrandarin 'Riverside', BRS Victoria e BRS 'Cunha Sobrinho' atenderam aos padrões de qualidade de 10° Brix para laranjas de mesa, conforme previsto pela legislação (BRASIL, 2018) e pelas normas do Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura (2011). Apesar disso, os valores obtidos para os demais porta-enxertos se aproximaram desses padrões, estabelecendo potencial para atender às exigências de qualidade do mercado.

No que se refere à acidez titulável (Tabela 1), verificou-se que os valores variaram entre 0,61% no limoeiro 'Cravo' (menos ácido) e 0,81% no citrandarin 'Riverside' (mais ácido). A acidez titulável das laranjas é um parâmetro importante na determinação de sua qualidade, tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria. De acordo com Rodrigues et al. (2019), laranjas maduras apresentam teor de ácido cítrico superior a 0,5% para a indústria ou acima de 0,75% para o consumo *in natura*. Carvalho et al. (2021), ao analisarem a qualidade da laranja 'Pera CNPMF D6' enxertada sobre oito porta-enxertos, observaram resultados semelhantes para acidez titulável. Os porta-enxertos limoeiro 'Cravo' (0,73%), citrandarin 'Índio' (0,73%), 'Riverside' (0,77%) e 'San Diego' (0,83%) foram considerados médios superiores, ao serem comparados aos dados encontrados no presente estudo. Além disso, Santos et al. (2021) realizaram uma avaliação da produção inicial e da qualidade dos frutos de combinações de copas e porta-enxertos de laranjeiras no Amazonas. Seus resultados apontaram acidez titulável similar, especialmente para os porta-enxertos citrandarin 'Índio' (0,56%) e citrandarin 'Riverside' (0,76%), confirmando os achados do presente estudo.

No presente estudo, os valores do *ratio* (relação SST/AAT) variaram entre 13,09 (citrandarin 'Riverside') e 16,08 (limoeiro 'Cravo') (Tabela 1). De acordo com a Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (UNECE), esse atributo não deve ser inferior a 6,5 (Lado et al., 2018). Pozzan e Triboni (2005) apontaram que sucos com valores entre 14 e 16 de *ratio* são os mais apreciados para o consumo *in natura*, enquanto para a indústria de sucos, a proporção ideal está entre 12 e 18. Entretanto, segundo Negreiros et al. (2014), o processamento industrial suporta frutos com valores de proporção variando entre 6 e 20. No Brasil, o limite mínimo permitido é 9,5 (Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2011). Com base nesses dados, todos os porta-enxertos induziram frutos dentro dos padrões determinados pela legislação e requerimentos do mercado. O *ratio* é considerado uma das características mais importantes no estudo de frutas cítricas, pois auxilia na determinação do ponto de maturação do fruto (Chitarra e Chitarra, 2005; Teodoro et al., 2020). Segundo Azevedo et al. (2017), essa métrica desempenha papel crucial para estabelecer o momento ideal para colheita e consumo. As diferenças nos valores da relação SST/AAT indicam diferenças no estágio de maturação dos frutos: frutos com menores valores têm maturação mais tardia (Stuchi et al., 2020). Os limoeiros 'Cravo', citrandarin 'San Diego' e híbrido BRS Cunha Sobrinho induziram produção de frutos com maiores valores de *ratio*, ou seja, mais precoces. Portanto, os resultados apresentados reforçam a importância do *ratio* como indicador da qualidade e do ponto de maturação, destacando-se suas aplicações tanto no consumo direto quanto na indústria.

Os frutos provenientes do porta-enxerto 'BRS Cunha Sobrinho' apresentaram coloração amarelo-esverdeada, característica evidenciada pelos valores mais elevados do parâmetro 'L*', que indicam maior luminosidade, e do atributo 'b*', que apresentou valores positivos elevados, representando a cor amarela (Tabela 2). A coloração da casca é um atributo de qualidade fundamental em citros, pois influencia diretamente a percepção e é acessível ao consumidor (Lado et al., 2018).

Tabela 2: Valores dos parâmetros colorimétricos do fruto de laranja doce 'Pera CNPMF D6' enxertada em sete porta-enxertos no município de Acajutiba, no estado da Bahia, Brasil.

PORTA-ENXERTO	L*	a*	b*	H
Limoeiro 'Cravo'	49,33±0,31 ^c	-15,87±0,44 ^a	31,10±0,10 ^d	118,05±0,11 ^b
'Sunki Tropical'	48,88±0,66 ^c	-17,19±0,07 ^c	30,47±0,37 ^d	117,49±0,27 ^c
Citrandarin 'San Diego'	46,85±0,51 ^d	-16,69±0,75 ^b	33,21±0,35 ^c	119,09±0,81 ^a
BRS Cunha Sobrinho	61,51±0,20 ^a	-16,53±0,08 ^b	52,00±0,41 ^a	107,36±0,22 ^d
BRS Victoria	48,97±0,13 ^c	-17,26±0,02 ^c	33,04±0,41 ^c	117,01±0,10 ^c
Citrandarin 'Riverside'	45,60±0,65 ^e	-16,90±0,01 ^b	29,68±0,57 ^e	119,05±0,44 ^a
Citrandarin 'Índio'	51,23±0,11 ^b	-18,74±0,06 ^d	35,77±0,11 ^b	117,98±0,11 ^b

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados estão expressos pela média ± desvio padrão. Letras minúsculas seguidas iguais na mesma coluna não apresentam diferenças ($p \leq 0,05$) entre si, de acordo com o teste de Scott-Knott. L* (luminosidade), a*(índice de saturação para vermelho/verde), b* (índice de saturação para amarelo/azul) e H (hue).

De acordo com Couto et al. (2018), as mudanças na coloração da casca dos frutos, de verde para amarelo, decorrem da degradação da clorofila e da síntese de carotenoides, que são os pigmentos responsáveis pelas manchas amarelas e laranja. Essa transição foi observada nos frutos analisados, com destaque para o ângulo hue (H), que apresentou valores acima de 90°, confirmando a predisposição dos frutos para a coloração amarela. Entre eles, aqueles colhidos a partir das árvores enxertadas no citrandarin 'Riverside' destacaram-se com a maior média nesse parâmetro.

Quanto à coordenada de cromaticidade a*, verificou-se que todas as laranjas apresentaram uma coloração esverdeada na parte externa, evidenciada pelos números negativos (Tabela 2). O citrandarin 'Índio', em particular, favoreceu valores mais negativos, indicando uma tonalidade predominantemente verde para a casca (Tabela 2).

4.3.2 Análise dos parâmetros bioquímicos e antioxidantes

O teor de ácido ascórbico (Tabela 3) apresentou variações significativas devido aos porta-enxertos entre os frutos analisados. Os maiores valores foram induzidos pelo limoeiro 'Cravo' [51,90 mg de ácido ascórbico (AA) por 100 mL de suco, seguido por citrandarin 'San Diego' (49,83 mg de AA/100 mL) e pela tangerineira 'Sunki Tropical' (47,00 mg de AA/100 mL) (Tabela 2). Em contrapartida, os porta-enxertos que favoreceram os menores teores de ácido ascórbico foram BRS Cunha Sobrinho (30,80 mg de AA/100 mL) e BRS Victoria (32,10 mg de AA/100 mL).

Tabela 3: Concentração de ácido ascórbico (AA), compostos fenólicos (CF), flavonoides totais (FLT), carotenoides totais (CT) e atividade antioxidante (ABTS) do fruto de laranja doce 'Pera CNPMF D6' enxertada em sete porta-enxertos no município de Acajutiba, no estado da Bahia, Brasil.

PORTA-ENXERTOS	AA (mg de AA/100mL)	CF (mg GAE 100mL ⁻¹)	FLT (mg QE 100mL ⁻¹)	CT (mg/mL)	ABTS (μmol Trolox/g)
Limoeiro 'Cravo'	51,90±0,8 ^a	40,50±0,2 ^d	8,23±0,2 ^d	1,38±0,13 ^b	18,89±0,63 ^a
'Sunki Tropical'	47,00±0,0 ^c	37,20±0,7 ^e	10,33±0,5 ^b	1,98±0,03 ^a	18,80±0,81 ^a
Citrandarin 'San Diego'	49,83±0,3 ^b	42,33±0,4 ^c	8,43±0,2 ^d	1,96±0,04 ^a	17,93±0,44 ^a
BRS Cunha Sobrinho	30,80±0,5 ^g	36,00±0,6 ^f	11,60±0,0 ^a	2,04±0,01 ^a	16,26±0,57 ^b
BRS Victoria	32,10±0,8 ^f	45,03±0,6 ^a	9,30±0,3 ^c	1,22±0,27 ^b	16,93±0,52 ^b
Citrandarin 'Riverside'	35,83±0,7 ^e	44,15±0,3 ^b	7,53±0,2 ^e	1,86±0,11 ^a	17,80±0,26 ^b
Citrandarin 'Índio'	44,90±0,5 ^d	25,40±0,1 ^g	9,13±0,2 ^c	1,47±0,02 ^b	18,14±0,25 ^a

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados estão expressos pela média ± desvio padrão. Letras minúsculas seguidas iguais na mesma coluna não apresentam diferenças ($p \leq 0,05$) entre si, de acordo com o teste de Scott-Knott.

Esses resultados corroboraram com os resultados apresentados por Carvalho et al. (2021), que estudaram teores de ácido ascórbico na laranja 'Pera' enxertada em diferentes porta-enxertos. Os autores obtiveram valores de 44,91 mg de AA/100 mL no citrandarin 'Riverside', 41,67 mg de AA/100 mL no citrandarin 'Índio', 43,35 mg de AA/100 mL no citrandarin 'San Diego' e 46,25 mg de AA/100 mL no limoeiro 'Cravo'. Além disso, valores semelhantes foram observados por Coelho et al. (2019) ao avaliarem frutos de laranja 'Pera', com uma média de 53,73 mg de AA/100 mL. Entretanto, Teodoro et al. (2020) encontraram resultados inferiores para a mesma variedade, apresentando uma média de 43,5 mg de AA/100 mL.

O teor da vitamina C é amplamente reconhecido como um parâmetro nutricional de grande importância, devido ao seu elevado poder antioxidante, que desempenha um papel essencial no combate e na prevenção de diversas doenças (Chitarra e Chitarra, 2005). Contudo, as variações nos teores da vitamina C podem ser atribuídas a diferentes fatores, como as distinções entre cultivares, os locais e os anos de produção, bem como o estágio de maturação dos frutos (Andrade et al., 2017).

Os porta-enxertos avaliados induziram frutos que apresentaram uma média geral de compostos fenólicos de 38,66 mg GAE/100 mL (Tabela 3). O 'BRS Victoria' destacou-se com o maior valor registrado (45,03 mg GAE/100 mL), enquanto o citrandarin 'Índio' apresentou o menor valor (25,40 mg GAE/100 mL) (Tabela 3). Os resultados evidenciam que as características genéticas e metabólicas dos porta-enxertos influenciam a concentração de compostos fenólicos. Esses metabólitos secundários vegetais possuem grande diversidade estrutural e funcional e são caracterizados pela presença de um radical hidroxila ligado a um anel benzênico, o que lhes confere caráter ácido (Fernandez et al., 2010). Sua classificação abrange desde fenóis simples e ácidos fenólicos até flavonoides e polímeros complexos, como a lignina (Chitarra e Chitarra, 2005). A concentração de compostos fenólicos varia significativamente entre folhas, sementes e frutos, além de depender do órgão, da cultivar e da espécie comprovada (Chitarra e Chitarra, 2005).

Em relação aos flavonoides totais (Tabela 3), os valores mais elevados foram observados em frutos provenientes do porta-enxerto BRS Cunha Sobrinho (11,60 mg QE/100 mL), seguido pela tangerineira 'Sunki Tropical' (10,33 mg QE/100 mL). Por outro lado, os menores valores foram registrados nos frutos do citrandarin 'Riverside' (7,53 mg QE/100 mL), do limoeiro 'Cravo' (8,23 mg QE/100 mL) e do citrandarin 'San Diego' (8,43 mg QE/100 mL). Os flavonoides, uma das classes mais relevantes de compostos fenólicos, desempenham papel essencial na defesa antioxidante das plantas e, consequentemente, possuem relevância para a saúde humana (Del Rio et al., 2013; Zou et al., 2015).

A superioridade do 'BRS Victoria' em compostos fenólicos e do 'BRS Cunha Sobrinho' em flavonoides destaca o potencial desses porta-enxertos para uso em sistemas agrícolas que valorizam a produção de alimentos com propriedades funcionais e antioxidantes. Os valores relativamente baixos observados nos frutos dos porta-enxertos citrandarin 'Índio' e 'Riverside' sugerem a necessidade de estudos adicionais para entender os fatores que limitam a biossíntese desses compostos em diferentes genótipos.

Quanto aos carotenoides (Tabela 3), não foram verificadas diferenças estatísticas significativas nos teores de carotenoides totais dos frutos provenientes dos porta-enxertos estudados. Os carotenoides são pigmentos naturais responsáveis pelas cores amarelas, alaranjadas e vermelhas em diversas frutas e vegetais, incluindo as laranjas (Tadeo et al., 2020). Esses compostos possuem propriedades antioxidantes fundamentais e desempenham um papel essencial na saúde humana, contribuindo para a síntese de vitamina A no organismo (Di Mascio et al., 1992; Liu et al., 2007; Zou et al., 2015). Durante o processo de amadurecimento das laranjas, os carotenoides são sintetizados e substituem a clorofila, responsável pela cor verde. Esse processo resulta na coloração característica dos frutos maduros, que pode variar de amarelo a laranja, dependendo da concentração desses pigmentos (Lado et al., 2018).

A atividade antioxidante de frutas cítricas, medida pelo método ABTS, revelou variações importantes entre os diferentes cultivares (Tabela 3). A atividade antioxidante geral

(ABTS) apresentou uma média de 17,82 $\mu\text{mol Trolox/g}$ (Tabela 3), com variações entre os diferentes porta-enxertos avaliados. Os menores índices foram encontrados em citrandarin 'San Diego' (15,76 $\mu\text{mol Trolox/g}$), 'BRS Cunha Sobrinho' (16,26 $\mu\text{mol Trolox/g}$) e citrandarin 'Riverside' (17,80 $\mu\text{mol Trolox/g}$), que apresentaram os menores teores de vitamina C. Esses resultados ressaltaram o papel central do ácido ascórbico na capacidade antioxidante total dos cítricos (Gardner et al., 2000; Arena et al., 2001; Caro et al., 2004; Yoo et al., 2004). Por outro lado, alguns estudos ressaltam que os compostos fenólicos são dominantes na capacidade antioxidante total dos sucos cítricos, os quais dependem de fatores como variedade, estágio de maturação e métodos de análise (Wang et al., 2007; Guihua et al., 2008). O método ABTS é amplamente utilizado devido à sua precisão em determinar a capacidade antioxidante total e baseia-se na captura de radicais livres pelo cromóforo azul-verde ABTS+ (+2,2-azino-bis (3-etilbenztiazolina-ácido 6-sulfônico), cuja perda de cor é medida em comprimentos de onda de 645, 734 e 815 nm por espectrofotometria (Boroski et al., 2015). A redução na coloração corresponde quantitativamente à concentração de antioxidantes presentes, como ácido ascórbico, compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides, que são os principais compostos responsáveis pela atividade antioxidante em frutas (Alam et al., 2013).

Dessa forma, as diferenças nos índices de atividade antioxidante observados entre os porta-enxertos analisados podem ser atribuídas a variações na composição química dos frutos, aliadas às características específicas de cada cultivar e às condições experimentais (Duzzioni et al., 2009). A identificação e quantificação desses compostos são essenciais para compreender o potencial antioxidante de frutas cítricas e seu papel na promoção da saúde humana. Os resultados foram apresentados na tabela 3 e evidenciam que os diferentes porta-enxertos exercem influência direta sobre as propriedades bioquímicas e antioxidantes dos frutos de laranja-doce 'Pera CNPMF D6'.

4.4. Conclusões

Os resultados evidenciam que os diferentes porta-enxertos exercem influência direta sobre as características físico-químicas dos frutos de laranja-doce 'Pera CNPMF D6'.

A tangerineira 'Sunki Tropical' e o citrandarin 'San Diego' mostraram-se como alternativas promissoras por apresentarem maior % de suco e características bioquímicas e antioxidantes semelhantes ou superiores quando comparados ao limoeiro 'Cravo'.

4.5. Referências Bibliográficas

- ALAM, M. N.; BRISTI, N. J.; RAFIQUZZAMAN, M. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v.21, p.143-152, 2013.
- ALFARO, J.M.; BERMEJO, A.; NAVARRO, P.; QUINONES, A.; SALVADOR, A. Effect of rootstock on citrus fruit quality: a review. **Food Rev. Int.**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1978093>.
- ALVES, E.; KUBOTA, E.H. Conteúdo de fenólicos, flavonoides totais e atividade antioxidante de amostras de própolis comerciais. **Rev Ciênc Farm Básica Apl.**, v.34, n.1, p.37-41, 2013.
- AMORIM, M.S.; GIRARDI, E. A.; FRANÇA, N. de O.; GESTEIRA, A.S.; SOARES FILHO, W. dos S.; PASSOS, O. S. Initial performance of alternative citrus scion and rootstock combinations on the northern coast of the state of Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.40, n.4, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452018480>.

ANDRADE, J. K. S.; DENADAI, M.; DE OLIVEIRA, C. S.; NUNES, M. L.; NARAIN, N. Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity of brown, green and red propolis from Brazilian northeast region. **Food Research International**, v.101, p.129–138, 2017.

AOAC – American Official Analysis of Chemistry. Official methods of analysis of AOAC International (vol. II). Gaithersburg: **AOAC International**, 1995.

APPELHANS, M. S.; BAYLY, M. J.; HESLEWOOD, M. M.; GROPPA, M.; VERBOOM, G. A.; FORSTER, P. I.; KALLUNKI, J. A.; DURETTO, M. F. A new subfamily classification of the Citrus family (Rutaceae) based on six nuclear and plastid markers. **Taxon**, v.70, n.5, p.1035–1061, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/tax.12543>.

AULER, P.A.M.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M.A.; NEVES, C.S.V.J. Produção de laranja 'Pera' em sistemas de preparo do solo e manejo nas entrelinhas. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, v.32, p.363–374, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100034>.

ARENA, E.; FALLICO, B.; MACARRONE, E. Evaluation of antioxidant capacity of blood orange juices as influenced by constituents, concentration process and storage. **Food Chem**, v.74, p.423-427, 2001.

AYALA-SILVA, T.; SCHNELL, R. J.; MEEROW, A. W.; WINTERSTEIN, M.; CERVANTES, C.; BROWN, J. S. Determination of color and fruit traits of half-sib families of mango (*Mangifera indica* L.). **Florida State Horticultural Society**, v. 118, p. 253-257, 2005.

AZEVEDO, F. A.; SCHINOR, E. H.; CONCEIÇÃO, P. M.; PACHECO, C.A.; NEGRI, J. D.; CRISTOFANI-YALY, M. Physicochemical quality of early-maturing 'Navel' sweet oranges. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, pp.35-45, 2017.

BASSANEZI, R.B.; MONTESINO, L.H.; SANCHES, A.L.; SPOSITO, M.B.; STUCHI, E.S.; BARBOSA, J.C. Effect of citrus sudden death on yield and quality of sweet orange cultivars in Brazil. **Plant Dis.**, v.91, p.1407–1412, 2007.

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

BARRY, G.H.; CARUSO, M.; GMITTER, F.G.; GMITTER, F.G. Commercial scion varieties. In: TALON, M.; CARUSO, M. (Eds.). **The Genus Citrus**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2020. pp.83–104. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00005-X>.

BOROSKI, M.; VISENTAINER, J. V.; COTTICA, S. M.; MORAIS, D. R. M. **Antioxidantes princípios e métodos analíticos**. Curitiba: Appris, 2015. p. 141.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Parâmetros analíticos e quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade de suco de fruta**. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018.

CARO, A.D.; PIGA, A.; VACCA, V.; AGABBIO, M. Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. **Food Chem**, v.84, n.1, p.99-105, 2004.

CARVALHO, H. W. L.; CARVALHO, L. M.; DE BARROS, I.; TEODORO, A. V.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; FILHO, W.S.S. Productive performance of 'Pera' sweet orange grafted onto 37 rootstocks in tropical cohesive soils under rainfed condition. **Scientia Horticulturae**, v.303, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111229>.

CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, L. M. de; TEODORO, A. V.; DE BARROS, I.; GIRARDI, E. A.; FILHO, W. D. S. S.; PASSOS, O. S. Yield, fruit quality, and survival of 'Pera' sweet orange on eight rootstocks in tropical cohesive soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.56, p.1–9, 2021.

CARVALHO, H. W. L.; TEODORO, A. V.; BARROS, I.; CARVALHO, L. M.; SOARES, W.S.F.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; PINTO-ZEVALLOS, D. M. Rootstock-related improved performance of 'Pera' sweet orange under rainfed conditions of Northeast Brazil. **Scientia Horticulturae**, v.263, 2020. Disponível em: [10.1016/j.scienta.2019.109148](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109148).

CARVALHO, S.A.D.; GIRARDI, E.A.; MOURAO FILHO, F.D.A.A.; FERRAREZI, R.S.; COLETTA FILHO, H.D. Advances in citrus propagation in Brazil. **Rev. Bras. Frutic.**, v.41, e–422, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452019422>.

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

COELHO, B.E.S.; DUARTE, V.M.; SILVA, L.F.M.; SOUSA, K.S.M.; FIGUEIREDO NETO, A. Atributos físico-químicos de frutos de laranja 'Pêra' produzidos sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Chapecó, v.5, n.1, p.128-37, 2019.

CRASQUE, J.; NETO, B. C.; SOUZA, G. A. R. de; COSTA, R. J.; ARANTES, L. de O.; ARANTES, S. D.; ALVES, F. de L. Características físico-químicas de frutos de laranja em diferentes porta-enxertos. **International Journal of Development Research**, v.10, n.8, p.37258–37266, 2020.

COUTO, C.A.; SOUZA, C.R.B.; MORGADO, C.M.A.; OGATA, T.; CUNHA, L.C. *Citrus sinensis* cultivars: alternatives for diversification of Brazilian orchards. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.40, p.1–9, 2018.

DANIELI, F.; COSTA, L. R. L. G.; SILVA, L. C. .Determinação de vitamina c em amostras de suco de laranja in natura e amostras comerciais de suco de laranja pasteurizados e envasado em embalagem Tetra Park. **Revista do Instituto de Ciências da Saúde**, v.27, pp.361-365, 2009.

DEL RIO, D.; RODRIGUEZ-MATEOS, A.; SPENCER, J.P.E.; TOGNOLINI, M.; BORGES, G.; CROZIER, A. Dietary (poly)phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. **Antioxid Redox Signal**, v.18, p.1818–1892, 2013.

DI MASCIO, P.; SUNDQUIST, A.R.; DEVASAGAYAM, T.P.A.; SIES, H. Assay of

lycopene and other carotenoids as singlet oxygen quenchers. **Methods Enzymol.**, v.213, p.429–438, 1992.

DOMINGUES, A.R.; MARCOLINI, C.D.M.; GONÇALVES, C.H.D.S.; RESENDE, J.T.V.D.; ROBERTO, S. R.; CARLOS, E.F. Rootstocks genotypes impact on tree development and industrial properties of ‘Valencia’ sweet orange juice. **Horticulturae**, v.7, p.141, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7060141>.

DUZZIONI, A. G; FRANCO, A. G.; SYLOS, C. M. Radical scavenging activity of orange and tangerine varieties cultivated in Brazil. **Intern Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.60, p.107-115, 2009.

FERNANDEZ, H. E.; ROMERO, M. G.; PANCORBO, A. C.; GUTIERREZ, A. F. Application and potential of capillary electrophoresis methods to determine antioxidant phenolic compounds from plant food material. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v.53, n.5, p.1130-1160, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109–112, 2014.

GARDENER, P. T.; WHITE, T. A. C.; McPHAIL, D. B.; DUTHIE, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chem.**, v.68, p.471-474, 2000.

GUIHUA, X.; DONGHONG, L.; JIANCHU, C.; XINGQIAN, Y.; YAQIN, M.; JOHN, S. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. **Food Chem**, v.106, p.545-551, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática-SIDRA. **Produção Agrícola Municipal** (2023). Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2023_v50_br_informativo.pdf. Acesso em: 18 nov. 2024.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2025.

LADO, J.; GAMBETTA, G.; ZACARIAS, L. Key determinants of citrus fruit quality: Metabolites and main changes during maturation. **Scientia Horticulturae**, v.233, n.January, p.238–248, 2018.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods of Enzymology**, v.148, p.350-382, 1987.

LIU, Q.; XU, J.; LIU, Y.; ZHAO, X.; DENG, X.; GUO, L.; GU, J. A novel bud mutation that confers abnormal patterns of lycopene accumulation in sweet orange fruit (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **J. Exp. Bot.**, v.58, p.4161–4171, 2007.

MARTINS, C.R.; CARVALHO, H.W.; TEODORO, A.V.; SOARES FILHO, W.S.; PASSOS, O.S. Desempenho agrônômico de cultivares de copas de citros enxertadas em limão Cravo no nordeste do Brasil. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.1, p.16–23, 2016.

NEGREIROS, J. R. da S.; ANDRADE NETO, R. de C.; MIQUELONI, D. P.; LESSA, L. S. Estimativa de repetibilidade para caracteres de qualidade de frutos de laranja-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, pp.40-48, 2014.

NENADIS, N.; WANG, L.F.; TSIMIDOU, M.; ZHANG, H.Y. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS(*+) assay. **J Agric Food Chem.**, v.52, n.15, p.4669-74, Jul, 2004.

PETRY, H. B.; REIS, B.; SILVA, R. R.; GONZATTO, M. P.; SCHWARZ, S. F. Porta-enxertos influencia o desempenho produtivo de laranjeiras-de-umbigo submetidas a poda drástica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.45, p.449-455, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4537005>.

POZZAN, M.; TRIBONI, H.R. Colheita e qualidade do fruto. In: MATTOS JUNIOR, D.; De NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Eds.). **Citros**. Campinas: FUNDAG e IAC, 2005. cap. 26, pp. 801–822.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de classificação de citros de mesa**. São Paulo: CEAGESP, 2011. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/citros.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2024.

REHMAN, S. U.; ABBASI, K. S.; QAYYUM, A.; JAHANGIR, M.; SOHAIL, A.; NISA, S.; TAREEN, M. N.; TAREEN, M. J.; SOPADE, P. Comparative analysis of citrus fruits for nutraceutical properties. **Food Science and Technology**, cap. 40, p.153–157, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/fst.07519>.

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 ‘Pera’ Orange grafted onto nine rootstocks under the conditions of Rio Branco, Acre, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.14, n.4, p.1-8, 2019.

SANTOS, J. C.; AZEVEDO, C. L. L.; de CARVALHO, J. E. B.; de OLIVEIRA, S. P.; FERREIRA, A. de S.; DA SILVA, J. F. Initial production and fruit quality of scion-rootstock combinations in orange trees in Amazonas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.43, n.3, p.1–11, 2021.

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods Enzymology**, v.299, p.152 - 178, 1999.

STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; SILVA, S. R.; SEMPIONATO, O. R.; PAROLIN, L. G.; MÜLLER, G. W.; DONADIO, L. C. Desempenho de clones pré-imunizados de laranjeiras Valência e Natal no Norte do Estado de São Paulo. **Citrus Research & Technology**, v.41, p.1–10, 2020.

TADEO, F.R.; TEROL, J.; RODRIGO, M.J.; LICCIARDELLO, C.; SADKA, A. Fruit growth and development. In The Genus Citrus; Woodhead Publishing: **Cambridge**, UK, p.495–508, 2020.

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.; PASSOS, O. S. Performance of 'Jaffa'sweet orange on different rootstocks for orchards in the Brazilian Northeast. **Pesquisa Agropecuária**, 2020.

WANG, Y. C.; CHUANG, Y. C.; KU, Y. H. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. **Food Chem.**, v.102, p.1163-1171, 2007.

YOO, K.M.; LEE, K.W.; PARK, J.B.; LEE, H.J.; HWANG, I.K. Variation in major antioxidants and total antioxidants activity of yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) during maturation and between cultivars. **J Agric Food Chem**, v.52, p.5907-5913, 2004.

ZOU, Z.; XI, W.; HU, Y.; NIE, C.; ZHOU, Z. Antioxidant activity of Citrus fruits. **Food Chem.**, v.196, p.885–896, 2015.

5. ARTIGO 2

INFLUÊNCIA DO ÁCIDO 2-CLOROETILFOSFÔNICO (*Ethephon*), NO DESVERDECIMENTO DA LARANJA 'PERA CNPMF D6'

RESUMO

As frutas cítricas cultivadas em regiões tropicais frequentemente apresentam a casca verde, mesmo quando maduras fisiologicamente. Esse fator pode comprometer sua aceitação no mercado internacional. Dessa forma, a aplicação de técnicas pós-colheita para uniformizar a coloração torna-se essencial. O desverdecimento, realizado por meio da exposição ao etileno ou a substâncias precursoras, é uma solução eficaz para corrigir esse problema sem comprometer a qualidade interna dos frutos. O presente estudo teve como objetivo determinar a concentração, o tempo de imersão e o ambiente (claro e escuro) mais adequados para a utilização do *ethephon* de forma a promover o desverdecimento de laranja 'Pera CNPMF D6'. Para isso, laranjas foram submetidas à imersão em solução aquosa de *ethephon* em três concentrações: 0 mg L⁻¹ (controle), 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹. Os frutos também foram tratados com *ethephon* a 500 ppm, com tempo de imersão de três e cinco minutos, e armazenados sob a luz ou mantidos no escuro. Após os tratamentos, os frutos foram armazenados por 10 dias a 25 ± 0,5°C, com umidade relativa em torno de 80%. Foram avaliados a coloração da casca, o índice de coloração, as concentrações de clorofila A, B e carotenoides, além da perda de massa, conteúdo de suco (%), teor de sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio*. O tratamento de laranjas na concentração de 500 mg L⁻¹ foi suficiente para promover o desverdecimento das laranjas após seis dias de armazenamento, sem comprometer sua qualidade interna; verificou-se, também, que o tempo de imersão de três minutos em ambiente claro foi suficiente para garantir o desverdecimento eficiente dos frutos. Dessa forma, a aplicação de *ethephon* na concentração de 500 ppm, por três minutos, é uma estratégia eficaz para o desverdecimento da laranja 'Pera CNPMF D6', tornando-a mais atrativa comercialmente sem comprometer sua qualidade interna.

Palavras-chave: *Citrus*, pós-colheita, comercialização, maturação, pigmentação.

ABSTRACT

Citrus fruits grown in tropical regions often retain a green peel even when physiologically mature. This factor can affect their acceptance in the international market. Therefore, the application of post-harvest techniques to standardize coloration becomes essential. Degreening, achieved through exposure to ethylene or its precursor substances, is an effective solution to correct this issue without compromising the internal quality of the fruit. This study aimed to determine the most suitable concentration, immersion time, and environment (light or dark) for using *ethephon* to promote the degreening of 'Pera CNPMF D6' oranges. To achieve this, oranges were immersed in an aqueous *ethephon* solution at three concentrations: 0 mg L⁻¹ (control), 500 mg L⁻¹, and 1000 mg L⁻¹. Additionally, fruits were treated with 500 ppm *ethephon*, with immersion times of 3 and 5 minutes, and stored under light or in darkness. After the treatments, the fruits were stored for 10 days at 25 ± 0.5°C, with a relative humidity of approximately 80%. The following parameters were evaluated: peel color, color index, chlorophyll A and B concentrations, carotenoids, mass loss, juice content (%), soluble solids content, titratable acidity, and ratio. The treatment with 500 mg L⁻¹ *ethephon* was sufficient to promote orange degreening after six days of storage without compromising internal quality. It was also observed that an immersion time of 3 minutes in a light environment was enough to ensure effective degreening of the fruit. Thus, the application of 500 ppm *ethephon* for 3 minutes is an effective strategy for degreening 'Pera CNPMF D6' oranges, making them more commercially attractive without compromising their internal quality.

Keywords: *Citrus*, post-harvest, commercialization, ripening, pigmentation.

5.1. Introdução

O Brasil, líder na produção de laranjas, ocupa a segunda posição entre os maiores produtores de frutas cítricas do mundo (USDA, 2022; Vidal, 2022). Esse sucesso está diretamente ligado às características nutricionais e fitoquímicas da fruta, além de seu sabor e aroma únicos, tornando-a uma matéria-prima essencial para a indústria alimentícia (Sales et al., 2016). A laranja pode ser amplamente utilizada na produção de sucos, concentrados e polpas, o que reforça sua importância econômica e comercial (Ferrarezi et al., 2010).

Na região Nordeste do Brasil, a produção de laranjas se concentra nos estados da Bahia e Sergipe, que abastecem todo o mercado nordestino. Em Sergipe, os produtores destinam sua produção a intermediários, pequenas empresas beneficiadoras e à indústria de suco (Martins et al., 2014; Vidal, 2022). No entanto, grande parte dessas laranjas apresenta casca verde, mesmo quando maduras internamente, fator que compromete sua aceitação no mercado externo, visto que os consumidores associam a coloração verde à imaturidade do fruto (Jomori et al., 2014; Martins et al., 2015; Morales et al., 2020; Vidal, 2022). Esse fenômeno ocorre devido à independência entre o epicarpo e o mesocarpo das laranjas, que, apesar de fazerem parte do mesmo órgão, amadurecem de maneiras distintas (Wills e Golding, 2015). Para atingir a coloração alaranjada característica, são necessárias temperaturas quentes durante o dia e frias durante a noite, condição que nem sempre é encontrada em regiões de clima tropical (Jomori et al., 2016).

A coloração da casca é um fator determinante para a comercialização de frutas cítricas, pois os consumidores frequentemente utilizam esse critério para avaliar a maturação e a qualidade do produto. Estudos conduzidos por Pacheco et al. (2014) com frutos híbridos entre tangoreiro Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck) e laranjeira Pera (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) demonstraram que a coloração da epiderme foi o principal atributo considerado pelos consumidores no momento da compra. Essa percepção reforça a necessidade de buscar alternativas para melhorar a coloração das laranjas destinadas ao mercado *in natura* (Alós et al., 2006).

Além da temperatura, outro fator que interfere na coloração das laranjas é o fato de serem frutos não climatéricos, ou seja, não apresentam produção autocatalítica de etileno e, consequentemente, não amadurecem após a colheita (Costa et al., 2011; Wills e Golding, 2015). Para corrigir esse problema, um dos principais tratamentos pós-colheita aplicados é o desverdecimento (degreening), que consiste na exposição das frutas ao etileno exógeno ou às substâncias precursoras, as quais aceleram a degradação da clorofila e promovem a síntese de carotenoides, sem afetar a qualidade interna do fruto (Rodrigo e Zacarias, 2007; Yuan et al., 2017; Zhang e Zhou, 2019).

Estudos realizados por Caetano et al. (2021) demonstraram que laranjas das variedades 'Salustiana' e 'Lima Sorocaba' tratadas com *ethephon* atingiram a coloração desejada após 6 e 7 dias de tratamento, respectivamente, melhorando sua aparência externa sem comprometer a qualidade interna. Da mesma forma, Morales et al. (2020), ao avaliarem a qualidade sensorial de laranjas 'Navelina' submetidas ao desverdecimento com etileno, verificaram que não houve diferenças significativas nos parâmetros analisados entre frutos tratados e não tratados. Além disso, foi observado que o tratamento influenciou positivamente as expectativas dos consumidores quanto à maturidade do fruto, aumentando a aceitação e a intenção de compra.

No que se refere à segurança alimentar, a pesquisa conduzida por Arzam et al. (2021) revelou que os resíduos de *ethephon* na casca de laranjas 'Selayar' não excederam os limites estabelecidos pelos padrões internacionais de segurança alimentar (Codex), demonstrando que o tratamento não representa riscos à saúde humana. Dessa forma, a aplicação de *ethephon* como estratégia para alterar a coloração da casca das laranjas se apresenta como uma alternativa viável para impulsionar o mercado citrícola do estado de Sergipe, especialmente no que se refere à comercialização no mercado externo.

Assim, este estudo teve como principal objetivo determinar a concentração, o tempo de imersão e o ambiente mais adequado para uso do *ethephon* para promoção do desverdecimento da laranja 'Pera CNPMF'.

5.2. Material e Métodos

5.2.1. Matéria prima e tratamentos

Para o presente estudo, foram utilizadas laranjas da variedade 'Pera CNPMF D6' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) no estágio de maturação comercial com Brix médio de 10 e *ratio* 9,5 (Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2011), adquiridas na Central Estadual de Abastecimento (CEASA) localizada no município de Aracaju (SE), com coloração do epicarpo totalmente verde e encaminhados ao Laboratório de Frutas e Hortaliças (LABFRUITH) localizado na Universidade Federal de Sergipe. As laranjas foram selecionadas visualmente e sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio (200 mg L⁻¹ de cloro ativo) durante três minutos. A seleção dos frutos foi baseada no tamanho, coloração uniforme do epicarpo e ausência de danos de campo para homogeneizar as amostras.

Os tratamentos foram compostos pela aplicação de ácido 2-cloroetilfosfônico, disponível comercialmente como Ethrel 240® da Bayer, em três concentrações: 0 mg L⁻¹ (controle), 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹), com três repetições e três frutos por unidade experimental. O tempo de imersão inicialmente utilizado foi de três minutos (Caetano et al., 2021). Após o tratamento, as laranjas foram acondicionadas em bandejas de polipropileno e armazenadas a uma temperatura de 25 ± 0,5°C, com umidade relativa do ar acima de 80% por 10 dias. Após a determinação da concentração de *ethephon* a ser utilizada, os frutos foram tratados com uma concentração de 500 mg L⁻¹, com tempo de imersão de três e cinco minutos, e mantidos em ambiente iluminado ou escuro. Os frutos mantidos no ambiente iluminado foram armazenados em bandejas de polipropileno sob temperatura controlada de 25 ± 0,5°C e umidade relativa do ar em torno de 80%. Para os frutos mantidos no ambiente escuro, esses foram acondicionados em caixas térmicas de EPS (isopor), completamente vedadas, e mantidos nessas

condições por um período de 10 dias. As análises físicas e químicas e coloração foram realizadas a cada 2 dias.

5.2.2. Análises físico-químicas

A porcentagem de suco foi calculada pela fórmula: $CS\% = (PS / PF) \times 100$, onde PS = peso de suco (g) e PF = peso dos frutos (g), de acordo com Crasque et al. (2020). O pH foi determinado segundo o método n°017/IV do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), medido em potenciômetro da marca DEL LAB, previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4,0 e 7,0. O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e a acidez titulável (expressa em % de ácido cítrico) das amostras foram realizados de acordo com os métodos da *American of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1995) e o *ratio* foi calculado pela relação de sólidos solúveis por acidez total titulável (SST/ATT) (IAL, 2008).

A determinação da cor foi realizada na zona equatorial da fruta, com um colorímetro portátil digital da marca Minolta CR-400. A avaliação foi realizada diretamente sobre a superfície da fruta, pela escala Hunter (CIELAB), tomando-se como base os valores de a^* , que indica cromaticidade no eixo da cor verde (-) para a vermelha (+); b^* , que indica cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+); C^* , que indica a saturação; e h^* , que se refere ao ângulo da cor, considera-se que um ângulo de 0° corresponde à cor vermelha, enquanto um ângulo de 90° representa a cor amarela (Ayala-Silva et al., 2005).

O índice de cor da casca (ICC) foi calculado por meio da equação $ICC = 1000 \times a / (L \times b)$ (Jimenez-Cuesta et al., 1981). Quanto mais negativo o ICC, mais esverdeada a cor dos frutos; já quanto mais positivo, mais alaranjado. As clorofilas A e B e os carotenoides foram extraídos com metanol, pesando-se aproximadamente 1,25 g da casca da amostra com 0,2 g de carbonato de cálcio, em seguida foi acrescentando aproximadamente 10 mL de metanol e triturado até que fosse extraído o pigmento da casca. Em seguida, a mistura foi filtrada em um ambiente sem iluminação para um balão de 10 mL, sendo completado até o menisco com metanol. A leitura foi realizada em um espectrofotômetro a 663,2 nm (clorofila a), 646,8 nm (clorofila b) e 470 nm e o teor de carotenoides foi expresso em mg/mL, calculado por meio da fórmula de Lichtenthaler (1987).

$$\text{Carotenoides} = [1000 \times A_{470} - (1,82 \times Ca - 104,96 \times Cb)] / 198$$

$$\text{Clorofila a (Ca)} = 12,25 \times A_{663,2} - 2,79 \times A_{646,8}$$

$$\text{Clorofila b (Cb)} = 21,50 \times A_{646,8} - 5,10 \times A_{663,2}$$

5.2.3. Delineamento experimental

Para o estudo da concentração do *ethephon*, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (3×6), sendo 6 dias de análises e três concentrações de ácido 2-cloroetilfosfônico (0 mg L^{-1} , 500 mg L^{-1} e 1000 mg L^{-1}), com três repetições e três frutos por unidade experimental. Para o estudo de tempo e ambientes claro e escuro, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial ($2 \times 2 \times 6$), contando com três repetições e um total de três frutos por unidade experimental. Para o acondicionamento dos frutos, foram utilizadas bandejas de polipropileno. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com comparação de médias por teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software SISVAR 5.6 (Ferreira, 2014).

5.3. Resultados e Discussão

5.3.1. Concentração de *ethephon* para o desverdecimento da laranja 'Pera CNPMF D6'

A partir do segundo dia de armazenamento, verificou-se que as laranjas tratadas com 500 mg L^{-1} e 1000 mg L^{-1} de *ethephon* apresentaram diferenças estatísticas na coloração entre si ($p \leq 0,05$) em relação ao tratamento controle, evidenciando a ação do *ethephon* sobre os pigmentos da casca e a consequente alteração da cor (Figura 1). Durante os dez dias de armazenamento, os tratamentos com 500 mg L^{-1} e 1000 mg L^{-1} continuaram apresentando

aumento nos valores de cromaticidade a^* que atingiram o maior valor no oitavo dia. No entanto, não foi observada diferença estatística significativa entre esses dois tratamentos (Figura 1). A aplicação de *ethephon* desempenhou um papel fundamental na alteração da coloração da casca dos frutos e promoveu a transição do verde para o amarelo. Esse fenômeno é explicado por Jomori et al. (2016), que destacaram a influência do etileno sobre a degradação da clorofila presente na casca dos frutos dos citros, processo conhecido como desverdecimento. Esse efeito não ocorre isoladamente, porque é interferido por diferentes fatores ambientais, como a temperatura e o tempo de armazenamento, os quais podem acelerar ou retardar as transformações na coloração dos frutos (Caetano et al., 2021).

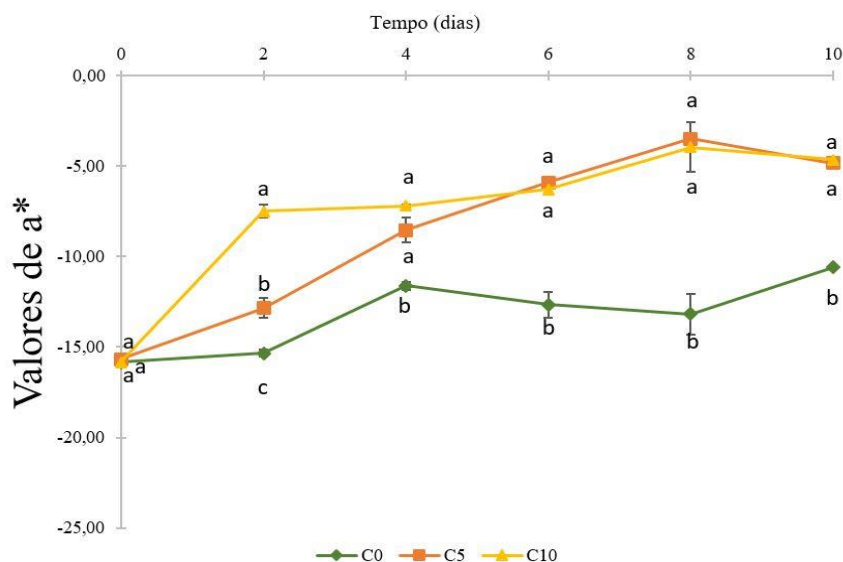


Figura 1. Cromaticidade a^* em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com *ethephon* (0 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹) armazenados durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.

Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C0: Controle (laranjas sem aplicação de *ethephon*); C5: aplicação de 500mg L⁻¹ de *ethephon*; C10: aplicação de 1000 mg L⁻¹ de *ethephon*.

Quanto à cromaticidade b^* , todos os frutos apresentaram coloração amarelada a partir do segundo dia de armazenamento, todavia os tratamentos com 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹ apresentaram valores superiores ao tratamento controle (Figura 2). Com destaque no quarto dia, no qual ocorreu aumento significativo para os tratamentos com 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹, permanecendo estável até o décimo dia.

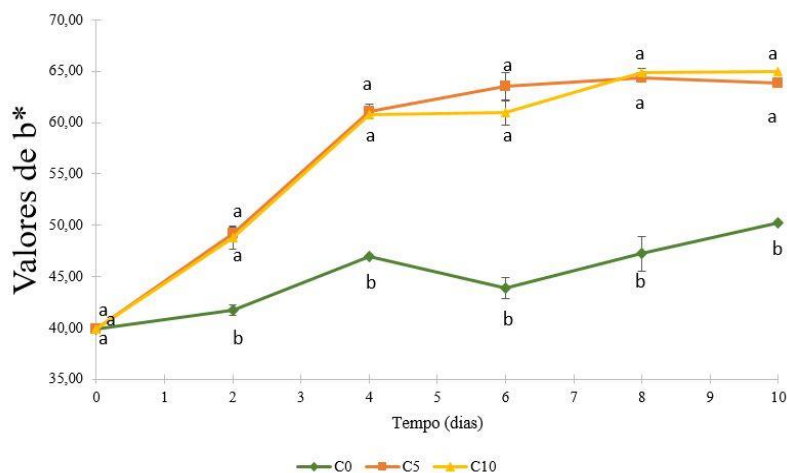


Figura 2. Parâmetro b^* em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com *ethephon* (0 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹) armazenados durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.

Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C0: Controle (laranjas sem aplicação de *ethephon*); C5: aplicação de 500mg L⁻¹ de *ethephon*; C10: aplicação de 1000 mg L⁻¹ de *ethephon*.

Inicialmente, as laranjas apresentaram valores de h° próximos a 112°, que indicam uma tendência para a coloração amarela (Figura 3). Durante o segundo e o quarto dia de armazenamento, verificou-se uma leve redução dos valores de h° em todos os tratamentos; essa redução foi mais acentuada no tratamento com 1000 mg L⁻¹, no qual foram obtidas as menores médias (Figura 3). Entre o sexto e o décimo dia, ocorreu uma pequena variação entre os tratamentos com 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹, porém, ao final desse período, não foi constatada diferença estatística significativa entre os tratamentos (Figura 3). O tratamento controle manteve valores acima de 100° ao longo do armazenamento (Figura 3).

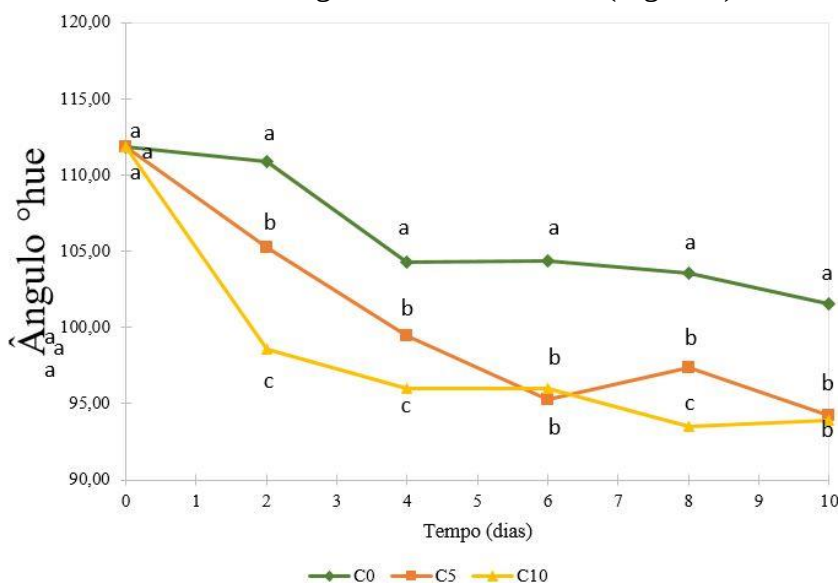


Figura 3. Coloração (ângulo Hue) em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com *ethephon* (0 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹) armazenados durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.

Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C0: Controle (laranjas sem aplicação de *ethephon*); C5: aplicação de 500mg L⁻¹ de *ethephon*; C10: aplicação de 1000 mg L⁻¹ de *ethephon*.

A análise da coloração da casca das laranjas (Figura 4) mostrou que, a partir do segundo dia de armazenamento, os tratamentos com 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹ apresentaram regiões amareladas em comparação ao controle. Isso sugere uma rápida interação do *ethephon* com os pigmentos da casca, promovendo a mudança de cor.

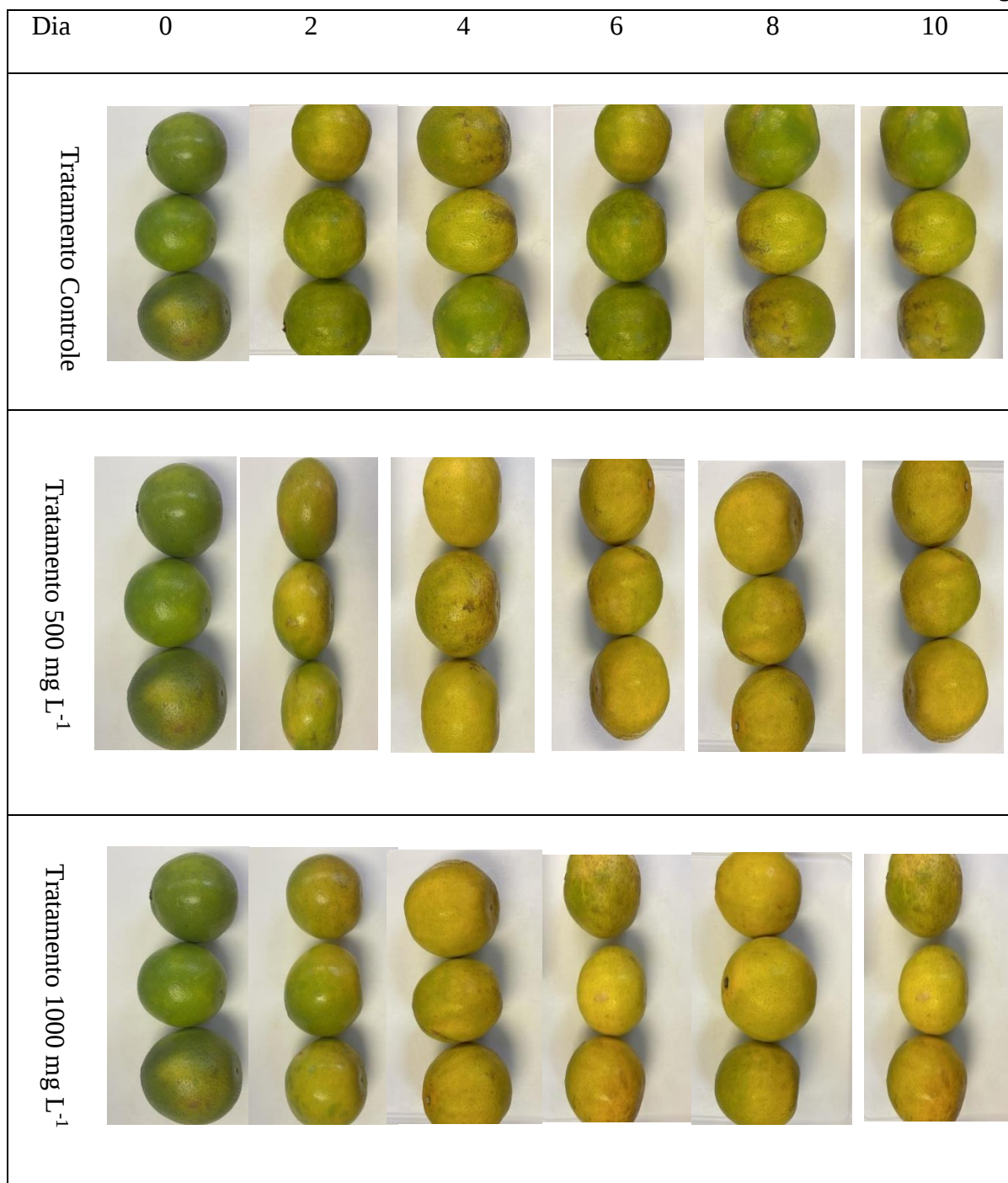


Figura 4. Influência visual dos tratamentos com ethephon (0 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹) na coloração da casca de laranja 'Pera CNPMF D6' armazenada durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.

O índice de coloração da casca (ICC) das laranjas (Figura 5) aumentou para todos os tratamentos ao longo dos dez dias de armazenamento. Verificou-se aumento significativo ($p \leq 0,05$) para os tratamentos de 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹ em relação ao controle, a partir do segundo dia de armazenamento (Figura 5). Esse resultado indica que os tratamentos com *ethephon* aceleram a mudança da coloração da casca das laranjas, assim como observado nas Figuras 2 e 3. O aumento no ICC das laranjas para os tratamentos com aplicação de *ethephon* nos primeiros dias de armazenamento está diretamente associado à redução das concentrações de clorofila a e b e da manutenção dos carotenoides (Figura 6). Os teores de carotenoides totais não variaram durante o período de armazenamento e entre os tratamentos (Figura 6). Esse resultado indica que as concentrações de clorofila A e B presentes na casca das laranjas inicialmente mascaram a coloração real da fruta, mantendo-se verde. Os resultados obtidos confirmam os relatados por Jomori et al. (2014, 2016), em que a aplicação de *ethephon* em tangor 'Murcott' e laranja Valência aumentou o ICC dessas frutas, devido à degradação enzimática da clorofila a e b na casca desses frutos por meio do aumento da atividade da clorofilase.

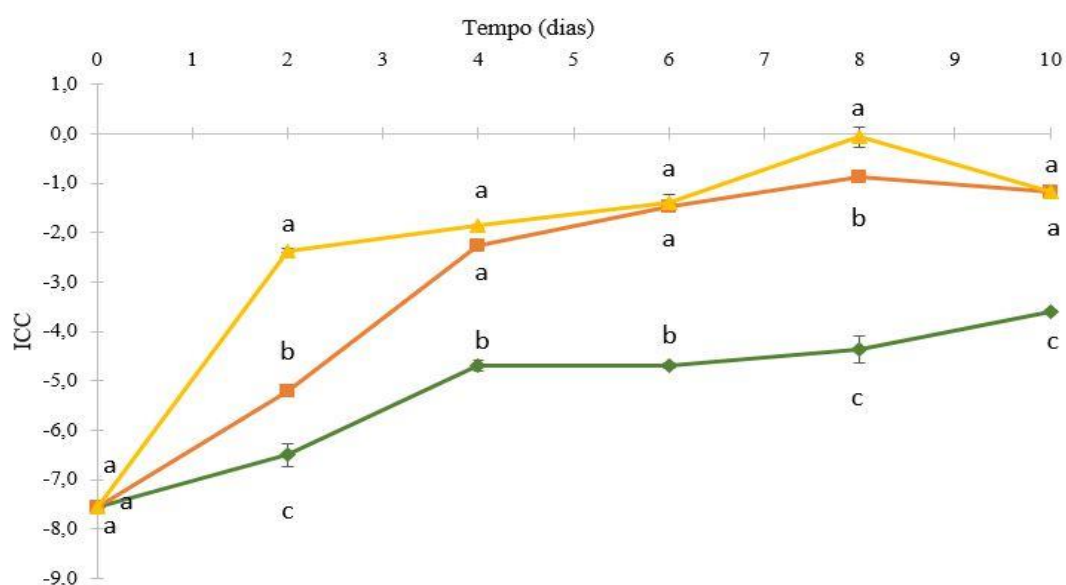


Figura 5. Índice de coloração da casca (ICC) em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com *ethephon* (0 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹) armazenados durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%. Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C0: Controle (laranjas sem aplicação de *ethephon*); C5: aplicação de 500mg L⁻¹ de *ethephon*; C10: aplicação de 1000 mg L⁻¹ de *ethephon*.

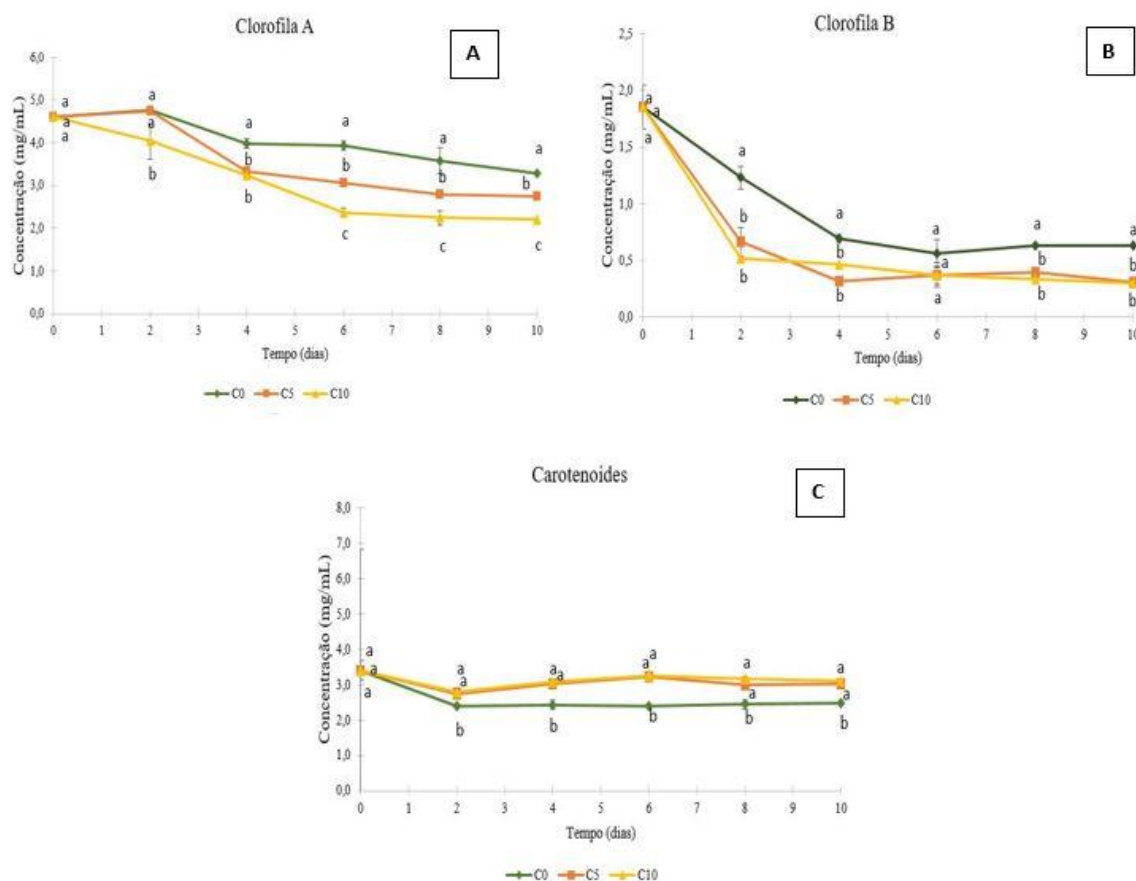


Figura 6. Concentração de clorofila A (A), clorofila B (B) e carotenoides totais (C) em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com *ethephon* (0 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹) armazenados durante 8 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.

Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C0: Controle (laranjas sem aplicação de *ethephon*); C5: aplicação de 500mg L⁻¹ de *ethephon*; C10: aplicação de 1000 mg L⁻¹ de *ethephon*.

A partir do quarto dia de armazenamento, o aumento do ICC das laranjas ocorreu de forma gradual para os tratamentos com aplicação de *ethephon*, devido à desaceleração da quebra das clorofilas a e b e ao aumento da síntese de carotenoides. No último dia de armazenamento, os valores do ICC se aproximaram de zero, indicando que a coloração da casca estava amarelada. O índice de coloração da casca também foi avaliado para laranjas Salustiana e Lima Sorocaba, ambas armazenadas a $21 \pm 0,5$ °C e UR acima de 80%, e para o limão Eureka (*Citrus limon* (L.) Burm. f.) armazenado a 20 ± 1 °C, UR 85%, submetidos ao desverdecimento com *ethephon* (Caetano et al., 2021; Zhang e Zhou, 2019). Os autores atribuíram o aumento do ICC à quebra da clorofila presente na casca desses frutos, dando suporte aos resultados obtidos no presente estudo.

Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos de 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹ para a degradação das clorofilas a e b e a síntese de carotenoides analisados. A análise de cor, juntamente com o ICC, aponta que, a partir do quarto dia de armazenamento, sob as condições aplicadas, os tratamentos com *ethephon* melhoraram a qualidade visual das frutas (Figuras 4, 5 e 6).

As concentrações das clorofilas a e b foram reduzidas ao longo dos dez dias de armazenamento, com diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos de 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹ em relação ao controle a partir do segundo dia. No quarto dia, a redução dessas concentrações tornou-se mais gradual, demonstrando maior eficiência dos tratamentos com

ethephon nos primeiros dias de análise (Figura 6). Quanto à concentração de carotenoides totais, não houve influência nos primeiros dias de armazenamento, mas a partir do quarto dia observou-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos de 500 mg L^{-1} e 1000 mg L^{-1} em relação ao controle, provavelmente porque o *ethephon* estimulou a síntese de carotenoides ao longo dos dez dias de análises (Figura 5).

Verificou-se que a perda de massa dos frutos aumentou para todos os tratamentos ao longo do armazenamento, atingindo aproximadamente 13% no décimo dia (Figura 7). Não foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos (Figura 7). Essa perda ocorre devido à respiração e à transpiração da casca, induzidas pelo déficit de pressão de vapor (DPV), conforme relatado por Du et al. (2020). Machado et al. (2015) e Pereira et al. (2016) também verificaram que a perda de massa em laranjas Lane Late e Valencia Delta não é afetada pelo *ethephon*, mas pode variar com as condições de armazenamento.

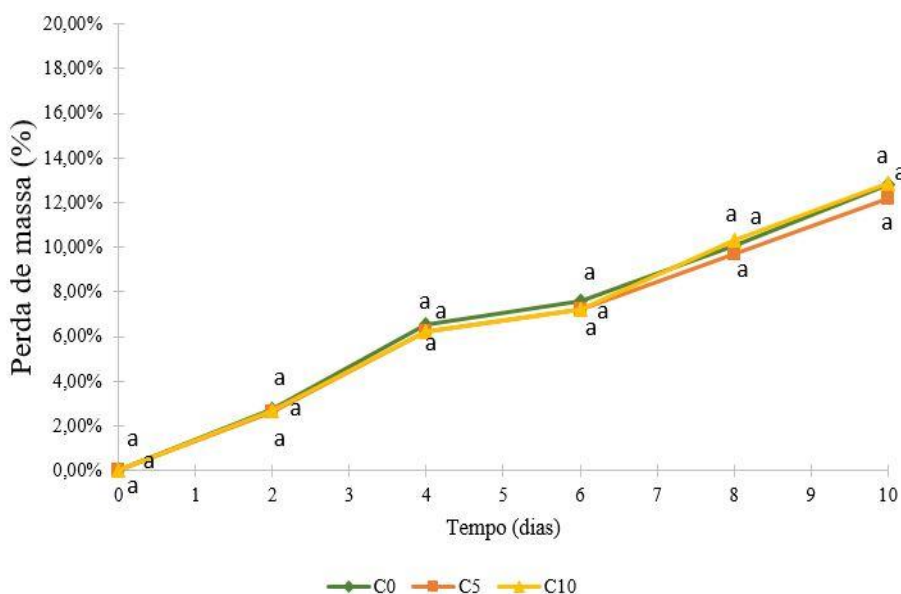


Figura 7. Perda de massa fresca em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com *ethephon* (0 mg L^{-1} , 500 mg L^{-1} e 1000 mg L^{-1}) armazenados durante 10 dias a 25°C e umidade relativa acima de 80%.

Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C0: Controle (laranjas sem aplicação de *ethephon*); C5: aplicação de 500 mg L^{-1} de *ethephon*; C10: aplicação de 1000 mg L^{-1} de *ethephon*.

Quanto às análises físico-químicas verificou-se que os tratamentos não influenciaram as características físico-químicas dos frutos (Tabela 1).

Tabela 1: Conteúdo de suco, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio* em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com *ethephon* (0 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹) e armazenados durante 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	2	4	6	8	10
Conteúdo de suco (%)						
0 mg L ⁻¹	44,6±0,3 Aa	43,8±1,0 Aa	43,5±0,2 Aa	42,1±1,9 Aa	43,9±3,1 Aa	42,4±1,0 Aa
500 mg L ⁻¹	44,6±0,3 Aa	44,4±0,6 Aa	43,7±1,4 Aa	44,5±0,4 Aa	41,8±2,1 Aa	42,5±1,2 Aa
1000 mg L ⁻¹	44,6±0,3 Aa	43,4±0,3 Aa	42,8±0,8 Aa	44,5±0,9 Aa	44,0±2,9 Aa	43,2±0,5 Aa
pH						
0 mg L ⁻¹	4,83±0,04 Aa	4,50±0,04 Cc	4,72±0,03 Bc	4,71±0,08 Ba	4,83±0,28 Ba	4,69±0,11 Ba
500 mg L ⁻¹	4,83±0,04 Aa	4,62±0,01 Bb	4,85±0,01 Ab	4,65±0,03 Ba	4,58±0,03 Bab	4,57±0,05 Bb
1000 mg L ⁻¹	4,83±0,04 Ba	4,82±0,03 Ba	5,00±0,02 Aa	4,52±0,06 Db	4,76±0,07 Ca	4,72±0,02 Ca
Acidez Titulável (% Ácido cítrico)						
0 mg L ⁻¹	0,63±0,01 Aa	0,53±0,11 Ba	0,54±0,00 Ba	0,55±0,01 Ba	0,55±0,07 Ba	0,54±0,03 Ba
500 mg L ⁻¹	0,63±0,01 Aa	0,51±0,03 Ca	0,54±0,00 BCa	0,59±0,02 ABa	0,52±0,03 BCb	0,53±0,01 BCa
1000 mg L ⁻¹	0,63±0,01 Ca	0,51±0,01 BCa	0,55±0,09 BCa	0,60±0,01 ABa	0,49±0,02 Cb	0,52±0,04 BCa
Sólidos Solúveis (°Brix)						
0 mg L ⁻¹	8,2±0,1Aa	7,8±0,2 Aa	8,0±0,3Aa	7,9±0,6 Aa	8,3±0,2 Aa	8,1±0,2 Aa
500 mg L ⁻¹	8,2±0,1 Aa	7,6±0,0 BCa	7,3±0,0 Cb	8,0±0,2 ABa	7,7±0,1 ABCb	7,9±0,2 ABa
1000 mg L ⁻¹	8,2±0,1 Aa	7,5±0,5 Aa	7,5±0,1 Ab	7,8±0,2 Aa	7,6±0,5 Ab	7,9±0,2 Aa
Ratio						
0 mg L ⁻¹	13,2±0,01 Da	15,09±0,18 Ca	15,40±0,00 BCa	16,16±0,02 ABa	15,58±0,66 BCa	16,91±0,51 Aa
500 mg L ⁻¹	13,2±0,01 Ba	14,63±0,23 Aa	13,54±0,02 Bb	13,25±0,03 Bb	14,46±0,36 Ab	14,60±0,07 Ac
1000 mg L ⁻¹	13,2±0,01 Ca	14,88±0,17 Ba	14,73±1,09 Ba	13,13±0,05 Cb	15,59±0,08 ABa	15,99±0,41 Ab

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados estão expressos pela média ± desvio padrão. Letras maiúsculas iguais seguidas na mesma linha não apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre si, de acordo com o teste de Tukey. Letras minúsculas seguidas iguais na mesma coluna não apresentam diferenças ($p \leq 0,05$) entre si, de acordo com o teste de Tukey.

O conteúdo de suco (CS) não apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos ao longo dos dez dias de armazenamento. Ainda assim, estes mantiveram valores acima dos critérios mínimos estabelecidos (CS = 45%) (Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2011) (Tabela 1). O pH do suco das laranjas teve poucas variações entre os tratamentos, exceto para o tratamento com 1000 mg L^{-1} , que apresentou valores significativamente maiores ($p \leq 0,05$) no segundo e quarto dia de armazenamento (Tabela 1). No entanto, esses valores diminuíram nos dias subsequentes.

A acidez titulável não apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento para o mesmo tratamento (Tabela 1). Porém, no oitavo dia, os tratamentos com 500 mg L^{-1} e 1000 mg L^{-1} exibiram um teor de acidez titulável significativamente menor ($p \leq 0,05$) em comparação ao controle. Em relação ao teor de sólidos solúveis (SS), o tratamento controle apresentou os maiores valores, destacando-se os dias quatro e oito, com resultados estatisticamente superiores em relação aos demais tratamentos ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Nos demais dias, os tratamentos não diferiram entre si. Contudo, as laranjas apresentaram valores inferiores ao critério mínimo para comercialização (SS = 10°Brix), conforme definido pelo Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura (2011), indicando que os frutos foram colhidos antes do período ideal (Tabela 1).

Foram verificadas diferenças significativas a um nível de 5% de significância no *ratio* para o tratamento controle após o quarto, sexto e décimo dias de armazenamento, ao serem comparados aos demais tratamentos (Tabela 1). Não obstante, os frutos apresentaram valores superiores ao critério mínimo estabelecido (*ratio* = 9,5) pelo Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura (2011), o que assegura uma relação equilibrada entre doçura e acidez ao longo do armazenamento. Os resultados obtidos nesse estudo foram semelhantes aos apontados por Machado et al. (2015) para laranjas 'Lane Late' armazenadas em temperatura ambiente ($24^\circ\text{C} \pm 2$ e UR 45–50%) ou temperatura refrigerada ($7^\circ\text{C} \pm 2$ e UR $90\% \pm 1$) por 18 dias. Os autores identificaram que o tratamento com *ethephon* não afetou significativamente o pH, acidez titulável, conteúdo de sólidos solúveis e *ratio* das laranjas.

Ao avaliarem o conteúdo de suco (%), teor de sólidos solúveis e *ratio* para laranjas Salustiana e Lima Valencia, submetidas ao desverdecimento com *ethephon* em diferentes concentrações (0 mg L^{-1} , 500 mg L^{-1} , 1000 mg L^{-1} e 2000 mg L^{-1}) armazenadas durante 12 e 13 dias, respectivamente, à temperatura ambiente ($21^\circ\text{C} \pm 0,5$ e UR acima de 80%), Caetano et al. (2021) não observaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados, efeito similar ao obtido nesse estudo. Por se tratarem de frutas não climatéricas, não ocorrem grandes alterações físico-químicas no suco dos frutos, e se trata de uma das justificativas para que os frutos de citros não sofram alterações com o desverdecimento (Galli et al., 2021; Rêgo et al., 2023).

A variação dos parâmetros físico-químicos das laranjas analisadas esteve ligada, principalmente, ao grau de maturação dos frutos, ou seja, a aplicação de *ethephon* nas concentrações de 500 mg L^{-1} e 1000 mg L^{-1} não afetou a qualidade interna dos frutos durante o período de armazenamento (Tabela 1). Com base no presente estudo, conclui-se que a aplicação de *ethephon* na concentração de 500 mg L^{-1} foi suficiente para realizar o desverdecimento das laranjas 'Pêra', por meio da degradação das clorofilas a e b e da síntese de carotenoides presentes na casca dos frutos, sob a temperatura de 25°C e umidade relativa acima de 80%, após quatro dias de armazenamento.

5.3.2 Influência do tempo e luminosidade no desverdecimento da laranja 'Pera CNPMF D6'

Todos os tratamentos apresentaram aumento nos valores de cromaticidade a^* , todavia aqueles armazenados no escuro se destacaram a partir do quarto dia, com valores superiores ($p > 0,05$) em comparação aos armazenados sob luz (Figura 8). A avaliação da cor dos tratamentos, durante o período de armazenamento, apresentou um aumento progressivo nos valores da coordenada de cromaticidade a^* , indicando uma intensificação da tonalidade avermelhada ao longo do tempo.

Ao oitavo dia do armazenamento, observou-se um equilíbrio nos valores de cromaticidade a^* entre os tratamentos, o que sugere que o fator luminosidade pode ter uma influência diferenciada apenas nos primeiros dias de conservação. No decorrer dos dez dias de armazenamento, essa elevação nos valores de cromaticidade a^* continuou sendo observada e atingiu seu pico no décimo dia. Esse comportamento pode estar associado aos processos bioquímicos naturais que ocorrem durante o armazenamento, como a degradação da clorofila e o acúmulo de pigmentos carotenoides e antocianinas que influenciam diretamente a coloração final do produto (Hu et al., 2018).

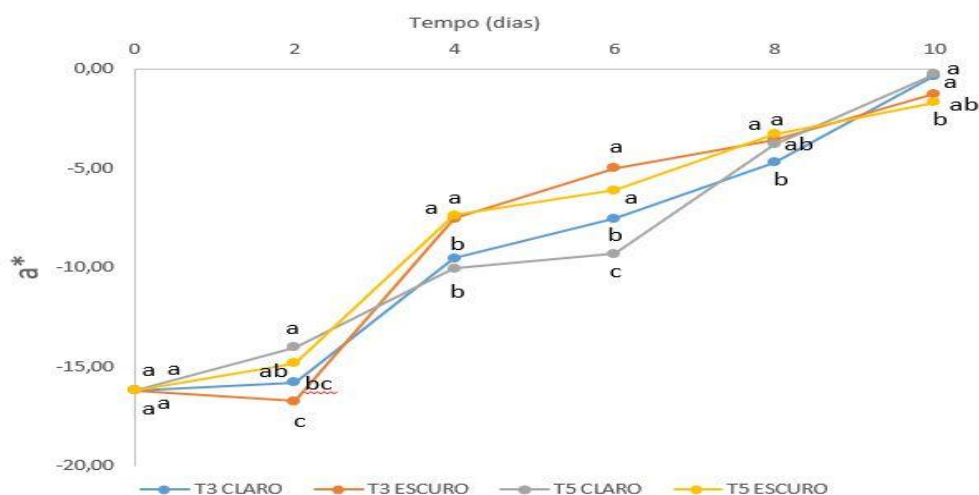


Figura 8. Cromaticidade a^* em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' tratados com *ethephon* (500 mg L^{-1}) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25°C e umidade relativa acima de 80%. Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. T3: 3 min (Claro); T3: 3 min (Escuro); T5: 5 min (Claro); T5: 5 min (Escuro).

A cromaticidade b^* , que indica a tendência à tonalidade amarela, apresentou resultados positivos ao longo do período analisado, demonstrando que as laranjas mantiveram essa característica de coloração (Figura 9). Durante os primeiros quatro dias de armazenamento, houve variações nos tratamentos aplicados, mas a partir desse ponto, os valores do parâmetro b^* se estabilizaram e resultou na mesma tendência entre os tratamentos. A coloração das laranjas é um parâmetro essencial na avaliação da qualidade dos frutos, o qual tem influência diretamente na aceitação do consumidor.

Esse comportamento se manteve até o décimo dia, sugerindo que neste tempo, não ocorreram mudanças significativas na coloração das frutas (Figura 9).

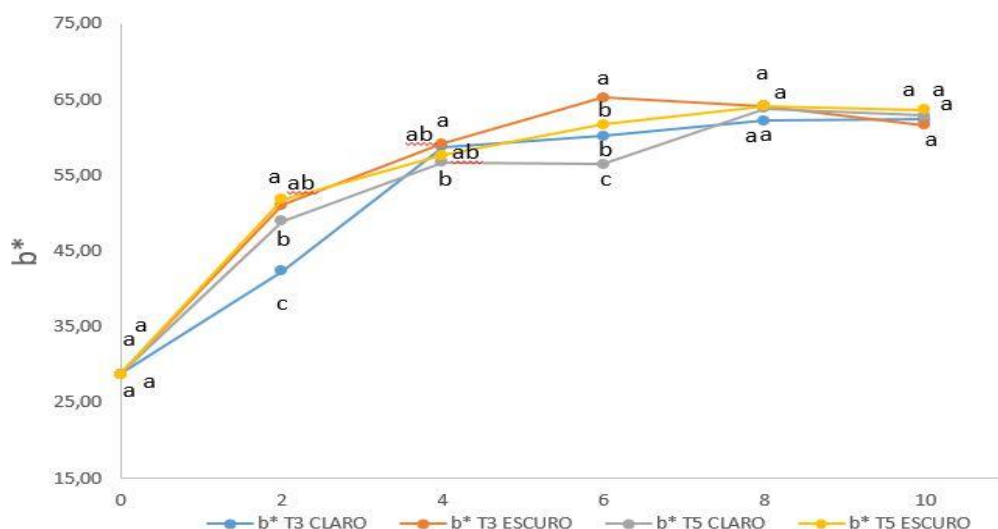


Figura 9. Cromaticidade b^* em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' tratados com *ethephon* (500 mg L^{-1}) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25°C e umidade relativa acima de 80%. Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. T3: 3 min (Claro); T3: 3 min (Escuro); T5: 5 min (Claro); T5: 5 min (Escuro).

Conforme apresentado na Figura 10, a avaliação do ângulo hue da laranja ao longo do período de armazenamento revelou uma leve redução nos valores registrados. No entanto, todos os tratamentos mantiveram valores superiores a 90° , o que indica que a fruta apresenta uma tendência natural à coloração amarelada. Esse comportamento sugere que, apesar das variações ocorridas durante o armazenamento, a característica visual da laranja permanece estável dentro de um padrão predominante, refletindo sua composição pigmentária e possíveis alterações pós-colheita.

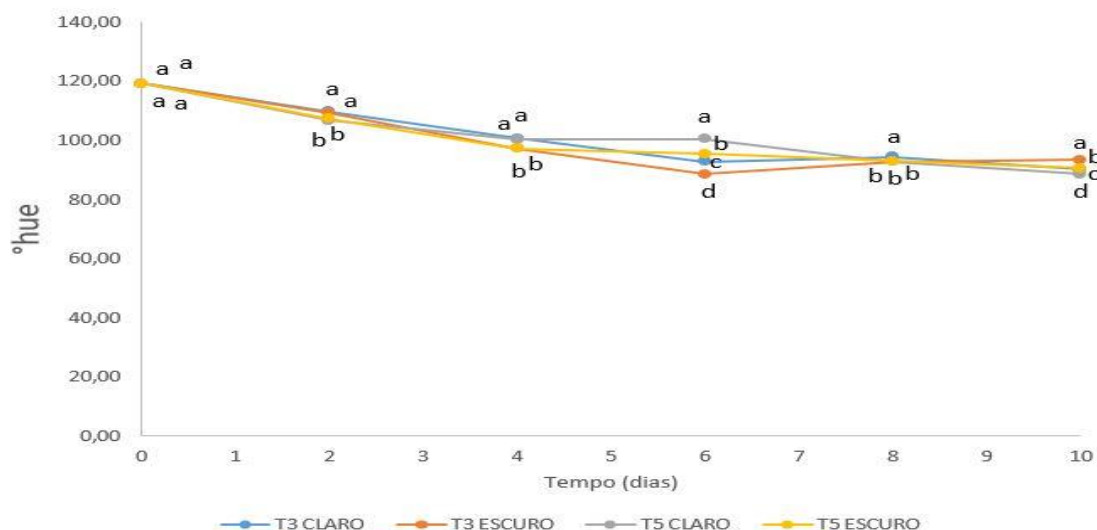


Figura 10. Ângulo hue em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' tratados com *ethephon* (500 mg L^{-1}) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25°C e umidade relativa acima de 80%. Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. T3: 3 min (Claro); T3: 3 min (Escuro); T5: 5 min (Claro); T5: 5 min (Escuro).

Ao longo dos dez dias de armazenamento, observou-se um crescimento do ICC para todos os tratamentos analisados. Análises estatísticas demonstraram que houve um aumento

significativo ($p \leq 0,05$) no índice de coloração da casca nos tratamentos em condições de escuro no quarto e sexto dia, quando comparados aos frutos armazenados em ambiente claro (Figura 11). No entanto, esse efeito não se manteve ao longo do tempo, pois a partir do oitavo dia de armazenamento, os dados se equilibraram, indicando que as diferenças iniciais entre os tratamentos não influenciaram a coloração final da casca das laranjas. Esse comportamento pode estar associado a fatores fisiológicos da fruta, como a degradação da clorofila e a síntese de carotenoides, que ocorrem naturalmente durante o amadurecimento. A ausência de luz pode acelerar esse processo em determinados momentos, mas com o tempo, o metabolismo da fruta tende a estabilizar a coloração independentemente das condições de luminosidade durante o armazenamento.

Dessa forma, os resultados indicam que, apesar das variações iniciais na coloração da casca sob diferentes condições de luz, ao final do período de armazenamento, não há diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 12). Esse achado pode contribuir para a definição de melhores práticas de armazenamento para manter a aparência e a qualidade comercial das laranjas ao longo do tempo.

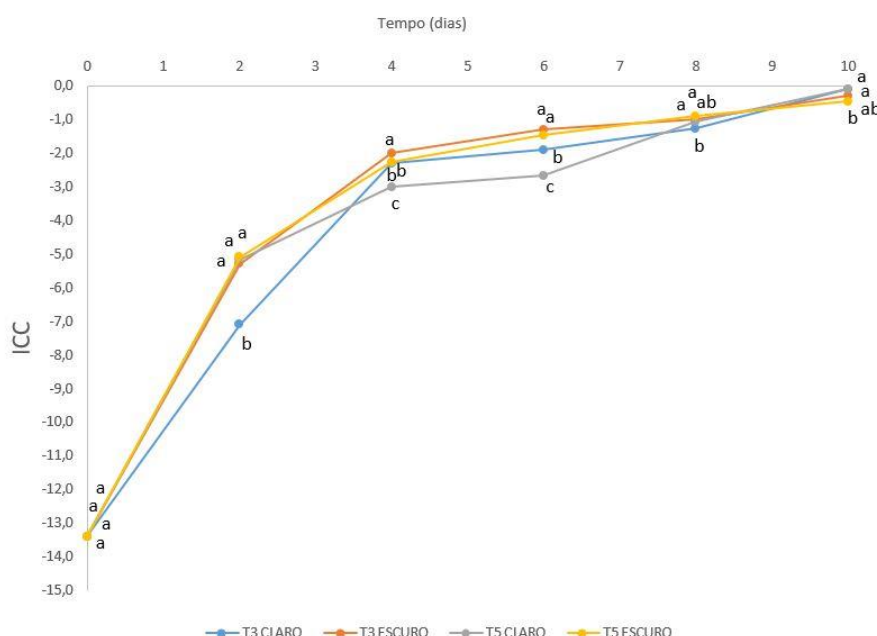


Figura 11. Índice de coloração da casca (ICC) em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com *ethephon* (500 mg L^{-1}) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25°C e umidade relativa acima de 80%. Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. T3: 3 min (Claro); T3: 3 min (Escuro); T5: 5 min (Claro); T5: 5 min (Escuro).

A análise da coloração da casca das laranjas (Figura 12) revelou que, a partir do quarto dia de armazenamento, não houve variação perceptível na cor da casca entre os tratamentos até o décimo dia.

Dia	0	2	4	6	8	10
Tempo 3 - Claro						
Tempo 3 - Escuro						
Tempo 5 - Claro						
Tempo 5 - Escuro						

Figura 12. Influência visual dos tratamentos com *ethephon* (500 mg L⁻¹) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%.

A concentração de clorofila A (Figura 13) apresentou redução ao longo do período de armazenamento em todas as condições avaliadas. Contudo, no segundo dia, o tratamento exposto ao ambiente claro por três minutos demonstrou um leve incremento até o quarto dia. A partir do sexto dia, os valores se estabilizaram, exceto para o tratamento de três minutos no escuro, que apresentou as menores médias em comparação aos demais. No que se refere à clorofila B (Figura 13), verificou-se redução significativa dos seus teores a partir do segundo dia para todos os tratamentos; posteriormente, observou-se um período de estabilização até o décimo dia de armazenamento. Esse comportamento sugere que a degradação da clorofila B ocorre de forma acentuada nos primeiros dias, após isso, atinge o equilíbrio. A análise dos carotenoides totais revelou um aumento nos seus teores no segundo dia de armazenamento, possivelmente associado aos processos fisiológicos relacionados à maturação ou à adaptação dos tecidos às condições de estocagem. No entanto, a partir do quarto dia, os valores permaneceram estáveis, sem diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ($p \leq 0,05$).

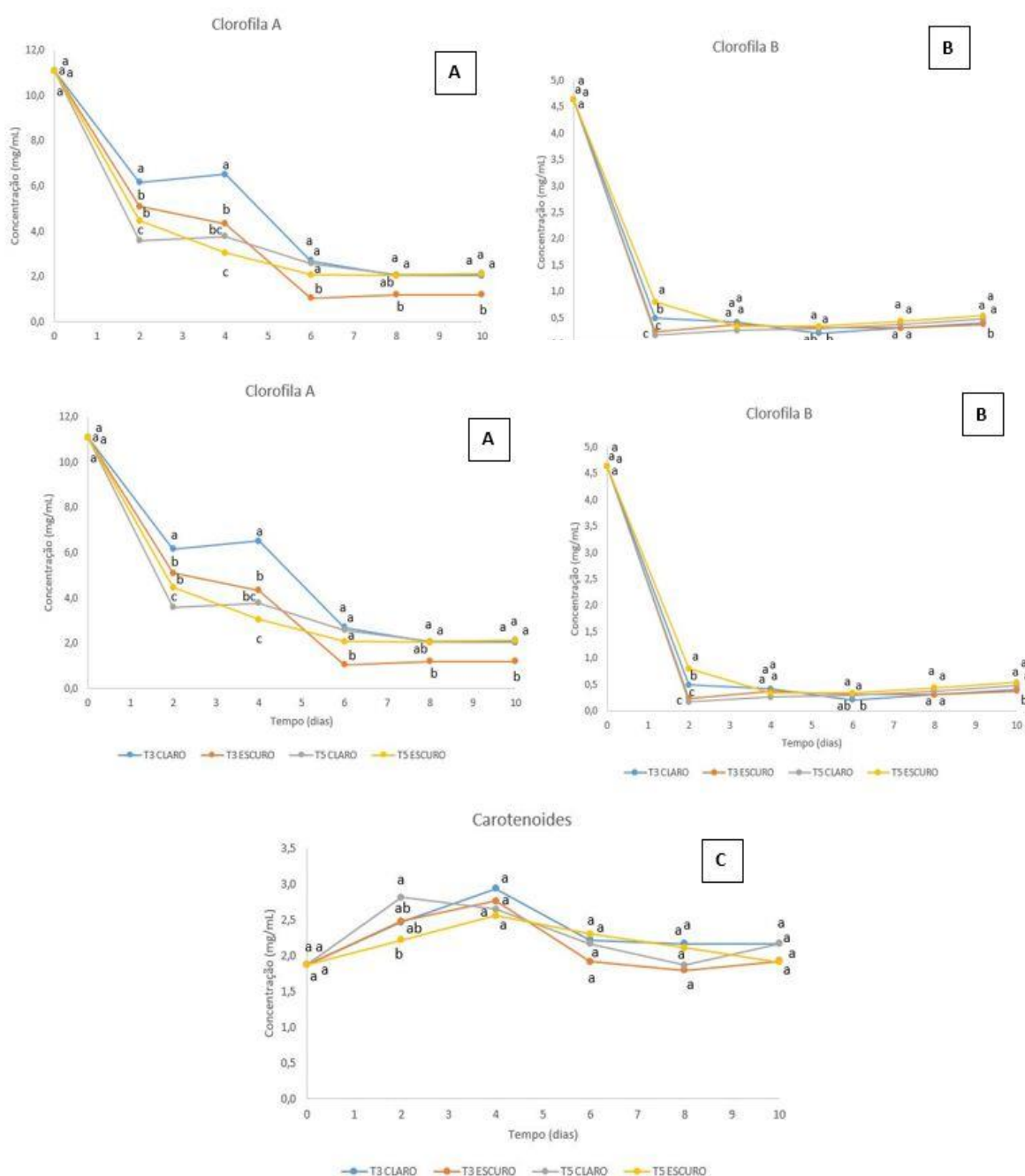


Figura 13. Concentração de clorofila A (A), clorofila B (B) e carotenoides totais (C) em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidos ao tratamento com *ethephon* (500 mg L⁻¹) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenados em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25 °C e umidade relativa acima de 80%. Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. T3: 3 min (Claro); T3: 3 min (Escuro); T5: 5 min (Claro); T5: 5 min (Escuro).

Nas análises físico-químicas, verificou-se que, embora os frutos apresentassem diferenças estatísticas, suas características estavam dentro dos padrões estabelecidos de acordo com o Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura (2011) (Tabela 2).

Tabela 2: Conteúdo de suco, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio* em frutos de laranja 'Pera CNPMF D6' submetidas ao tratamento com *ethephon* (500 mg L⁻¹) por diferentes tempos de imersão (3 e 5 min) e armazenadas em ambientes claro e escuro por 10 dias a 25 °C e umidade relativa em torno de 80%.

Tratamentos			Dias de armazenamento					
			0	2	4	6	8	10
500 mg L ⁻¹	Tempo	Ambiente	Conteúdo de suco (%)					
	3min	Claro	49,65±1,65Aa	46,75±1,05Bb	45,25±1,05BCa	42,70±1,30Ca	42,75±0,55Ca	39,55±0,85Da
	3min	Escuro	49,65±1,65Aa	50,80±0,20Aa	45,75±1,05Ba	39,65±0,75Cb	40,65±0,55Ca	40,10±0,01Ca
	5min	Claro	49,65±1,65Aa	49,45±1,05Aa	44,10±0,40Ba	41,05±2,05Cb	42,05±1,45BCa	40,00±0,50Ca
	5min	Escuro	49,65±1,65Aa	49,45±0,20Bb	41,55±0,69Cb	40,20±0,90Cb	41,05±0,25Ca	39,95±0,65Ca
500 mg L ⁻¹			pH					
	3min	Claro	4,31±0,02Ca	4,40±0,21BCa	4,60±0,08Ab	4,57±0,11ABb	4,65±0,04Ab	4,69±0,05Ab
	3min	Escuro	4,31±0,02Ca	4,54±0,01Ba	4,62±0,02ABCb	4,76±0,11ABa	4,59±0,02BCb	4,78±0,16Aab
	5min	Claro	4,31±0,02Ca	4,49±0,03Ba	4,71±0,09 Ab	4,67±0,06Ab	4,62±0,01BCb	4,67±0,04Ab
	5min	Escuro	4,31±0,02Ca	4,50±0,05Ba	4,93±0,03 Aa	4,58±0,07Bb	4,84±0,05Aa	4,92±0,04Aa
500 mg L ⁻¹			Acidez Titulável (% Ácido cítrico)					
	3min	Claro	0,63±0,01Aa	0,49±0,02Bb	0,62±0,02Aa	0,45±0,03BCa	0,46±0,02BCb	0,46±0,02BCc
	3min	Escuro	0,63±0,01Aa	0,48±0,01CDb	0,56±0,01Bb	0,45±0,01Da	0,52±0,05Ca	0,50±0,03Cb
	5min	Claro	0,63±0,01Aa	0,56±0,01Ba	0,47±0,00Cc	0,45±0,01Ca	0,52±0,05Ba	0,52±0,01Ba
	5min	Escuro	0,63±0,0Aa	0,47±0,01Bb	0,44±0,00Bc	0,45±0,01Ba	0,48±0,01Bb	0,48±0,01Bbc
500 mg L ⁻¹			Sólidos Solúveis (°Brix)					
	3min	Claro	7,6±0,4BCa	7,4±0,2Cc	8,0±0,3 ABa	8,2±0,1Aa	8,2±0,1Aa	8,0±0,1ABa
	3min	Escuro	7,6±0,4Aa	7,9±0,1Aab	8,0±0,1 Aa	8,0±0,1Aab	7,8±0,2Aab	7,8±0,2Aa
	5min	Claro	7,6±0,4a	8,1±0,4ABCa	7,5±0,1ABb	7,6±0,2Cb	7,3±0,2BCc	8,1±0,1Aa
	5min	Escuro	7,6±0,4Aa	7,5±0,0Abc	7,7±0,2Aab	7,6±0,1Ab	7,6±0,1Abc	7,8±0,3Aa
500 mg L ⁻¹			<i>Ratio</i>					
	3min	Claro	12,28±0,26Ea	15,58±0,10Ca	13,20±0,19Dd	18,28±0,08Aa	17,43±0,48Ba	17,00±0,47Ba
	3min	Escuro	12,28±0,2Ea	16,17±0,11Ba	14,79±0,28Dc	18,12±0,70Aa	15,70±0,64BCb	14,98±0,29CDc
	5min	Claro	12,28±0,26Da	15,51±0,10Ba	16,02±0,11Bb	17,33±0,25Ab	14,47±0,01Cc	15,84±0,01Bb
	5min	Escuro	12,28±0,26Da	15,79±0,10Ca	17,35±0,23Aa	16,23±0,58BCc	16,23±0,35BCb	16,84±0,07ABa

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados estão expressos pela média ± desvio padrão. Letras maiúsculas iguais seguidas na mesma linha não apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre si, de acordo com o teste de Tukey. Letras minúsculas seguidas iguais na mesma coluna não apresentam diferenças ($p \leq 0,05$) entre si, de acordo com o teste de Tukey.

O conteúdo de suco (Tabela 2) apresentou uma redução ao longo dos dez dias de armazenamento e variou de 49,65% no dia zero para 40,10% no décimo dia. No final do experimento, os frutos não diferiram estatisticamente, apresentando resultados inferiores aos valores mínimos estabelecidos (CS = 42%) pelo Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura (2011). Essa redução pode estar relacionada à perda de água dos frutos devido, provavelmente, ao processo de respiração.

O pH das laranjas manteve-se relativamente constante entre os tratamentos com variação entre 4,31 e 4,9. No entanto, no tratamento com cinco minutos no escuro, observou-se diferença estatística ($p \leq 0,05$) no quarto e oitavo dia de armazenamento (Tabela 2). A acidez titulável, por sua vez, apresentou uma redução mínima ao longo do armazenamento em todos os tratamentos, com exceção do quarto dia, quando os tratamentos com três minutos no claro e no escuro registraram um leve aumento e retornaram à normalidade a partir do sexto dia.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com *ethephon* no final do experimento, comportamento também descrito por Caetano et al. (2021). Esse efeito ocorre porque as laranjas são frutos não climatéricos, ou seja, não apresentam mudanças significativas na qualidade interna após o desverdecimento com etileno exógeno. Hours e Ferreyra (2005) também avaliaram componentes da qualidade interna em três variedades de laranja durante semanas de maturação e relataram poucas variações. No entanto, os frutos analisados apresentaram valores inferiores ao critério mínimo para comercialização (SS = 10°Brix), conforme definido pelo Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura (2011), indicando que foram colhidos antes do período ideal.

O *ratio* das laranjas aumentou ao longo do armazenamento, com destaque para o tratamento de três minutos no claro, que apresentou os maiores valores, exceto no quarto dia (Tabela 2). Os frutos mantiveram valores superiores ao critério mínimo estabelecido (*ratio* = 9,5) pelo Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura (2011), que garantiu uma relação equilibrada entre doçura e acidez ao longo do armazenamento. Machado et al. (2015) identificaram resultados semelhantes ao avaliar a laranja 'Lane Late' armazenada em temperatura ambiente ($24^{\circ}\text{C} \pm 2$ e UR 45–50%) e refrigerada ($7^{\circ}\text{C} \pm 2$ e UR $90\% \pm 1$) por 18 dias. Esses autores verificaram que o tratamento com *ethephon* não gerou diferenças relevantes nos parâmetros de qualidade, como pH, acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio*.

5.4. Conclusões

Com base nos resultados, conclui-se que a aplicação de *ethephon* (500 mg L^{-1}) por três minutos em ambiente iluminado foi eficaz no desverdecimento pós-colheita da laranja-doce 'Pera CNPMF D6'. O tratamento promoveu a degradação das clorofilas a e b e a síntese de carotenoides na casca dos frutos quando armazenados a 25°C e umidade relativa em torno de 80% por quatro dias.

5.5. Referências Bibliográficas

ALÓS, E.; CERCOS, M.; RODRIGO, M.J.; ZACARIAS, L.; TALON, M. Regulation of color break in citrus fruits. Changes in pigment profiling and gene expression induced by gibberellins and nitrate, two ripening retardants. **J. Agric. Food Chem.**, v.54, p.4888–4895, 2006.

AOAC – American Official Analysis of Chemistry. Official methods of analysis of AOAC International (vol. II). Gaithersburg: **AOAC International**, 1995.

ARZAM, T. S.; TAHIR, M. M.; WIJAYA, H. The degreening of 'Selayar' orange using ethephon: the color peel changes and ethephon residue. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v.807, p.022022, 2021.

AYALA-SILVA, T.; SCHNELL, R. J.; MEEROW, A. W.; WINTERSTEIN, M.; CERVANTES, C.; BROWN, J. S. Determination of color and fruit traits of half-sib families of mango (*Mangifera indica* L.). **Florida State Horticultural Society**, v.118, p. 253-257, 2005.

CAETANO, M. M.; FERREIRA, J. T.; FREITAS, R. V.; BARREIROS, R.B.; ALVES, R. R.; LEOPOLDINO, L. S.; RODRIGUES, D. P.; GONÇALVES, B. F. S.; GRIEBELER, S. R.; GONZATTO, M. P. Uso do ácido 2-cloroetilfosfônico no desverdecimento pós-colheita de laranjas Salustiana e Lima Sorocaba. **Citrus Res. Technol**, v.42, e1069, 2021.

COSTA, A. S.; RIBEIRO, L. R.; KOBLITZ, M. G. B. Uso de atmosfera controlada e modificada em frutos climatéricos e não-climatéricos. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, v.11, p.1-7, 2011.

CRASQUE, J.; NETO, B. C.; SOUZA, G. A. R. de; COSTA, R. J.; ARANTES, L. de O.; ARANTES, S. D.; ALVES, F. de L. Características físico-químicas de frutos de laranja em diferentes porta-enxertos. **International Journal of Development Research**, v.10, n.8, p.37258–37266, 2020.

DU, Q.; JIAO, X.; SONG, X.; ZHANG, J.; BAI, P.; DING, J.; LI, J. The response of water dynamics to long-term high vapor pressure deficit is mediated by anatomical adaptations in plants. **Frontiers of Plant Science**, v.11, n.758, p.1-10, 2020.

FERRAREZI, A. C.; SANTOS, K. O. dos.; MONTEIRO, M. Avaliação crítica da legislação brasileira de sucos de fruta, com ênfase no suco de fruta pronto para beber. **Rev. Nutr.**, Campinas, v.23, n.4, p.674-676, jul./ago., 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109–112, 2014.

GALLI, V.; SANCHEZ-BALLESTA, M. T.; EL-KEREAMY, A.; AYUB, R. A.; JIA, W. Hormonal regulation of non-climacteric fruit development and maturation [Editorial]. **Frontiers of Plant Science**, v.12, art. 690691, 2021.

HOURS, R. A.; FERREYRA, M. M. Caracterización físico-química y microbiológica de jugos de naranja destinados a vinificación. **Ciencia, docencia y Tecnología**, v.2005, n. January, p.219–239, 2005.

HU, Y.; WANG, G.; PAN, S.; WANG, L. Influence of ethylene and ethephon treatments on the peel color and carotenoids of Gannan Newhall navel orange during postharvest storage. **Journal of Food Biochemistry**, v.42, n.5, p.1–9, 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2025.

JIMENEZ-CUESTA, C. M.; CUQUERELLA, J.; MARTINEZ J.M. Determination of a color index for citrus fruit degreening. **Proc. Int. Soc. Citriculture**, v.2, p.750–3, 1981.

JOMORI, M. L. L.; BERNO, N. D.; KLUGE, R. A. Ethylene application after cold storage improves skin color of ‘Valencia’ oranges. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.4, 2016.

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**, Londrina, v.35, n.2, p.825-834, 2014.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods of Enzymology**, v.148, p.350-382, 1987.

MACHADO, F. L. C.; CAJAZEIRA, J. P.; COSTA, J. M. C. Color change and quality response of ‘lane late’ orange submitted to degreening process. **Engenharia Agrícola**, v.35, p.144-153, 2015.

MARTINS, C.R.; TEODORO, A.V.; CARVALHO, H.W.L. de. Citricultura no Estado de Sergipe. **Citricultura Atual**, v.17, p.14-17, 2014.

MARTINS, C. R.; TODRIGUES, G.S.; BARROS, I. de. **Análise Econômica e Ambiental de Sistemas Consorciados à Base de Citros nos Tabuleiros Costeiros**. Embrapa Meio Ambiente, 2015. 13p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157878/1/Carlos-Martins-Analise-economica.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MORALES, J.; TARREGA, A.; SALVADOR, A.; NAVARRO, P.; BESADA, C. Impact of ethylene degreening treatment on sensory properties and consumer response to citrus fruits. **Food Research International**, v.127, 2020.

PACHECO, C. A.; SCHINOR, E. H.; AZEVEDO, F. A.; BASTIANEL, M.; CRISTOFANI-YALY, M. Caracterização de frutos do Tangor TMxLP 290 para mercado de fruta fresca. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.4, p.805-812, 2014.

PEREIRA, G. da S.; MACHADO, F. L. de C.; DA COSTA, J. M. C. Quality of ‘valencia delta’ orange after degreening and coating with wax. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.10, p.936–940, 2016.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de classificação de citros de mesa**. São Paulo: CEAGESP, 2011. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/citros.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2024.

RODRIGO, M. J.; ZACARIAS, L. Effect of postharvest ethylene treatment on carotenoid accumulation and the expression of carotenoid biosynthesis genes in the flavedo of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit. **Postharvest Biol. Technol.**, v.43, pp. 14-22, 2007.

RÊGO, E. R.; FERREIRA, A. P. S.; RÊGO, M. M.; FINGER, F. L. **Fisiologia e manejo pós-colheita de flores, frutos e hortaliças** (E-book). 1 ed. João Pessoa: Editora UFPB, 2023. 455 p.

SALES, W. B.; CAVEIÃO, C.; GRILLO, F. R.; RAVAZZANI, E. D. do A.; VASCO, J. F. de M. Presença de coliformes totais e termotolerantes em sucos de frutas cítricas. **Revista Saúde e Desenvolvimento**, v.9, n.5, jan-jun, 2016.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Citrus: World Markets and Trade**. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade>. Acesso em: 18 nov. 2024.

VIDAL, M. F. CITRICULTURA. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v.7, 2022. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2809>. Acesso em: 25 nov. 2024.

YUAN, Z.; DENG, L.; YIN, B.; YAO, S.; ZENG, K. Effects of blue LED light irradiation on pigment metabolism of ethephon-degreened mandarin fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.134, p.45-54, 2017.

WILLS, R. B. H.; GOLDING, J. B. Advances in postharvest fruit and vegetable technology (392 p.). **Boca Raton**. Flórida: Taylor & Francis Group, 2015.

ZHANG, P.; ZHOU, Z. Postharvest ethephon degreening improves fruit color, flavor quality and increases antioxidant capacity in 'Eureka' lemon (*Citrus limon* (L.) Burm. f.). **Scientia Horticulturae**, v.248, p.70-80, 2019.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo evidenciam a importância da escolha do porta-enxerto na qualidade física e química dos frutos da laranja 'Pera CNPMF D6'. A avaliação demonstrou que diferentes porta-enxertos influenciam significativamente atributos como rendimento de suco, acidez, coloração da casca e concentração de compostos bioativos.

A aplicação de *ethephon* indica uma melhora na aparência dos frutos, tornando-os mais atrativos para os consumidores, sem comprometer os outros atributos químicos e físico-químicos da fruta. Essa valorização visual contribui para agregar valor ao produto e favorecer seu desempenho no mercado, impulsionando as vendas.