

COMPATIBILIDADE DE ENXERTIA ENTRE A GOIABEIRA 'PALUMA'  
E HÍBRIDO DE *Psidium* spp, POR MEIO DE INDICADORES  
BIOMÉTRICOS E FISIOLÓGICOS

**RAUDIELLE FERREIRA DOS SANTOS**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ  
ABRIL DE 2023

COMPATIBILIDADE DE ENXERTIA ENTRE A GOIABEIRA 'PALUMA'  
E HÍBRIDO DE *Psidium* spp, POR MEIO DE INDICADORES  
BIOMÉTRICOS E FISIOLÓGICOS

**RAUDIELLE FERREIRA DOS SANTOS**

"Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para a obtenção  
do título de Doutora em Produção Vegetal"

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Cláudia Sales Marinho

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ  
ABRIL DE 2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

S23

Santos, Raudielle Ferreira dos.

COMPATIBILIDADE DE ENXERTIA ENTRE A GOIABEIRA 'PALUMA' E HÍBRIDO DE *Psidium* spp, POR MEIO DE INDICADORES BIOMÉTRICOS E FISIOLÓGICOS / Raudielle Ferreira dos Santos. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2023.

96 f.: il.

Inclui bibliografia.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2023.

Orientadora: Claudia Sales Marinho.

1. Porta-enxerto. 2. *Psidium guajava*. 3. fotossíntese. 4. araçá. 5. brotação. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

COMPATIBILIDADE DE ENXERTIA ENTRE A GOIABEIRA 'PALUMA'  
E HÍBRIDOS DE *Psidium* spp, POR MEIO DE INDICADORES  
BIOMÉTRICOS E FISIOLÓGICOS

**RAUDIELLE FERREIRA DOS SANTOS**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para a obtenção  
do título de Doutora em Produção Vegetal”.

Aprovada em 19 de abril de 2023

Comissão Examinadora:

---

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Prof.<sup>a</sup> Deborah Guerra Barroso (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Prof. Weverton Pereira Rodrigues (D.Sc., Produção Vegetal) – UEMASUL

---

Prof.<sup>a</sup> Cláudia Sales Marinho (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF  
Orientadora

Dedico esse trabalho aos meus pais, por sempre acreditarem que o estudo é uma das maiores dádivas da vida, e por seus incansáveis esforços para que eu pudesse chegar até aqui.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos momentos menos difíceis e pelos mais difíceis ainda, e sobretudo, por me permitir superar os desafios e concluir mais esta etapa de minha vida;

Ao programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, pela oportunidade de realização do Curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos;

Aos meus pais, João e Maria, que tudo fazem por mim, que nunca mediram esforços para que eu adentrasse uma nova porta que se abria, e assim alcançasse mais uma vitória. Obrigada mãe querida, pelo exemplo de ser humano que você é, e por todos os sacrifícios que você faz em prol de minhas conquistas, que sempre se tornam nossas;

A todos os meus familiares que não participaram intimamente deste projeto, mas foram simplesmente minha família, a vocês minha profunda gratidão;

À minha orientadora Cláudia Sales Marinho, pela oportunidade de trabalharmos juntas nesta pesquisa, por toda a orientação, ensinamentos e, principalmente, pela paciência ao longo deste período;

Aos meus amigos companheiros de moradia, Assistone Costa, por me receber em Campos, e Rafael Ribeiro, pelo incentivo e ajuda de sempre, e a ambos pelo excelente convívio;

Aos amigos de laboratório Sydney Galvão e Mariana Arantes, pela indispensável contribuição nas atividades dos experimentos e pelo companheirismo durante a caminhada;

Aos amigos Chiara e Raymyson, pelo acolhimento e companheirismo em Campos, especialmente em 2020, primeiro ano da pandemia. Saibam, sinceramente, que vocês foram muito importantes nessa fase;

Aos amigos Rachel, Alex e Dudu, pela amizade e pelos inúmeros divertidos momentos que tornou essa jornada mais leve;

Aos servidores do LFIT Detony Petri e Guilherme Ribeiro, por toda ajuda nas atividades da casa de vegetação, especialmente as de manutenção;

Aos colegas Wallace, Danilo e Guilherme, pela ajuda nas análises das características fisiológicas;

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal que pude conhecer, especialmente os do PA e do MA, pela boa convivência que estabelecemos;

E a todas as pessoas que, das mais variadas formas, deram sua parcela de contribuição e apoio para que este trabalho fosse realizado.

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| RESUMO .....  | vii       |
| ABSTRACT .....  | ix        |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 1         |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....  | 5         |
| 2.1 Aspectos gerais do gênero <i>Psidium</i> .....                            | 5         |
| <b>2.2 A goiabeira .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2.3 Declínio da goiabeira .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2.4 Os araçazeiros – <i>P. cattleianum</i> e <i>P. guineense</i> .....</b> | <b>11</b> |
| <b>2.5 Propagação de goiabeiras e araçazeiros.....</b>                        | <b>13</b> |
| 2.5.1 Propagação por estaquia.....  | 13        |
| 2.5.2 Propagação por enxertia .....   | 15        |
| <b>2.6 Hibridação interespecífica em <i>Psidium</i> .....</b>                 | <b>16</b> |
| <b>2.7 Compatibilidade de enxertia .....</b>                                  | <b>17</b> |
| <b>2.8 Aspectos fisiológicos de plantas enxertadas .....</b>                  | <b>20</b> |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 24        |
| <b>3.1. Experimento 1 .....</b>   | <b>24</b> |
| 3.1.1. Propagação do material vegetal .....                                   | 25        |
| 3.1.2. Avaliação da condutividade hidráulica da raiz .....                    | 26        |
| 3.1.3. Variáveis avaliadas e estatística .....                                | 27        |
| <b>3.2 Experimento 2 .....</b>  | <b>27</b> |
| 3.2.1 Propagação do material vegetal .....                                    | 28        |
| 3.2.2 Transplântio das mudas .....  | 28        |



|   |           |
|---|-----------|
| 3.2.3 Realização das podas .....                | 29        |
| 3.2.4 Avaliação biométrica.....                 | 30        |
| 3.2.5 Avaliação fisiológica .....               | 30        |
| 3.2.6 Avaliação do vigor vegetativo .....       | 31        |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                 | 34        |
| <b>4.1 Experimento 1 .....</b>                  | <b>34</b> |
| 4.1.2 Condutividade hidráulica da raiz.....     | 34        |
| <b>4.2 Experimento 2 .....</b>                  | <b>36</b> |
| 4.2.1 Características biométricas .....         | 36        |
| 4.2.2. Características fisiológicas .....       | 43        |
| 4.2.3. Características de vigor vegetativo..... | 51        |
| 5. RESUMO E CONCLUSÕES .....                    | 59        |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                 | 61        |

## RESUMO

SANTOS, Raudielle Ferreira dos; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; abril de 2023; Compatibilidade de enxertia entre a goiabeira 'Paluma' e híbrido de *Psidium* spp, por meio de indicadores biométricos e fisiológicos. Orientadora: D.Sc. Cláudia Sales Marinho.

Espécie mais importante do gênero *Psidium*, a goiabeira é largamente cultivada no Brasil. No entanto, essa frutífera está sujeita a graves problemas fitossanitários, sendo o declínio da goiabeira (causado pela interação sinérgica entre *Meloidogyne enterolobii* e *Neocosmospora falciformes*) o principal, e que tem limitado sua produção. Uma alternativa de controle à doença é a utilização de híbridos de *Psidium* spp. como porta-enxertos resistentes ao *M. enterolobii*. Já foi relatada resistência ao nematoide em espécies de *P. cattleianum*, e compatibilidade com a goiabeira em *P. guineense*. Assim um novo híbrido foi obtido do cruzamento entre estas duas espécies. Porém, a indicação de novos porta-enxertos para copas comerciais de goiabeiras necessita da avaliação de sua compatibilidade de enxertia, o que demanda longos períodos de experimentação. Por esse motivo, a busca de indicadores precoces da incompatibilidade possibilitaria o descarte de genótipos inaptos para uso como porta-enxertos, evitando gastos com grandes experimentos e aumentando a eficiência na seleção. Dois experimentos foram conduzidos. No primeiro experimento objetivou-se avaliar os primeiros indicadores de compatibilidade da enxertia por meio da capacidade hidráulica do sistema radicular em mudas novas. No segundo experimento objetivou-se avaliar a compatibilidade de enxertia entre

a goiabeira e os genótipos do híbrido de *P. guineense* x *P. cattleianum*, por meio de caracterizações biométricas e fisiológicas; e o vigor vegetativo da goiabeira 'Paluma' enxertada sobre os híbridos em resposta à poda, também como um indicador de compatibilidade. No experimento um, os tratamentos consistiram na goiabeira 'Paluma' sem enxertia e enxertada sobre um "pool" de híbridos de *Psidium* spp., os quais foram submetidos à análise da condutância e condutividade hidráulica. No experimento dois os tratamentos consistiram na goiabeira 'Paluma' sem enxertia e enxertada sobre três genótipos do híbrido de *P. guineense* x *P. cattleianum*. Foi feita avaliação de altura e diâmetro até os 840 dias após a enxertia, e avaliações das características fisiológicas em duas épocas, primavera e outono, após duas podas de formação. E após cada uma das podas, foram avaliados o número de gemas intumescidas e brotadas em toda copa da planta, além do comprimento, diâmetro e número de folhas de um ramo selecionado. A condutividade hidráulica da raiz à parte aérea da goiabeira 'Paluma' e as características biométricas e fisiológicas evidenciaram funcionalidade regulatória e estável entre copa e porta-enxerto, indicando compatibilidade entre a goiabeira 'Paluma' e os híbridos avaliados. Nesse sentido, as análises fisiológicas proporcionaram as mesmas conclusões das análises biométricas, indicando que estas podem ser utilizadas como preditivas da compatibilidade de enxertia. As podas efetuadas nas duas épocas não interferiram na capacidade de rebrota da goiabeira 'Paluma' enxertada ou em pé-franco. Houve variabilidade no vigor da goiabeira 'Paluma' induzido pelos porta-enxertos, quanto ao número de brotos emitidos e vigor de ramos. O vigor vegetativo verificado indica compatibilidade de enxertia entre a goiabeira e o novo híbrido para exploração sob regime de podas, como ocorre no manejo da goiabeira no campo.

## ABSTRACT

SANTOS, Raudielle Ferreira dos; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. April, 2023. Grafting compatibility between guava 'Paluma' and *Psidium* spp hybrid, through biometric and physiological indicators; Advisor: D.Sc. Cláudia Sales Marinho.

The most important species of the genus *Psidium*, the guava tree is widely cultivated in Brazil. However, this fruit tree is subject to serious phytosanitary problems, being the decline of guava tree (caused by the synergistic interaction between *Meloidogyne enterolobii* and *Neocosmospora falciformes*) the main one, which has limited its production. An alternative to control the disease is the use of *Psidium* spp. hybrids as rootstocks resistant to *M. enterolobii*. Resistance to the nematode has already been reported in *P. cattleianum* species, and compatibility with guava in *P. guineense*. Thus, a new hybrid was obtained from the cross between these two species. However, the indication of new rootstocks for commercial guava tree canopies requires the evaluation of their grafting compatibility, which demands long periods of experimentation. For this reason, the search for early indicators of incompatibility would enable the discarding of genotypes unsuitable for use as rootstocks, avoiding the expense of large experiments and increasing the efficiency of selection. Two experiments were conducted. In the first experiment, the objective was to evaluate the first indicators of grafting compatibility through the hydraulic capacity of the root system in new seedlings. In the second experiment, the objective was to evaluate the grafting

compatibility between guava tree and genotypes of the hybrid *P. guineense* x *P. cattleianum*, through biometric and physiological characterizations; and the vegetative vigor of 'Paluma' guava tree grafted on the hybrids in response to pruning, also as an indicator of compatibility. In the first experiment, the treatments consisted of 'Paluma' guava tree without grafting and grafted onto a pool of *Psidium* spp. hybrids, which were subjected to conductance and hydraulic conductivity analysis. In the second experiment, the treatments consisted of the 'Paluma' guava tree without grafting and grafted onto three genotypes of the *P. guineense* x *P. cattleianum* hybrid. Height and diameter were evaluated up to 840 days after grafting, and physiological characteristics were evaluated in two seasons, spring and fall, after two formation prunings. And after each pruning, the number of swollen and sprouted buds in the entire plant canopy was evaluated, as well as the length, diameter and number of leaves of a selected branch. The hydraulic conductivity from root to shoot of 'Paluma' guava tree and the biometric and physiological characteristics showed regulatory and stable functionality between scion and rootstock, indicating compatibility between 'Paluma' guava tree and the hybrids evaluated. In this sense, the physiological analyses provided the same conclusions as the biometric analyses, indicating that these can be used as predictors of grafting compatibility. The pruning performed in the two seasons did not interfere in the regrowth capacity of the 'Paluma' guava tree grafted or free-standing. There was variability in the vigor of 'Paluma' guava tree induced by rootstocks, regarding the number of shoots emitted and branch vigor. The vegetative vigor verified indicates compatibility of grafting between the guava tree and the new hybrid for exploitation under pruning regime, as occurs in the management of guava in the field.

## 1. INTRODUÇÃO

O gênero *Psidium* abrange aproximadamente 92 espécies de arbustos com folhas persistentes, pertencente à família Myrtaceae, que possui mais de 140 gêneros e 3.800 espécies, distribuídas nos trópicos e subtropicais, principalmente nas Américas, Ásia e Austrália (Govaerts et al., 2019). Das inúmeras espécies do gênero merecem destaque *P. cattleianum*, *P. guineense* e principalmente *P. guajava*.

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é um dos frutos comestíveis mais conhecidos do clima tropical e subtropical e tem importância comercial em mais de 50 países, sendo a Índia, China, Tailândia, Paquistão, México e Indonésia e Brasil os principais países produtores dessa fruta no mundo (Tigre, 2022).

Apesar da Índia e China serem os maiores produtores mundiais, o Brasil possui o maior rendimento em kg ha<sup>-1</sup>, mesmo sendo o sétimo maior produtor mundial (Ribeiro, 2021). No país, a área cultivada com a frutífera em 2021, foi de 22.353 hectares, com produção de 552.393 toneladas, e uma produtividade média de 24,7 t ha<sup>-1</sup>. Pernambuco e São Paulo são os estados que concentram a produção de goiaba, embora o seu cultivo ocorra em várias outras unidades da federação, incluindo o estado do Rio de Janeiro, que em 2018, produziu 14.523 toneladas em uma área de 775 hectares (IBGE, 2023).

O aumento da produção de goiaba no Brasil está relacionado não apenas ao crescente consumo de frutas em sua forma fresca, mas também a produtos originários de sua industrialização (Quintal et al., 2017). A goiaba de polpa

vermelha se destaca entre as frutas por ser rica em ativos antioxidantes, com alto teor de vitamina C (a concentração é dez vezes maior que a laranja), além de açúcar, vitaminas A e B, substâncias pécticas, proteínas e sais minerais, principalmente potássio, ferro, cálcio e fósforo (Abreu et al., 2012; Yadav et al., 2017).

Pertencente ao grupo de goiabas de polpa vermelha, a cultivar Paluma é de maior relevância econômica, sendo uma das mais plantadas no Brasil, devido principalmente a alta capacidade do enraizamento de suas estacas. Além disso, se destaca por características excepcionais para o processamento industrial e o consumo *in natura*, além de sua produtividade e vigor (Lima et al., 2010; Melo, 2015).

Apesar da sua rusticidade, a goiabeira está sujeita a diversos problemas fitossanitários, sendo o principal, o 'Declínio da goibeira'. Nesta doença complexa, o parasitismo por *Meloidogyne enterolobii* predispõe árvores de goiabeiras imunes ao *Neocosmospora falciformes* à extensa podridão radicular causada por este fungo, o que leva a perdas de rendimento e morte da planta em poucos meses (Pereira et al., 2016). No Norte Fluminense, condições edafoclimáticas favoráveis somadas à ampla gama de hospedeiros tornaram este fitonematoide um dos principais problemas fitossanitários, uma vez que este nematoide encontra plantas daninhas hospedeiras que garantem sua sobrevivência e aumento populacional (Lima et al., 2003).

A forma de controle de fitonematoídeos mais sustentáveis está no uso de pés-francos ou de porta-enxertos resistentes (Castro, 2019). A resistência ao nematoide ainda não foi encontrada em goiabeiras, mas tem sido encontrada em acessos de *P. cattleianum*. Entretanto, genótipos dessa espécie já foram relatados como incompatíveis com a goiabeira 'Paluma' por Robaina et al. (2015). Por outro lado, Biazatti (2013) constatou, em observações de campo, um bom estabelecimento da goiabeira 'Paluma' enxertada sobre *P. guineense*, porém o exemplar observado foi suscetível ao nematoide. O único relato de enxertia bem-sucedida entre goiaba e *P. cattleianum*, foi verificado por Macan e Cardoso (2020), através da enxertia *in vitro*.

O uso de híbridos interespecíficos utilizados como porta-enxertos e considerados resistentes tem sido uma forma de convivência com o fitonematoide (Chiamolera et al., 2018). De fato, Souza et al. (2018) relataram que o BRS

Guaraçá, (híbrido de *P. guajava* x *P. guineense*) tem sido utilizado como um porta-enxerto resistente a nematoides e este híbrido foi compatível com a goiabeira 'Paluma' e 'Pedro Sato'.

Novos híbridos também foram desenvolvidos por meio de cruzamentos entre *P. guajava* x *P. cattleianum* e *P. guineense* x *P. cattleianum*, com alguns indivíduos relatados como resistentes ao *M. enterolobii* (Gomes et al., 2017). Entretanto, a indicação de novos porta-enxertos para copas comerciais de goiabeiras necessita da avaliação de sua compatibilidade de enxertia, o que demanda longos períodos de experimentação. Por esse motivo, a busca de indicadores precoces que possam detectar problemas futuros de incompatibilidade possibilitaria descartar indivíduos sem chances de compatibilidade, evitando gastos com grandes experimentos e aumentando a eficiência na seleção de indivíduos viáveis para indicação como porta-enxerto.

As interações fisiológicas estão entre os principais fatores que envolvem a compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto (Pinheiro, 2017). Contudo, não somente a compatibilidade do enxerto/porta-enxerto, mas também as características do sistema radicular do porta-enxerto podem influenciar significativamente no crescimento do enxerto (Rego, 2020). Algumas evidências são relatadas de que a enxertia possa reduzir a condutância hidráulica radicular quando uma planta é submetida à técnica de enxertia (Gambetta et al., 2012). Sendo assim, uma vez que a enxertia influencia no crescimento da copa, esta técnica pode afetar o processo fotossintético, notadamente as trocas de gasosas da folha, as quais são fundamentais no balanço de carbono e de água na planta (Fullana-Pericasa et al., 2019).

A goiabeira, entretanto, quando cultivada no campo é submetida a sucessivas podas de formação e frutificação, e o porta-enxerto deve possibilitar uma boa capacidade de rebrota e vigor adequado para suporte da copa e dos frutos. Para a goiabeira, a poda é uma prática cultural das mais importantes. Favorece a renovação da copa, é um método preventivo de controle de doenças ao melhorar a luminosidade no interior da copa e permite um equilíbrio adequado da vegetação, além de induzir florescimento em diferentes épocas. Por sua natureza, as podas sucessivas permitem, também, o controle do porte das plantas. É uma operação muito importante em plantações de alta densidade e possibilita maior eficiência produtiva das lavouras (De la Paz, 2019). Sendo



assim, em plantas enxertadas sobre novos porta-enxertos deve ser avaliado o vigor induzido às copas em resposta às podas sucessivas, sendo possivelmente um indicador precoce do vigor do porta-enxerto.

Estudos de biometria de mudas de plantas enxertadas também complementam os critérios de seleção do porta-enxerto mais vigoroso, e mudas uniformes possibilitam a formação de pomares mais produtivos.

Nesse contexto, o objetivo principal do trabalho foi encontrar alternativas de porta-enxertos para a goiabeira 'Paluma', avaliando a sua compatibilidade de enxertia com híbridos obtidos a partir do cruzamento entre *P. cattleianum* e *P. guineense*, resistentes ao nematoide *M. enterolobii*.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais do gênero *Psidium*

O gênero *Psidium* pertence à família Myrtaceae, considerada mundialmente uma das maiores famílias botânicas, a qual possui pelo menos 140 gêneros e 3.800 espécies, distribuídos em todo o mundo. Cerca de 92 dessas espécies pertencem ao gênero *Psidium* (Govaerts et al., 2019). No Brasil, considerado grande representante desta diversidade, pode ser encontrado um total de 60 espécies, sendo 47 endêmicas (Sobral et al., 2015).

As inúmeras espécies do gênero estão em diversos tipos de ecossistemas (Brandão et al., 2002), amplamente distribuídas nos diferentes biomas (caatinga, cerrado, campos rupestres, floresta amazônica, atlântica, decíduais, restingas, entre outros) e sujeitas às mais diferentes pressões ambientais, que ocasionam uma grande plasticidade fenotípica, dificultando sua identificação e delimitação (Costa, 2009). A hibridação pode ser um dos fatores que influenciam na existência de características intermediárias entre grupos de espécies próximas, sendo o fluxo gênico entre elas interrompido pela diferenciação cromossômica, principalmente por poliploidia (Hirano e Nakasone, 1969; Costa e Forni-Martins, 2006).

A família Myrtaceae é organizada em dois grupos, Leptospermoideae e Myrtoideae. O gênero *Psidium* está inserido neste último, que inclui todos os gêneros que apresentam frutos carnosos, ou seja, frutos com sementes

envolvidas por polpa carnosa, rica em água e carboidratos, e pobre em proteínas e lipídios (Landrum e Kawasaki, 1997). Conforme sua distribuição nativa, o gênero *Psidium* é considerado neotropical, ocorrendo do sul do México até a província de Buenos Aires, na Argentina, além do Oeste das Índias, Ilhas do Caribe, e das Ilhas Galápagos e Revillagigedo, no Pacífico (Vieira et al., 2006; Franzon et al., 2009).

Seu centro de diversidade é no Oeste das Índias, Sul do Brasil e Paraguai e Norte da América do Sul. Essas três áreas apresentam uma abrangente classe de habitats, que possivelmente resultou no sucesso adaptativo do grande número de espécies presentes nessas regiões (Soares e Proença, 2008).

O gênero *Psidium* caracteristicamente apresenta em suas espécies folhas simples e opostas com típica venação broquidódroma; flores solitárias, axilares ou em pequenos racemos, podendo ser tetrâmeras, pentâmeras ou hexâmeras, e de coloração branca, amareladas e raramente rosa, avermelhada ou púrpura; cálice de morfologia que varia de cupuliforme até caliptrado e raramente apendiculado; ovário é ínfero, bi a multilocular e frutos bacoide e com muitas sementes (Landrum e Kawasaki, 1997; Wilson et al., 2001; Soares e Proença, 2008; Franzon et al., 2009;).

Dentre as espécies que compõem este gênero, as mais importantes são as goiabeiras e os araçás. As mais conhecidas tanto pela ciência quanto popularmente são *P. guajava*, *P. guineense* e *P. cattleianum* (Pereira, 1995; Souza et al., 2014; Souza et al., 2015; Barbosa, 2016). Porém há muitas outras espécies do gênero, produtoras de frutos comestíveis, madeireiras e ornamentais, que apresentam potencial para exploração (Bezerra et al., 2006).

## **2.2 A goiabeira**

A goiabeira, principal espécie do gênero *Psidium*, é nativa da região tropical do continente americano, com centro de origem localizado entre o Sul do México e o Norte da América do Sul, entretanto apresenta ampla distribuição em regiões tropicais e subtropicais, portanto, ocorrendo em todos os estados do Brasil (Sobral et al. 2015). Com um volume de produção estimado em 6,5 toneladas em 2017, a goiaba é predominantemente cultivada e consumida na Ásia, sendo a Índia o principal país produtor, correspondendo a 56% da produção global no ano de 2017 (Altendorf, 2018; Tigres, 2022).

No cenário mundial da frutífera, o Brasil se destaca com a produção de goiaba cultivada em uma área de 22.353 hectares que rendem anualmente cerca de 552.393 toneladas da fruta. As regiões Nordeste e Sudeste detêm a produção nacional da frutífera, apresentando Pernambuco e São Paulo como os principais estados produtores, com produções de 198.754 e 172.180 toneladas, respectivamente (IBGE, 2023).

O estado do Rio de Janeiro, tradicional produtor de goiaba, atualmente ocupa a sétima posição na produção da fruta no país, registrando 21.653 toneladas de goiaba produzidas no ano de 2021. A região fluminense conta com a participação de 20 municípios na produção da frutífera, com destaque para Cachoeiras de Macacu e São Francisco de Itabapoana, que juntos assumem 69% da produção de goiaba no Estado (IBGE, 2023).

A goiabeira é uma árvore que atinge de 3 a 5 metros de altura e de 5 a 6 metros de diâmetro de copa e é considerada de porte pequeno a médio. Possui caule tortuoso; casca lisa e delgada; quadrangular quando jovem e muitas vezes, sulcados (pelo menos quando seca). As folhas são de coloração verde-amarelada, pouco lustrosas, opostas, oblongas, subcoriáceas e aromáticas. As flores são brancas, pentâmeras, hermafroditas, solitárias ou em grupos de duas ou três situadas nas axilas das folhas e nas brotações de ramos maduros. O fruto é uma baga com tamanho, forma e coloração de polpa variada, textura firme e numerosas sementes (Manica et al., 2001; Pereira e Nachtigal, 2002; Pommer e Murakami, 2009).

A goiabeira começa a florescer aproximadamente dois meses após a poda, e três a cinco meses após a floração, e dependendo da época do ano, os frutos já estão propícios a serem colhidos (Pereira, 1995). No entanto, a resposta das plantas ao florescimento e frutificação depende do genótipo, das condições edafoclimáticas e do manejo da cultura, podendo ocorrer mudanças na época de duração de cada estágio de desenvolvimento (Serrano et al., 2008a).

Segundo Costa e Costa (2003), nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, os quais apresentam características climáticas semelhantes, em condições naturais, a floração da goiabeira acontece de setembro a novembro, no início do período chuvoso.

A goiabeira adapta-se bem a solos areno-argilosos, profundos e bem drenados com pH entre 5,5-6,8. Temperaturas médias entre 24 e 28°C

configuram uma faixa climática excelente para sua produtividade e qualidade, além de umidade relativa entre 37% e 96% e precipitação pluviométrica anual em torno de 1.000 mm (Pio et al., 2002).

Apesar das outras espécies do gênero *Psidium* apresentarem potencial para exploração econômica, a goiabeira é praticamente a única que apresenta expressão econômica no contexto da fruticultura nacional (Bezerra et al., 2006).

A fruta é muito apreciada pelo seu sabor característico. Considerada uma das frutas mais completas e equilibradas, a goiaba apresenta alto valor nutritivo, com elevados teores de vitamina C em níveis de 6 a 7 vezes superiores aos das frutas cítricas (Abreu et al., 2012); vitamina A e B em níveis razoáveis, açúcares totais (Pommer e Murakami, 2009), além de sais minerais, como cálcio, fósforo e ferro (Yadav et al., 2017).

Os frutos da goiaba contêm ainda vários compostos com ação antioxidante, os quais incluem carotenoides e compostos fenólicos, que desempenham papel importante na prevenção de doenças (Freire et al., 2012). Oliveira et al. (2011) estudando conteúdo de carotenoides em goiaba, constatou que a fruta apresenta teor de licopeno superior aos de mamão e manga em 55% e 99%, respectivamente. Dentre alguns compostos fenólicos encontrados na goiaba estão a quercetina, catequina e ácido gálico relatados em estudos realizados por Rampazzo et al. (2012), Haida et al. (2015) e Menezes et al. (2016).

Devido à qualidade nutricional da goiaba, nos últimos anos tem havido um aumento nas áreas destinadas ao plantio da frutífera, que está relacionado não apenas ao crescente consumo de frutas em sua forma fresca, mas também aos produtos originários de sua industrialização (Quintal et al., 2017). Muitos produtos da indústria alimentícia contêm goiaba, como suco, néctar, polpa, geleia, fatias de calda, barra de frutas, produtos desidratados e aditivo para outros sucos de frutas, levando grande versatilidade à fruta que alcançou real importância econômica em todas as regiões tropicais e subtropicais (Leite et al., 2006; Kadam et al., 2012).

A espécie também apresenta importância no uso medicinal, sendo muito citada na medicina popular para o tratamento de infecções gastrointestinais através do uso de suas folhas (Andrade et al., 2019), as quais também são empregadas como agente antitussígeno, anti-hipertensivo, anti-hiperglicêmico e anti-hiperlipidêmico em países como China e Índia (Alnaqueeb et al., 2019).

As cultivares produzidas no Brasil dependem da finalidade do uso, variando com o destino da fruta que pode ser para o mercado industrial ou fresco. Destinadas a indústria merecem destaque as cultivares Paluma e Rica, e para o consumo *in natura*, as cultivares Sassaoka e Pedro Sato. A coloração da polpa também é atributo importante no cultivo da goiabeira, sendo Paluma e Kumagai Branca as principais cultivares de goiaba vermelha e branca, respectivamente. No mercado brasileiro há predominância da goiaba vermelha, considerada mais nobre e útil tanto para degustação *in natura* como para a indústria (Haida et al., 2015; Melo, 2015).

No território nacional também são importantes as cultivares: White Selection of Florida, Século XXI, Iwao, Ogawa nº 1, Ogawa nº 2, Cortibel 1, 2, 3 e 4 (Pommer et al., 2013; Nachtigal et al., 2015) e ainda Cascão e Tailandesa, cujo cultivo tem se expandido (Vitti et al., 2020). A cultivar Tailandesa tem se destacado por não ser boa hospedeira de nematoides, principal problema fitossanitário que acomete a cultura da goiabeira. Há relatos que a cultivar se desenvolva bem na presença de *M. enterolobii* (Pereira et al., 2016), e que seja resistente e tolerante a *Pratylenchus brachyurus* (Pereira et al., 2018).

### **2.3 Declínio da goiabeira**

O declínio da goiabeira se instalou no Brasil há alguns anos e tem sido responsável pela erradicação de inúmeros pomares (Gomes et al., 2011). Os sintomas da doença são atribuídos à ação sinérgica entre *M. enterolobii* e *N. falciformes* (Mart.) Sacc., sendo que o parasitismo inicial do nematoide predispõe as plantas à degeneração radicular subsequente pelo fungo, tornando complexo o manejo da doença (Castro et al., 2017; Gomes et al., 2017).

O *M. enterolobii* infecta todos os tipos de raízes da goiabeira, desde as radículas superficiais até as mais lignificadas (Carneiro et al., 2001). Após a penetração do nematoide, começam a ocorrer modificações bioquímicas e fisiológicas no sistema radicular e, a partir de então, provavelmente começam a ser produzidas substâncias atrativas benéficas ao desenvolvimento do fungo nas raízes. Posteriormente, os sintomas do declínio da goiabeira começam a surgir, são eles: clorose, necrose das bordas foliares, forte bronzeamento das folhas, murcha e queda de folhas; deficiência nutricional, galhas e apodrecimento

radiculares e, alguns meses após a manifestação dos primeiros sintomas, desfolhamento generalizado (Amorim et al., 2011; Gomes et al., 2011).

A ocorrência de *M. enterolobii* tem sido registrada em plantios comerciais de goiabeira em praticamente todas as regiões brasileiras, do Sul ao Norte do país (Correia et al., 2019). O declínio da goiabeira já foi responsável pela erradicação de mais de 5.000 ha de pomares de goiabeira em âmbito nacional, o que resultou em perda econômica aos produtores, de aproximadamente, US\$ 70 milhões de dólares (Gomes et al., 2011; Pommer et al., 2013).

Várias medidas de manejo do declínio da goiabeira têm sido pesquisadas, com foco no controle do *M. enterolobii*. No entanto, o controle químico de nematoides não é recomendado para a cultura da goiabeira (AGROFIT, 2023). Além disso, aspectos relacionados com a alta toxicidade de muitos produtos nematicidas ao ambiente, ao homem e aos animais, ao elevado período de carência e aos altos custos da maioria desses produtos apresentam-se como desvantagens para o produtor que, conseqüentemente, passa a demandar medidas que sejam mais sustentáveis do ponto de vista econômico, social e ambiental (Castro, 2019).

Uma estratégia de grande importância para o manejo de doenças causadas por nematoides é o uso de porta-enxertos resistentes (Lima et al., 2019). Todavia, um dos fatores que mais limitam o emprego dessa estratégia em maior escala é a pequena disponibilidade de porta-enxertos resistentes a nematoides (Castro et al., 2017). Desta forma, a procura por genótipos resistentes tem sido objetivo de várias pesquisas.

Na literatura, não há relatos da identificação quanto às fontes de resistência genética ao *M. enterolobii*, em *P. guajava* (Almeida et al., 2009; Castro et al., 2012), entretanto, Miranda et al et al. (2012), Biazatti et al. (2016), Noia et al. (2017) e Chiamolera et al. (2018) já relataram resistência ao nematoide das galhas em araçazeiros da espécie *P. cattleianum* e *P. friedrichsthalianum* e Costa et al. (2012) em *P. guineense*. Martins et al. (2013) quando avaliaram a resistência entre espécies de araçazeiros (*Psidium* sp.) e goiabeira (*P. guajava*) verificaram a resistência apenas em araçazeiros.

Acredita-se que as melhores perspectivas para a estratégia de convivência com o *M. enterolobii* estão no melhoramento vegetal, com o desenvolvimento de cultivares ou porta-enxertos resistentes a esse nematoide,

onde pode-se viabilizar a produção de goiabas em regiões aonde a doença já se encontra instalada. Assim, araçazeiros têm sido avaliados em programas de melhoramento como objetos de cruzamentos interespecíficos (Carneiro et al., 2007; Miranda et al., 2012).

A Embrapa Semiárido desenvolveu um porta-enxerto híbrido, obtido do cruzamento entre *P. guajava* e *P. guineense* (Castro et al., 2012; Costa et al., 2012), e o Programa de Genética e Melhoramento Vegetal da UENF desenvolveu híbridos de *P. guajava* x *P. guineense* e *P. cattleianum* x *P. guineense* (Gomes et al., 2017), os quais tem sido relatado como resistentes ao *M. enterolobii*. Embora, segundo Robaina et al. (2015) o uso de porta-enxertos resistentes possa ser um método promissor para controlar o nematoide, a compatibilidade da enxertia deve ser avaliada, pois o *P. cattleianum* e *P. guajava* se mostraram incompatíveis em estudos sobre enxertia.

#### **2.4 Os araçazeiros – *P. cattleianum* e *P. guineense***

*P. cattleianum* é uma espécie tropical, conhecida como goiaba morango, goiaba chinesa, goiaba cereja, goiaba roxa, waiawi, guayaba ou araçá. Seu centro de origem é no Sul do Brasil, sendo encontrada principalmente na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, do Ceará ao Rio Grande do Sul. É encontrada também em outros países tropicais, como Havaí e muitas ilhas do Caribe (Patel, 2012; Sobral et al., 2015).

É uma espécie arbustiva com ramos pendentes ou espalhados e brotos jovens com caule de cor verde amarela. As folhas são de formato obovanceolado ou redondo com cor verde ou amarela. As flores apresentam tamanho grande ou médio e ocorrem tanto isoladas quanto em inflorescências. Os frutos são de coloração amarela, podendo apresentar poucas ou muitas sementes de tamanho pequeno ou grande, sua polpa é de coloração creme uniforme, sem descoloração após o corte, podendo ser suculentos ou pouco suculentos (Bremenkamp, 2015).

O florescimento da espécie ocorre em maior escala entre os meses de agosto e outubro, e após um curto período de cerca de três meses, os frutos estão prontos para colheita, cuja maior concentração acontece entre os meses de novembro e janeiro (Bremenkamp, 2015). No entanto, há registros de que o araçazeiro responde bem à poda de frutificação, segundo descreveram



Bremenkamp et al. (2016), que permite a colheita de frutos nas épocas desejadas pelo produtor e pelo mercado. Os mesmos autores também relataram sincronismo de frutificação entre cultivares de *P. cattleianum* e *P. guajava*, podadas no mesmo período.

Os frutos de *P. cattleianum* não são utilizados industrialmente, mas são comumente usados em suco ou geleia. Eles têm uma grande quantidade de sementes, das quais se extrai o ácido linoleico, que tem importância tanto para o consumo humano quanto para fins industriais, como na produção de cosméticos e vernizes (Kobelnic et al., 2012).

Mais uma importância econômica para esta espécie está no seu potencial para utilização como porta-enxerto para a goiabeira, uma vez que diversos estudos têm demonstrado que *P. cattleianum* é fonte de resistência ao nematoide-das-galhas *M. enterolobii* (Miranda et al., 2012; Biazatti et al., 2016). Miranda et al. (2012) indicam ainda o uso de *P. cattleianum* em cruzamentos com goiabeiras visando o melhoramento de cultivares ou para estudo sobre a herança genética da resistência ao nematoide. Além disso, essa espécie de araçazeiro tem sido utilizada no reflorestamento para recuperação ambiental de áreas degradadas (Brandão et al., 2002; Nóbrega et al., 2008).

Outra espécie de araçazeiro bastante difundida é a *P. guineense* Swarts, conhecida popularmente como araçá ou araçá verdadeiro. A espécie também é nativa do Brasil, mas não endêmica como o *P. cattleianum*, distribuindo-se pela Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Sobral et al., 2015).

*P. guineense* é uma planta de caráter rústico, o que reflete na resistência e tolerância a pragas e doenças, adaptação a diversos ambientes, incluindo solos áridos e de baixa fertilidade. Assim, a espécie tem sido usada como porta-enxerto para *P. guajava*, cuja alta suscetibilidade a certos fatores bióticos e abióticos antagonísticos podem afetar sua produção (Rivero-Maldonado et al., 2017).

*P. guineense* é um arbusto de médio porte; a casca mais antiga é geralmente polida e muitas vezes escamosa e resistente; as folhas são coriáceas de cor marrom-amarelada ou marrom-avermelhada; o fruto é subgloboso, geralmente com polpa amarela (Landrum et al., 1995; Mani et al., 2011).

Tal como o *P. cattleianum*, esta espécie apresenta importância na sua utilização, como o aproveitamento doméstico dos frutos e da madeira, e o uso da raiz, casca e folhas na medicina popular. Os incentivos ao consumo *in natura*

dessas frutas, aliado a produção artesanal e agroindustrial de alimentos, podem beneficiar muitas comunidades locais (Bezerra et al., 2006).

Embora *P. cattleianum* e *P. guineense* sejam os mais conhecidos dos araçazeiros, outras espécies têm recebido importância, especialmente quando encontrada fonte de resistência a nematoides, a exemplo de *P. friedrichsthalianum* e *P. myrtoides*, relatados como resistentes ao *M. enterolobii*, conforme verificaram Marques e Pimentel (2012); Freitas et al. (2014) e Noia et al. (2017). Chiamolera et al. (2018) estudando reações de araçazeiros ao nematoide, constataram resistência nas espécies *P. cattleianum* 'amarelo' e *P. friedrichsthalianum*.

## 2.5 Propagação de goiabeiras e araçazeiros

Os primeiros pomares comerciais de goiabeiras eram produzidos por meio de sementes, principalmente devido ao baixo custo das mudas (Manica et al., 2001). No entanto, esse método gerava grande heterogeneidade nos pomares, devido à polinização cruzada, causando grande oscilação na produção e dificuldades no manejo dos pomares, o que constituía um entrave para a valorização comercial desta cultura (Dias et al., 2014). Essas dificuldades impulsionaram a substituição gradativa da propagação seminífera pela vegetativa, consistindo numa condição básica na busca de frutos com qualidade desejável para a comercialização (Kareem et al., 2016).

A propagação da goiabeira pode ser realizada de forma sexuada ou assexuada, todavia, os pomares comerciais devem ser implantados com mudas de goiabeiras produzidas por técnicas de propagação assexuada (Campos, 2015) por promover a formação de pomares mais homogêneos, e favorecer maior estabilização da produção (Robaina, 2011). A propagação vegetativa da goiabeira pode ser realizada por alporquia, estaquia (de raiz ou de ramos), enxertia (borbulhia ou garfagem) e por cultura de tecidos (Pereira et al., 2016).

### 2.5.1 Propagação por estaquia

A propagação da goiabeira por estaquia é citada como a mais vantajosa por vários autores, sendo a estaquia herbácea a metodologia mais utilizada por viveiristas, com sucesso e em grande escala, pois permite maior enraizamento,

maior uniformidade no pomar, menor período para a formação de uma nova muda, além da facilidade de execução (Paulus et al., 2014; Costa et al., 2019).

A estaquia herbácea consiste em se obter plantas clonais, ou seja, com as mesmas características da planta matriz, cujo as estacas são obtidas de ramos do último fluxo vegetativo, de coloração verde, pois ainda não passaram pelo processo de lignificação (Fachinello et al., 2011) porém, o método exige o alinhamento de fatores diversos, a exemplo de controle de umidade e temperatura, para possibilitar um bom enraizamento (Costa et al., 2019).

A miniestaquia é uma variação da estaquia herbácea convencional, e consiste em manter as matrizes no viveiro, na condição de minitouceiras, as quais são podadas constantemente para fornecer miniestacas para estaqueamento (Alves, 2018). A técnica apresenta algumas vantagens em relação à estaquia como a dispensa das matrizes em campo; a redução dos custos de transporte e coleta das brotações; a maior eficiência das atividades de manejo no jardim miniclinal, quanto à irrigação, nutrição e controle de pragas; maior produtividade e redução do tempo de formação da muda (Xavier et al., 2003; Wendling e Hoffmann, 2005).

A viabilidade da propagação por miniestaquia já foi demonstrada para multiplicação da goiabeira provenientes de *seedlings* (Marinho et al., 2009) e para a produção de mudas das cultivares Paluma, Pedro Sato, Cortibel 1 e Cortibel 6, em função das elevadas porcentagens de sobrevivência e enraizamento das miniestacas (Altoé et al., 2011a; Freitas et al., 2013 e Milhem et al., 2014).

A clonagem de plantas adultas de *P. cattleianum* tem baixa eficiência por enraizamento de estacas (Schwengber et al., 2000). Há relatos de que estacas herbáceas dessa espécie, provenientes do campo, não se enraízam, tornando necessário o uso de estacas semilenhosas para o resgate e estabelecimento inicial de minijardins clonais. As miniestacas enraízam melhor, com alta variabilidade entre os genótipos no potencial de enraizamento e no vigor das plantas. A melhor estação para a coleta de miniestacas é o verão, quando é possível obter maior potencial de enraizamento (Biazatti et al., 2018).

Ao propagar *P. guineense* e *P. cattleianum* por miniestaquia, Altoé et al., (2011b) revelaram viabilidade a partir de material juvenil, ao constatarem altas porcentagens de enraizamento das miniestacas, e a elevada produtividade das minicepas nas sucessivas coletas.

### 2.5.2 Propagação por enxertia

A enxertia é uma técnica de propagação vegetativa que consiste em se juntar partes de duas ou mais plantas, de modo que elas venham a constituir uma única e nova planta após regeneração de tecido (Lopes et al., 2016). Uma destas partes é o porta-enxerto, cujos tecidos formam o sistema radicular, servindo de base para sustentação da planta e absorção de água e nutrientes do solo; a outra parte é o enxerto, que constituirá a copa da planta (Nachtigal et al., 2005). Em alguns casos, pode ser usado um interenxerto, com a finalidade de contornar a falta de afinidade entre tecidos (Hartmann et al., 2011).

Apesar da enxertia ser um processo mais demorado e mais caro do que a estaquia, o seu uso pode ser indicado quando se objetiva a implantação de pomar com plantas enxertadas em porta-enxertos que apresentem alguma vantagem agrônômica, como resistência a fatores bióticos (Demartelaere et al., 2015) e a estresses abióticos (Soares et al., 2015). A enxertia pode ser feita por meio de borbulhia e por meio de garfagem de topo ou lateral (Bonifácio, 2017). Ambos os procedimentos proporcionam alto índice de pegamento do enxerto, não diferindo entre si se realizados por um enxertador treinado (Manica et al., 2000).

A enxertia por garfagem é o processo que consiste em soldar um pedaço de ramo destacado (epibioto, enxerto ou garfo) sobre outro vegetal (hipobioto ou porta-enxerto) de maneira a permitir a união dos tecidos e o seu desenvolvimento (Lopes et al., 2016). A partir dessa técnica tem sido utilizada a minigarfagem, que é realizada com material de idade mais jovem, e consiste em usar miniestacas de ramos herbáceos, provenientes de matrizes cultivadas no próprio viveiro, na forma de minitouceiras estabelecidos em vasos (Kalil Filho et al., 2001; Wendling e Hoffmsnn, 2005).

As principais vantagens da minigarfagem em relação à enxertia convencional referem-se ao ganho de tempo no pegamento de enxertia, e da menor área ocupada (Wendling et al., 2002). Uma vez que para o uso do método de enxertia convencional em goiabeira, o porta-enxerto, deve atingir diâmetro mínimo de 8 mm e conseqüentemente, é necessário longo tempo para formação da muda, em torno de 14 a 26 meses (Manica, 2001; Costa e Costa, 2003; Robaina et al., 2015).

Campos et al. (2017) verificaram efetividade na propagação por minigarfagem de goiabeiras, para porta-enxerto intra ou interespecífico. Relataram um tempo médio de 351 dias de produção das mudas de 'Paluma' e 'Cortibel 1', com altura média de 48 cm e 18 folhas, enxertadas sobre *P. guajava* ou *P. guineense*.

## 2.6 Hibridação interespecífica em *Psidium*

A hibridação interespecífica por meio da introgressão de genes desejáveis de parentes selvagens em cultivares comerciais de goiaba tem sido vista como uma estratégia para neutralizar problemas fitossanitários, a exemplo do declínio da goiabeira, causado pela interação entre o nematoide *M. enterolobii* e o *Neocosmospora falciformes*, principal desafio fitossanitário da cultura atualmente (Costa et al., 2010).

A identificação de fontes de resistência por meio da obtenção e seleção de progênies resistentes/tolerantes à *M. enterolobii* por hibridação artificial (Souza et al., 2018), bem como o resgate de embriões resultantes de cruzamentos interespecíficos, possibilita contribuir para a geração de novas cultivares para serem utilizadas como porta-enxertos resistentes ao nematoide.

As primeiras tentativas em obter os cruzamentos e incorporar a resistência dos *Psidium* sp. silvestres com genótipos de *P. guajava* não obtiveram resultados satisfatórios (Costa et al., 2010). Os mesmos autores avaliando cruzamentos interespecíficos no gênero *Psidium*, descreveram o procedimento de hibridação manual como adequado para a obtenção de híbridos entre acessos de *P. guajava* x *P. guajava* e entre um acesso de araçazeiro x *P. guajava*, indicando compatibilidade entre esses acessos. Porém, o procedimento de hibridação manual adotado não foi adequado para a obtenção de híbridos entre acessos de *P. guajava* com araçazeiros *P. friedrichsthalianum*.

Após o insucesso inicial, entretanto, um novo cruzamento foi realizado com sucesso utilizando um genótipo de *P. guajava* (GUA161-PE) com *P. guineense* (ARA138-RR) (Costa et al., 2012). Segundo estes autores o híbrido resultante apresentou resistência das plantas à *M. enterolobii*, crescimento similar ao de goiabeira e bom vigor quando usado como porta-enxerto com a cultivar Paluma. Na avaliação específica de resistência do híbrido (*P. guajava* cruzada

com *P. guineense*) foi verificado o seu desempenho superior em relação a cultivar Paluma (Souza et al., 2014).

Na maioria dos países onde a goiaba é importante, os estudos genéticos e o melhoramento são feitos em diferentes graus e formas, e os objetivos são coletar, introduzir, caracterizar e selecionar genótipos de goiaba com características definidas e adequadas à produção (Pommer, 2012).

Estudo de hibridação também tem objetivado resistência à murcha da goiabeira. Algumas das espécies de *Psidium*, como *P. guineense*, *P. molle*, *P. friedrichsthalianum*, *P. araca*, *P. cattleianum*, *P. corecium*, *P. cujavallis*, *P. cumini* e *P. quidanense* são conhecidas por sua resistência à murcha da goiaba. Adicionalmente, *P. friedrichsthalianum* e *P. pumilum* conferem efeito de nanismo enquanto *P. friedrichsthalianum* e *P. cattleianum* são reconhecidos por sua resistência à *M. incognita* e *P. guineense* é relatado como imune (Miranda et al., 2012).

A floração assíncrona e curta duração impede a hibridização entre as espécies selvagens de *Psidium* com cultivares comerciais. A criopreservação de pólen de espécies selvagens de *Psidium* e seu uso em hibridizações oferece uma estratégia para superar as restrições (Alfia et al., 2017). Esses cruzamentos interespecíficos carregam populações segregantes com alta variabilidade genética, o que é útil em programas de melhoramento para aumentar o poder de seleção nessas gerações.

## **2.7 Compatibilidade de enxertia**

Segundo Campos (2015) é recorrente o uso da enxertia para superar problemas fitossanitários, então encontrar um genótipo resistente à doença e compatível com a copa e que não altere as características comerciais do fruto consiste em um desafio para o uso da técnica.

Compatibilidade de enxerto versus incompatibilidade é um conceito que se aplica amplamente a todos os contextos de enxertia. Esses termos referem-se à capacidade de genótipos de porta-enxerto e enxerto se unirem, formando novas pontes vasculares que atravessam a junção do enxerto (Melnyk et al., 2018).

A compatibilidade entre porta-enxerto e enxerto é imprescindível para o sucesso da enxertia e do pomar, se traduzindo na habilidade que duas plantas diferentes apresentam de coexistirem quando ocorre a união bem-sucedida e se

desenvolvem satisfatoriamente quando adultas. Caso isso não aconteça, pode-se adotar a chamada incompatibilidade entre a copa e porta-enxerto (Hartmann et al., 2002).

O aparecimento de anormalidades como malformação do ponto de união, enrolamento das folhas, alteração do hábito de crescimento e/ou da arquitetura da planta, redução da produção e morte da planta sinalizam níveis de incompatibilidade (Goto et al., 2003). Em termos agrônômicos, pode-se considerar que o porta-enxerto tem compatibilidade se a produção comercial da cultivar nele enxertada for igual ou superior à da cultivar autoenxertada, na ausência de outros fatores limitantes, como doenças de solo (Mendonça et al., 2017).

Para entender o mecanismo responsável pela incompatibilidade de enxerto, Zarrouk et al. (2010) atribuíram incompatibilidade do enxerto a "translocada" ou "localizada". Em caso de incompatibilidade "translocada", os sintomas são observados nas fases iniciais de desenvolvimento da planta. Dentre os sintomas comumente observados estão término numa fase muito precoce do crescimento do enxerto e da raiz, redução da translocação de carboidratos na região de enxertia, enrugamento das folhas e clorose das folhas seguida de queda. Já a incompatibilidade "localizada" leva à má-formação na união do enxerto devido a problemas fisiológicos e mudanças morfológicas que eventualmente ocorrem, resultando em uma junção deficiente da enxertia e, em casos graves, a planta pode desmoronar na união do enxerto após alguns anos de enxertia. As alterações associadas à incompatibilidade localizada incluem ruptura do câmbio vascular, menor taxa de tecido de diferenciação, a lignificação eficiente e interrupção da continuidade vascular (Zarrouk et al., 2006, 2010; Pina et al., 2017).

Robaina et al. (2015), estudando o vigor e a compatibilidade da goiabeira 'Paluma' enxertada sobre araçazeiros resistentes à *M. enterolobii*, verificaram incompatibilidade de enxertia entre dois acessos de araçazeiros de *P. cattleianum* e a goiabeira 'Paluma'. Um ano após plantio no campo, foram verificados sintomas visuais de deficiências nutricionais nas plantas enxertadas, além de queda das folhas, rachaduras nas cascas dos troncos dos porta-enxertos, seca do ponteiro e brotações do porta-enxerto. Robaina et al. (2012) observaram baixos índices de pegamentos de subenxertia entre a goiabeira 'Paluma' e os acessos anteriormente citados, que apesar de ter obtido sucesso com a soldadura dos

tecidos não apresentaram funcionalidade do sistema vascular, sugerindo existir incompatibilidade entre os tecidos da goiabeira com tais acessos.

Freitas et al. (2014) utilizando *P. cattleianum* e *P. friedrichsthalianum* como porta-enxerto da goiabeira 'Paluma', constataram incompatibilidade em condições de campo, relatando 50% de sobrevivência dos enxertos de ambas as espécies, embora verificada compatibilidade inicialmente em condições de casa de vegetação.

Os mecanismos de expressão da incompatibilidade ainda não foram completamente elucidados, por serem de difícil estudo devido à amplitude de interações entre copa e porta-enxerto (Pina et al., 2012). Fachinello et al. (2005) e Hartmann et al. (2011) destacam alguns fatores que afetam essa incompatibilidade, a exemplo de afinidade genética, fatores fisiológicos, fatores bioquímicos, consistência dos tecidos, afinidade anatômica, porte e vigor, e sensibilidade a doenças.

A comunicação entre o porta-enxerto e o enxerto é bidirecional através do xilema e floema. Uma vez que um ferimento criado durante a enxertia causa perturbações do sistema vascular nas plantas, a formação da ligação vascular entre o ambos durante a cicatrização da enxertia é de grande importância, pois esta ligação do sistema vascular é necessária para facilitar a captação de água, bem como para assegurar o transporte de nutrientes para o porta-enxerto (Asahina e Satoh, 2015).

A incompatibilidade do enxerto pode afetar adversamente a conexão e funcionalidade do xilema ou o floema. Por exemplo, irregularidades no floema, como uma descontínua conexão do tubo de seiva na junção do enxerto ou um bloqueio dos elementos da seiva, podem impactar negativamente o transporte de fotoassimilados via floema, comprometendo assim o crescimento e a atividade da raiz (Kalmbach e Helariutta, 2019).

O sucesso de uma operação de enxertia depende da combinação das estruturas anatômicas do porta-enxerto e da copa, tanto que, se houver algum deslocamento dos elementos vasculares, uniões fracas ou distorcidas podem se formar, levando à falha da enxertia (Rasool et al., 2020).

Quando existe a união entre enxertos e porta-enxertos, a enxertia tende a ser bem-sucedida (Silva et al., 2010), e pode ser influenciada por diferentes fatores, tendo como exemplo sistema inerente de compatibilidade celular;



formação de plasmodesmata; conexões de tecido vascular; presença de reguladores de crescimento e peroxidases. As macromoléculas (proteínas do floema, RNA, hormônios) presentes no floema também podem ser importantes durante a diferenciação vascular no processo de compatibilidade (Pina e Errea, 2008; Pinna et al., 2009).

Biazatti (2013) observou bom desenvolvimento da goiabeira 'Paluma' produzida por enxertia sobre *P. guineense*, após o plantio no campo, e verificou-se perfeita união de tecidos entre essas duas espécies, o que indica que essa combinação pode ter maior afinidade anatômica que a combinação *P. guajava* e *P. cattleianum*. O autor não verificou pegamento entre a goiabeira 'Pedro Sato' e *P. cattleianum*. No entanto, verificou pegamento de 25% entre *P. guineense* e *P. cattleianum*, propondo que a espécie *P. guineense* poderia atuar como um interenxerto entre *P. guajava* e *P. cattleianum*.

Rieger et al. (2013) e Canas et al. (2015) afirmam que a existência de baixo grau de compatibilidade manifestado ao nível morfológico pode ser expresso por diferentes taxas de crescimento e/ou vigor do garfo e do porta-enxerto de uvas; amarelecimento nas castas brancas ou vermelhidão das folhas das castas tintas, a que pode suceder uma desfolha precoce; aparecimento de fendas no tecido lenhoso próximo da união do enxerto; intumescência da união do enxerto; manifestação de necroses no tronco; crescimento vegetativo reduzido e definhamento e morte da planta enxertada.

## **2.8 Aspectos fisiológicos de plantas enxertadas**

A enxertia é amplamente utilizada visando à melhoria das características agronômicas e fisiológicas das plantas (Warschefsky et al., 2016). Porém, a técnica induz um estresse diversos às plantas, pois o fluxo de água e nutrientes das raízes para a copa é interrompido até o novo xilema ser restabelecido (Melnyk et al., 2018).

Metabolismos fisiológicos complexos, ainda não elucidados, são afetados durante a união do enxerto em formação (Koepke e Dhingra, 2013). A enxertia, como um estresse de ferimento, aciona os sistemas de defesa antioxidante. Estudos indicam a presença de um nível mais alto de espécies reativas de oxigênio ou um sistema de desintoxicação menos eficiente em copa e porta-enxertos incompatíveis (Irisarri et al., 2015). O peróxido de hidrogênio atua como

uma molécula sinalizadora no sistema da enxertia (Wang et al., 2016), enquanto certas antioxidases também são ativadas nas lignificações do xilema do sistema vascular recentemente diferenciado durante a cicatrização da junção do enxerto (Whetten et al., 1998).

As interações fisiológicas estão entre os principais fatores que determinam a compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto (Pinheiro, 2017).

Os efeitos de porta-enxertos sobre enxertos podem ocorrer por meio de mudanças no balanço hormonal, absorção de água, trocas gasosas e translocação de assimilados, que implicam no crescimento vegetativo dos mesmos (Atkinson et al., 2003; Goto et al., 2010; Aumonde et al., 2011).

As taxas de fotossíntese e as relações hídricas, em citros por exemplo, tanto sob condições normais quanto sob estresse hídrico, sofrem influência do porta-enxerto utilizado e, como consequência, interferem no vigor geral da planta (Sousa et al., 2019).

Magalhães Filho et al. (2008) ao trabalharem com citros, observaram maior tolerância à deficiência hídrica de laranjeira 'Valência' sobre o porta-enxerto limoeiro 'Cravo' em relação ao porta-enxerto *Poncirus trifoliata* 'Rubidoux', justificado pelo maior desenvolvido do sistema radicular do limoeiro 'Cravo'.

A capacidade de adaptabilidade à seca é atribuída a fatores fisiológicos que incluem condutância estomática, conteúdo de ácido abscísico (ABA) no xilema, potencial de água nas folhas, teor de clorofila e, principalmente, eficiência intrínseca ao uso da água (Merli et al., 2016). Segundo Schwarz et al. (2010), a enxertia de cultivares superiores e comerciais em porta-enxertos capazes de reduzir o efeito do estresse hídrico, é considerado uma ferramenta promissora para reduzir perdas de água na produção, para aumentar a resistência à seca e melhorar a eficiência do uso da água em condições de seca. Silva et al. (2010) relataram que a enxertia de café Conilon sensíveis à seca, em porta-enxertos tolerantes, aumentou a tolerância à seca e a eficiência do uso da água pelas plantas.

Além da tradicional combinação entre copa e porta-enxerto, Sousa et al. (2018) afirmam que a introdução de um tecido de genótipo diferente entre estas partes e que seja compatível com ambas, é viável e permite a produção de plantas com capacidade fisiológica adequada. A técnica denominada interenxertia possibilita a união de duas plantas incompatíveis (Sousa et al., 2019).

No entanto, a enxertia pode criar resistência hidráulica no interenxerto (entre o enxerto e o porta-enxerto), que pode afetar o transporte de água na planta (Cohen et al., 2007). Segundo Scarpate Filho et al. (2000) e Hartman et al. (2011) os interenxertos afetam ainda a translocação de nutrientes, hormônios vegetais e outras substâncias, os quais atuam sobre crescimento, floração e frutificação.

Sousa et al. (2019), aplicando a técnica em citros, sendo a laranja 'Pêra' usada como copa, laranja 'Seleta' ou limão 'Cravo' como interenxertos e o *Poncirus trifoliata* var. 'Flying Dragon' como porta-enxerto, constataram que as mudas assim produzidas se tornam mais sensíveis à ação da demanda evaporativa atmosférica, resultando em uma redução na taxa líquida de assimilação de CO<sub>2</sub>, embora não tenha sido relatado alteração significativa no tamanho das mudas durante o período avaliado.

Alguns estudos têm sugerido, por exemplo, a hipótese de que a utilização de porta-enxertos nanicantes induz aumento da resistência hidráulica específica das folhas, provocando redução do fluxo de água para o dossel, e das taxas de trocas gasosas, além de afetar os sinais hormonais, provocando o decréscimo na altura das plantas (Atkinson et al., 2003; Basile et al., 2003; Whiting et al., 2005).

Apesar destes efeitos, a produtividade e a qualidade das frutas não são prejudicadas, pois embora árvores enxertadas sobre porta-enxertos vigorosos possuam maior assimilação de CO<sub>2</sub>, árvores enxertadas sobre porta-enxertos nanicantes têm melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, como água e radiação solar. Isto torna as árvores mais eficientes em termos produtivos, uma vez que, em detrimento do crescimento vegetativo, os fotoassimilados são utilizados mais eficientemente para a produção de frutos (Gonçalves et al., 2006; Cantuarias-Avilés et al., 2012; Gullo et al., 2014).

Uma frágil união da enxertia causada por fracas conexões vasculares entre enxerto e porta-enxerto, também podem aumentar a resistência hidráulica (Adams et al., 2018). Tworkoski e Fazio (2015) sugerem que a condutividade hidráulica pode ser limitada pelo sistema radicular ou pela união do enxerto. Atkinson et al. (2003) relatam que um porta-enxerto vigoroso aumenta a condutividade em toda a planta, e que o enxerto deste tem menos resistência do que um enxerto de porta-enxerto de pouco vigor, o qual leva tempo para corrigir as diferenças no comprimento dos segmentos (tecidos). Os mesmos autores

sugerem que porta-enxertos vigorosos podem ter maior condutância devido a proporção aumentada de xilema ativo.

Conforme Richardson et al. (2009) e Martínez-Andújar et al. (2016), a promoção do vigor de porta-enxertos tem sido relacionada com um aumento da capacidade de assimilação de nutrientes, traduzida em maior conteúdo de clorofila foliar ou sua fluorescência. Existem ainda alterações no balanço hormonal entre enxerto e porta-enxerto. Mudanças nas concentrações de ABA, citocininas e ácido aminociclopropano-1-carboxílico, precursor do etileno, na seiva do xilema, tem sido relatadas quando se utiliza porta-enxertos de alto vigor comparados aos de baixo vigor ou a plantas não enxertadas, interferindo no tamanho da folha, fechamento estomático e perda de água (Albacete et al., 2009; Cantero-Navarro et al., 2016).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação na região Norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil (latitude 21° 45' 44" S, longitude 41° 17' 19" W), a uma altitude de 10 m. Para tanto, foram realizados dois experimentos. No primeiro experimento, objetivou-se avaliar os primeiros indicadores de compatibilidade da enxertia entre a goiabeira 'Paluma' (enxerto) e híbridos de *Psidium* spp. (porta-enxerto), por meio da avaliação da condutividade hidráulica do sistema radicular em mudas. No segundo experimento, objetivou-se avaliar em longo prazo a compatibilidade de enxertia entre a 'Paluma' e híbridos de *Psidium* spp., por meio das avaliações de crescimento e da capacidade fotossintética, com avaliação até 1.170 dias após a enxertia (DAE) das mudas; e o vigor vegetativo dessas mudas enxertadas, em resposta a duas podas sucessivas.

#### 3.1. Experimento 1

Neste primeiro experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizados (DIC), constituídos de cinco tratamentos os quais consistiram na goiabeira 'Paluma' sem enxertia (T1); no híbrido H121 sem enxertia (T2) e no híbrido H237 sem enxertia (T3). Os demais tratamentos foram constituídos por mudas da goiabeira 'Paluma' enxertada sobre um "pool" de híbridos de *Psidium* spp. codificados por H121, H237, H242, H251 e H253. Nas mudas enxertadas foi feito um corte para avaliação da condutividade hidráulica abaixo da região de enxertia (T4) e outro corte para avaliação da condutividade hidráulica acima da região de enxertia (T5).

### 3.1.1. Propagação do material vegetal

Os híbridos de *Psidium* spp. foram obtidos de um minijardim clonal de híbridos de *P. guajava* x *P. cattleianum* (H121) e *P. guineense* x *P. cattleianum* (H237, H242, H251 e H253) desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento da Goiabeira da UENF, já estabelecidos em casa de vegetação. Os híbridos e a goiabeira ‘Paluma’, que constituíram tanto os tratamentos sem enxertia quanto os tratamentos enxertados foram multiplicados por miniestaquia, realizada conforme metodologia descrita por Arantes et al. (2021a), em tubetes de 280 cm<sup>3</sup> contendo substrato comercial Basaplant® (Figura 1).

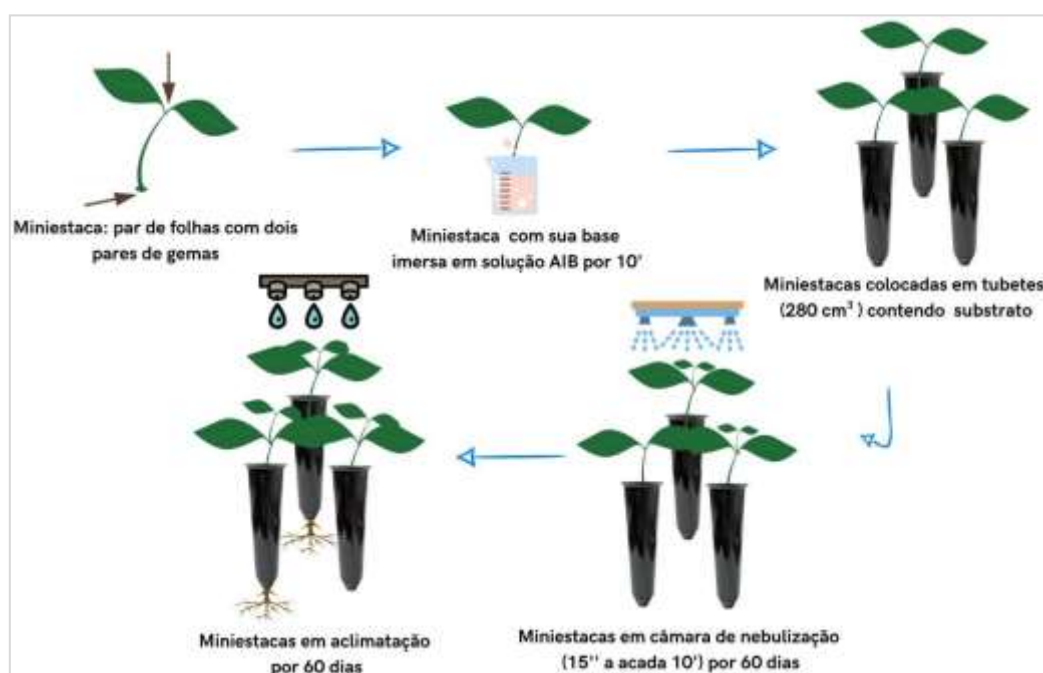


Figura 1. Esquema da multiplicação da goiabeira ‘Paluma’ e dos híbridos de *Psidium* spp. por miniestaquia.

Quando as mudas apresentavam altura média de 15,0 cm, foi realizada a enxertia, adotando como método a minigarfagem em fenda cheia de topo. Os minigarfos foram oriundos de um minijardim clonal da goiabeira ‘Paluma’, e o procedimento foi realizado seguindo a metodologia descrita por Arantes et al. (2021b) (Figura 2).

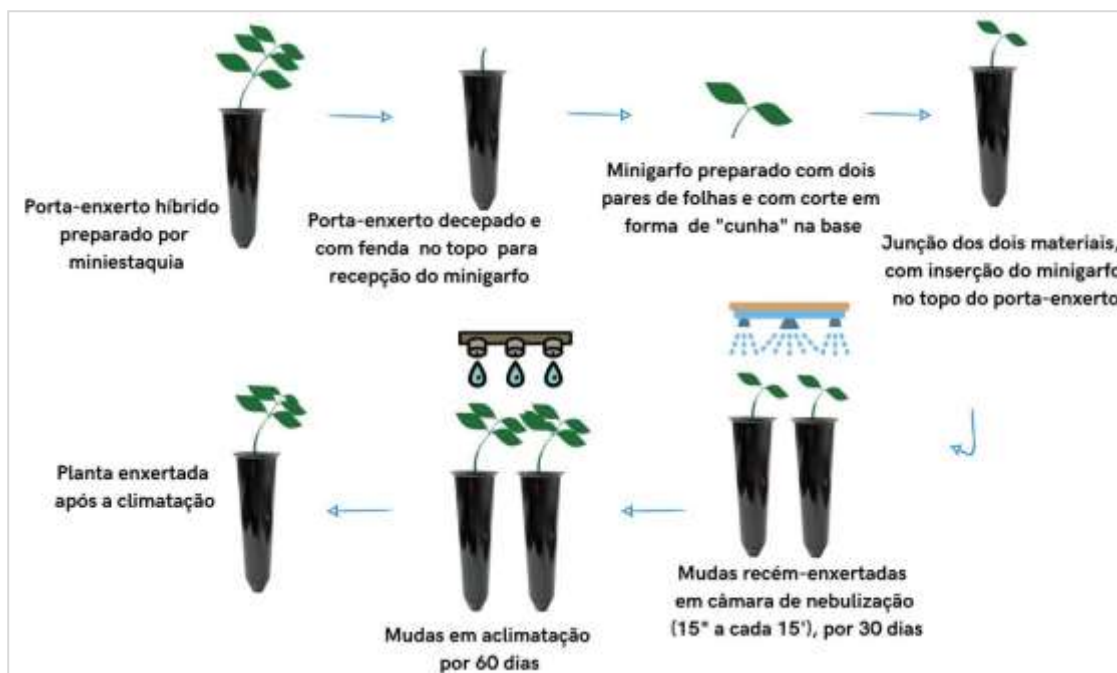


Figura 2. Esquema de enxertia por minigarfagem da goiabeira 'Paluma' sobre os híbridos de *Psidium* spp.

### 3.1.2. Avaliação da condutividade hidráulica da raiz

Após a fase de aclimação, as mudas foram conduzidas sob condições de casa de vegetação. Foi realizada adubação com solução de Bolle-Jones (1954), no intervalo de 9 dias, e com solução de nitrato de cálcio,  $1 \text{ g L}^{-1}$ , no intervalo de 7 dias.

Quando as mudas tinham aproximadamente um ano de idade, foram realizadas as avaliações de condutância e condutividade hidráulica de raízes, as quais foram obtidas de acordo com o método descrito em Liu et al. (2001) e Qing-Ming e Bin-Bin (2010) com a captação de exsudato obtido por meio do seccionamento da parte aérea.

As plantas foram mantidas durante a noite (aproximadamente 19h) em ambiente climatizado ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ , 65% de umidade e  $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) antes de iniciar as medições. Esses procedimentos eram necessários para evitar grandes flutuações na condutividade radicular durante as medições (Henzler et al., 1999).

Para os T1, T2 e T3, propagados por miniestaquia, a parte aérea foi seccionada da brotação emitida a partir da estaca de enraizamento na altura de 5 cm, a contar da mesma, e para os tratamentos propagados por enxertia, a parte

aérea foi seccionada da brotação 2,0 cm abaixo da região de enxertia (T4) e 2,0 cm acima da região de enxertia (T5). O seccionamento foi realizado com o caule imerso em água para evitar a entrada de ar por refluxo no momento do corte.

O sistema radicular íntegro com substrato foi imerso em água, submetido às pressões de 0,1, 0,2, 0,3 e 0,4 MPa (120 segundos em cada pressão) dentro de uma câmara de pressão do tipo 'Scholander', modelo PWSC-3005, Soil moisture E. Corporation, USA. O exsudado foi colhido utilizando-se papel absorvente com massa definida e pesado em balança de precisão em cada pressão aplicada.

### 3.1.3. Variáveis avaliadas e estatística

O fluxo ( $J$ ,  $\text{kg s}^{-1}$ ) foi determinado com a massa obtida em função do tempo de coleta do exsudato (120 segundos). A condutância hidráulica de raiz ( $K$ ,  $\text{kg s}^{-1}\text{MPa}^{-1}$ ) foi obtida pela relação entre o fluxo ( $J$ ,  $\text{kg s}^{-1}$ ) e a variação de pressão ( $\Delta P$ , MPa) utilizada. A condutividade hidráulica de raiz foi calculada por meio da normalização do valor de  $K$  por massa seca de raiz ( $K$ ,  $MR$ ,  $\text{kg s}^{-1} \text{kg}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) e área foliar ( $K$ ,  $AF$ ,  $\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-2} \text{MPa}^{-1}$ ) (Becker et al., 1999).

Foi determinada a massa de raiz ( $MSR$ ), obtida por meio da secagem em estufa de ventilação forçada a 70°C por 72 horas e, posteriormente, pesagem em balança analítica. A área foliar foi determinada com o auxílio de um medidor de bancada modelo LI -3100 LICOR (Lincoln, NE, USA).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 3.2 Experimento 2

No segundo experimento foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos, sete repetições, e uma planta por parcela. Os tratamentos foram constituídos pelos híbridos derivados de cruzamentos entre as espécies *P. guineense* x *P. cattleianum*, codificados como H237, H242 e H251 (Gomes et al., 2017) utilizados como porta-enxertos para a goiabeira 'Paluma'. A goiabeira 'Paluma', sem enxertia, propagada por miniestaquia foi utilizada como testemunha.



### 3.2.1 Propagação do material vegetal

Os porta-enxertos foram obtidos de um minijardim clonal e multiplicados por miniestaquia (Figura 1). Após a fase de aclimação, porta-enxertos híbridos foram transplantados para vasos de 3,8 L, contendo de superfosfato simples, 9,7 g L<sup>-1</sup>; calcário, 30,0 g L<sup>-1</sup> e fertilizante de liberação lenta Osmocote®, 6,6 g L<sup>-1</sup>, na formulação 17-07-12 (Biazatti et al., 2018). Após 210 dias foi realizada a enxertia, pelo método de minigarfem em fenda cheia de topo. Os minigarfos foram oriundos de um minijardim clonal da goiabeira 'Paluma', e o procedimento foi realizado seguindo a metodologia descrita por Arantes et al. (2021b).

### 3.2.2 Transplântio das mudas

As plantas foram conduzidas, em haste única até o transplântio. Aos 450 DAE, quando as plantas apresentavam altura média de 1,0 m, foram podadas a 30 cm acima da região de enxertia, para formação da copa da planta. Estas então foram transplantadas para vasos de 33 L, e mantidos em casa de vegetação protegida com Sombrite® 50% com telado lateral, forrada com ráfia de solo. O espaçamento entre linhas foi 1,40 m e entre vasos foi 0,65 m. Os vasos foram preenchidos com uma mistura de areia, solo e esterco bovino. O solo foi adubado com 8,5 mg Kg<sup>-1</sup> de solo de calcário e 2,74 g Kg<sup>-1</sup> de solo de superfosfato simples realizado conforme resultados da análise de solo. Na mistura também adicionou-se fertilizante de liberação lenta Osmocote®, 6,6 g L<sup>-1</sup>, na formulação 17-07-12. Todas as etapas da realização de enxertia até o transplântio estão ilustradas na Figura 3.

Adubações de cobertura foram feitas uma vez ao ano, com 7,6 g de ureia, 24,7 g de superfosfato simples e 2,8 g de cloreto de potássio por vaso, em três parcelas, com intervalo de 30 dias. A cada 3 meses, as plantas receberam aplicações foliares com calda contendo 25 g de sulfato de cobre; 25 g de cal virgem; 40 g de sulfato de manganês; 10 g de sulfato de zinco e 5 g de ácido bórico, a cada 5 L de água (Fernandes et al., 2006).

A irrigação do experimento foi por sistema de gotejamento, conforme demanda hídrica, e foram realizadas pulverizações periódicas com defensivos agrícolas para o controle de trips e psílídeos.

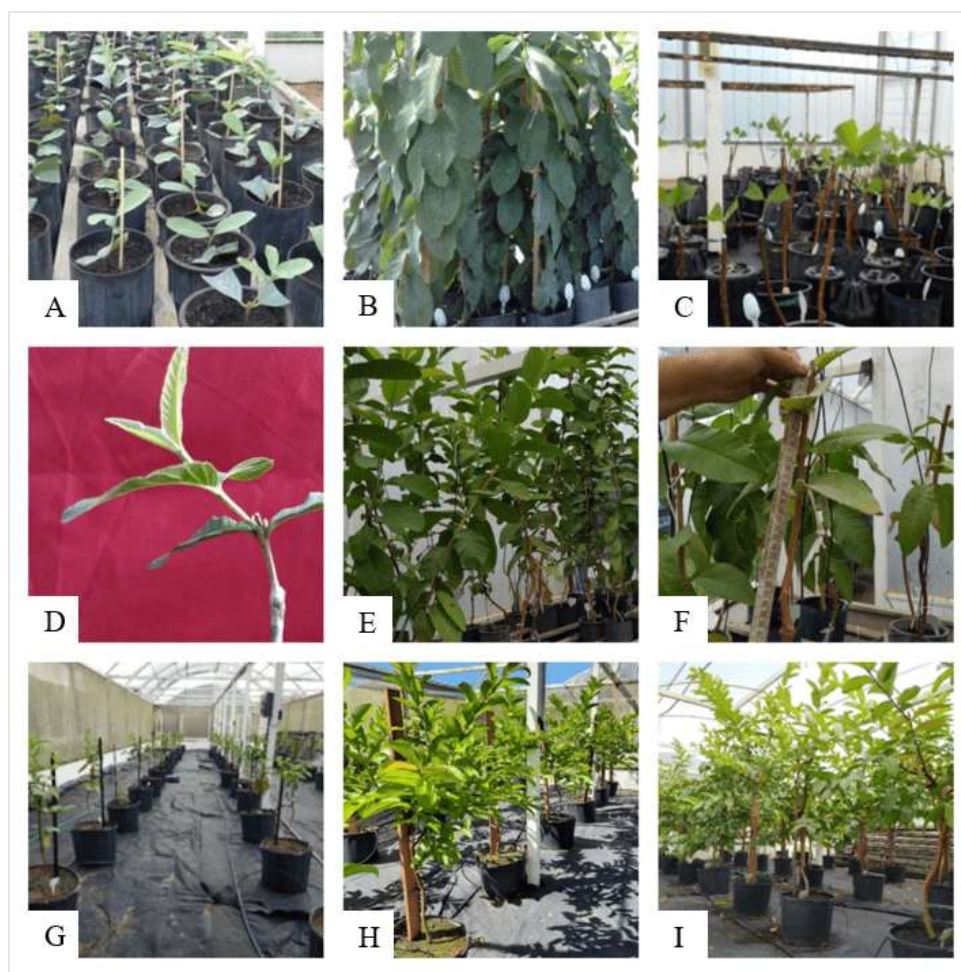


Figura 3. Porta-enxerto preparado por miniestaquia, e transplantado para vasos de 3,8 L (A); porta-enxerto conduzido em haste única após um ano (B); goiabeira 'Paluma' recém enxertada sobre os porta-enxertos híbridos, em câmara de nebulização (C); goiabeira 'Paluma' sobre os porta-enxertos híbridos aos 60 DAE (D); goiabeira 'Paluma' aos 380 DAE, conduzidas em haste única (E); poda das mudas enxertadas a 30 cm da região de enxertia, para formação da copa da planta (F); mudas enxertadas recém transplantadas para vasos de 33 L (G); goiabeira 'Paluma' sobre os porta-enxertos híbridos aos 630 DAE (H); goiabeira 'Paluma' sobre os porta-enxertos híbridos aos 840 DAE (I).

### 3.2.3 Realização das podas

Uma poda de formação, aos 450 DAE, quando a planta estava sob condução de haste única, foi realizada 30 dias antes do transplântio para vasos de 33 L, e consistiu no desponte das mudas a uma altura de 30,0 cm, para induzir a formação das pernas principais das plantas.

Depois do transplântio mais duas podas de formação foram programadas em diferentes estações do ano. A primeira poda foi realizada na primavera, em outubro de 2020 (510 DAE) enquanto a segunda poda foi realizada no outono, em

abril de 2021 (690 DAE). Todos os ramos de crescimento da planta foram podados sem considerar seu diâmetro. Durante a realização da poda, foram eliminados flores e frutos presentes nas plantas. Na primeira poda os quatro ramos foram despontados a partir do quarto par de folhas, e na segunda poda deixaram-se três ramos principais (pernadas) com seis ramos secundários, os quais foram despontados a partir de seis pares de folhas.

#### 3.2.4 Avaliação biométrica

As avaliações biométricas foram realizadas mensalmente e consistiram na mensuração da altura da planta, com uso de trena, e de diâmetros da região de enxertia, do caule do porta-enxerto e da copa, mensurados a 3,0 cm abaixo e 3,0 cm acima do ponto de enxertia, respectivamente, com o uso de paquímetro digital. As avaliações foram realizadas no período de agosto/2020 a agosto/2021, correspondendo de 480 a 840 DAE. Aos 1.170 DAE foi realizada a última avaliação biométrica de alturas e diâmetros.

Aos 1.170 DAE também foi realizada uma avaliação qualitativa para a verificação de sintomas de incompatibilidade nos tratamentos enxertados. Foi realizada a abertura de uma janela sob a casca medidas aproximadas de 1,0 cm de largura x 3,0 cm de altura, na região de enxertia, de modo a abranger na mesma proporção da região da copa e do porta-enxerto. Na observação procurou-se por sintomas de incompatibilidade nos tecidos do lenho, como a presença de pontos e/ou linhas necróticas. Todas as plantas foram examinadas.

As avaliações biométricas aos 1.170 DAE tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As avaliações biométricas efetuadas em mais de uma época, foram submetidas à análise em esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os dados foram submetidos a análises de regressão a 5% de probabilidade.

Foi calculado o incremento em altura segundo a equação:

$$\text{Incremento em altura (\%)} = \left( \frac{H-h}{h} \right) \cdot 100$$

em que  $H$ =Altura final (cm) e  $h$ =Altura inicial (cm).

### 3.2.5 Avaliação fisiológica

As avaliações das características fisiológicas foram realizadas logo após a poda em cada estação. Após 30 dias da poda, quando as novas brotações já estavam com pelo menos dois pares de folhas completamente desenvolvidas, marcou-se um par de folhas recém-emitidas, que tiveram seu desenvolvimento acompanhados, a cada três dias, avaliando-se o comprimento da nervura central, medido com o auxílio de uma régua. A partir da 5ª avaliação, correspondente ao 13º dia de desenvolvimento foliar, quando a folha tinha área foliar que permitisse o uso do aparelho SPAD, começou a avaliação do índice de clorofila, estimado por meio do medidor portátil de clorofila modelo SPAD – 502 “*Soil Plant Analyser Development*” (Minolta Company, Japan), sendo feitas três leituras por folha e determinada a média por planta. Essas avaliações levaram aproximadamente 30 dias, pois foram feitas quando as folhas estavam maduras, completamente expandidas e com valores de leitura no SPAD estabilizados. Neste momento foram realizadas as avaliações da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) e taxa transpiratória ( $E$ ), por meio do analisador de gás por infravermelho (IRGA), modelo LI- 6400 50 (LI-COR, Lincoln, NE, USA), utilizando-se fonte de luz artificial de 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As avaliações foram realizadas às 8h e às 13h00. A Eficiência instantânea do uso de água ( $A / E$ ) e a Eficiência intrínseca do uso de água ( $A / g_s$ ) foram calculadas usando os valores  $A$ ,  $g_s$  e  $E$ .

As avaliações de comprimento de nervura central e de SPAD, foram submetidas à análise em esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os dados foram submetidos a análises de regressão a 5% de probabilidade. Os dados das características fisiológicas foram submetidos à análise em esquema de parcelas sub-subdivididas na estação do ano e na hora de avaliação, cuja médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.2.6 Avaliação do vigor vegetativo

O crescimento vegetativo das plantas foi avaliado por meio da mensuração da capacidade de rebrota após a poda. Aos 14 dias após a poda (DAP) quando as gemas começaram a intumescer, começou-se a contagem do

número de gemas intumescidas (NGI) e número de brotos emitidos (NBE) em toda a copa da planta, semanalmente, até os 63 DAP. Aos 63 DAP, quando os ramos tinham 4 pares de folhas completamente desenvolvidas, foi selecionado um ramo por planta para avaliação do comprimento, do diâmetro e do número de folhas. Nesse período também foi avaliado em toda a copa da planta o número de ramos estabelecidos, ramos vegetativos e ramos produtivos. Considerou-se como ramo estabelecido aquele que apresentava pelo menos três pares de folhas completamente desenvolvidas, ramos produtivos aquele que apresentava fruto, e o número de ramo vegetativo foi obtido, pela diferença entre número de ramos estabelecidos e ramos produtivos.

NGI e NBE foram transformados de acordo com a equação  $\sqrt{(x + 0,5)}$ , para atender as suposições da distribuição normal. As avaliações conjuntas das podas foram em esquema de parcelas subsubdivididas no tempo, onde as subparcelas foram as duas podas, e as sub-subparcelas foram as épocas de avaliações semanais. As médias de NGI e NBE foram submetidas à análise de regressão a 5% de probabilidade. As médias de diâmetro, comprimento e número de folhas do ramo foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As médias de temperatura e umidade relativa no interior da casa de vegetação foram monitoradas por um termo-higrômetro digital e são apresentadas na Figura 4.

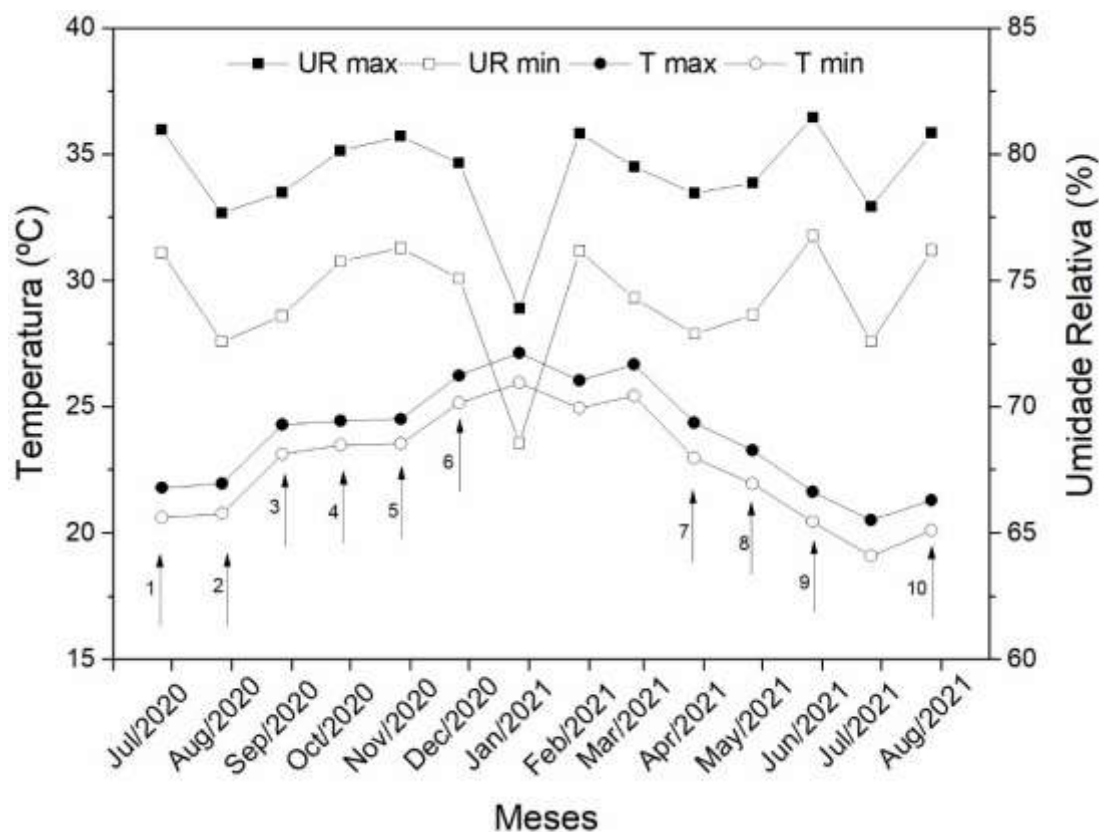


Figura 4. Temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação durante o período de condução dos experimentos: 1. Transplântio das mudas para vasos de 33 L; 2. Avaliação biométrica aos 480 DAE; 3. Avaliação da condutividade hidráulica; 4. Primeira poda, aos 510 DAE; 5. Avaliação do vigor vegetativo na primavera; 6. Avaliação das características fisiológicas na primavera; 7. Segunda poda, aos 690 DAE; 8. Avaliação do vigor vegetativo no outono; 9. Avaliação das características fisiológicas no outono; 10. Avaliação biométrica aos 840 DAE.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento 1

#### 4.1.2 Condutividade hidráulica da raiz

A condutância hidráulica da raiz (K) foi maior nos tratamentos enxertados, mesmo quando o corte para leitura foi realizado acima do ponto de enxertia, considerado um ponto de resistência à passagem de água (PA/H ACPE) (Figura 5A).

Os resultados deste trabalho contradizem os de outros estudos, a exemplo de Nordey et al. (2020) que evidenciaram o impacto negativo da enxertia na condutividade hidráulica dos vasos do xilema no caule, algumas semanas após a enxertia em tomate, havendo menor condutividade hidráulica em plantas enxertadas em comparação com plantas não enxertadas, explicada pelos autores pela descontinuidade nos feixes vasculares na região de enxertia.

Martínez-Alcántara et al. (2013), ao estudarem condutividade hidráulica em porta-enxerto *Flying dragon*, relataram a resistência hidráulica na região de enxertia, especialmente, quando se trata de porta-enxertos nanicantes, mostrando menor capacidade hidráulica do que outros porta-enxertos vigorosos. Sousa et al. (2019) também relataram baixa condutividade hidráulica avaliando dupla enxertia em mudas de laranja, quando um dos porta-enxertos sofreu anelamento e comprometeu o aporte de fotoassimilados às raízes.

Por outro lado, quando K foi normalizada pela massa seca de raiz – KMR (Figura 5B) e pela área foliar KAF (Figura 5C) resultou em variações não significativas entres os tratamentos enxertados e não enxertadas, e a avaliação foi feita abaixo e acima da região de enxertia.

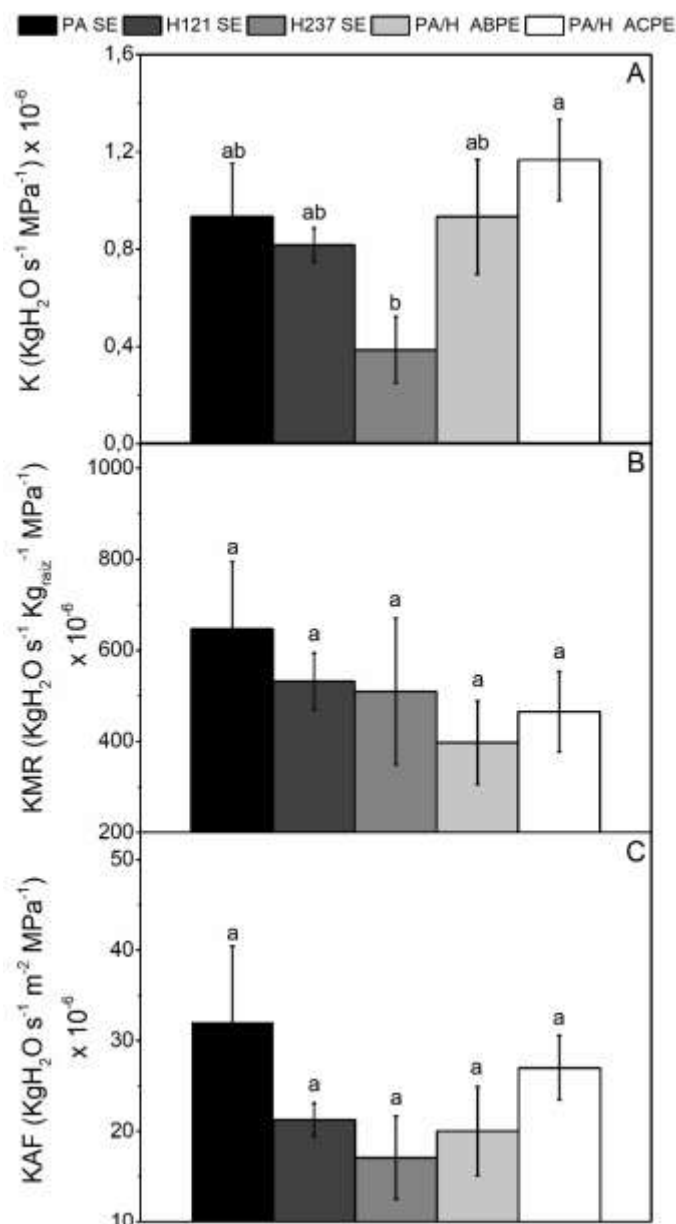


Figura 5. Condutância hidráulica da raiz – K (A) e K normalizada pela massa seca de raiz – KMR (B) e área foliar – KAF (C) em goiabeira ‘Paluma’ sem enxertia (PASE), híbrido 121 sem enxertia (H121 SE), híbrido 237 sem enxertia (H237 SE), goiabeira ‘Paluma’ enxertada sobre híbridos com corte de avaliação abaixo do ponto de enxertia (PA/H ABPE) e goiabeira ‘Paluma’ enxertada sobre híbridos com corte de avaliação acima do ponto de enxertia (PA/H ACPE). São mostradas a média  $\pm$  erro-padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



Plantas não enxertadas e enxertadas foram capazes igualmente de fornecer água do sistema radicular à parte aérea.

Conexões irregulares no xilema não foram observadas para plantas auto enxertadas de pimenta, tomate e berinjela, 30 dias após a enxertia, denotando nenhuma restrição hidráulica causada pela enxertia (Penella et al., 2017).

Apesar das diferenças para a condutância hidráulica entre os tratamentos, Martínez-Alcántara et al. (2013) também relataram redução quando K foi normalizada pela massa seca de raiz e pela área foliar.

Conforme Tombesi et al. (2009) e Figueiredo et al. (2014), a absorção e o transporte de água pelas raízes são influenciados por diversos fatores, como as características anatômicas do xilema, o confinamento e a deformação das raízes e o menor número de células no córtex.

Nordey et al. (2020) avaliaram plantas recém enxertadas, as quais apresentaram maior resistência hidráulica do que as não enxertadas. Estudos sobre kiwis (Clearwater et al., 2004) e pêssigo (Solari et al., 2006) explicam que essa resistência hidráulica pode ser diminuída em estágios posteriores de desenvolvimento da planta enxertada. Vale ressaltar que as medições hidráulicas foram feitas poucos meses após a enxertia, e já nessa fase, a região de enxertia não foi uma resistência hidráulica, diferente do relatado por outros autores.

Uma menor condutividade hidráulica e conseqüentemente uma redução na translocação de assimilados em plantas enxertadas configuram sérias dificuldades ao desenvolvimento da planta, consistindo em sinais de incompatibilidade. Neste trabalho, a enxertia não resultou em aumento da resistência à capacidade do sistema radicular de fornecer água à parte aérea, presumindo indício de compatibilidade entre copa e porta-enxerto.

## **4.2 Experimento 2**

### *4.2.1 Características biométricas*

Após a primeira poda de formação (outubro/2020) que correspondeu ao desponte das pernas primárias das mudas, houve diferença entre o padrão de crescimento em altura da goiabeira 'Paluma' sem enxertia e o padrão dessa copa quando enxertada sobre os híbridos (Figura 6).

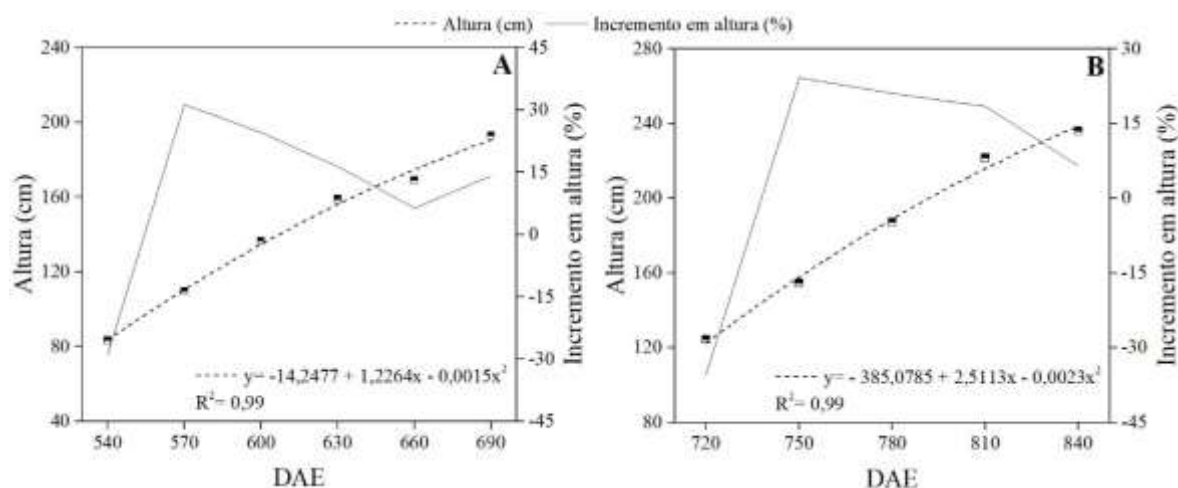


Figura 6. Altura (cm) e Incremento em altura (%) da goiabeira 'Paluma' (PA) sem enxertia e enxertada sobre os genótipos (PA/H237, PA/H242 e PA/H251) em função dos Dias Após a Enxertia (DAE). A= altura medida após a primeira poda (outubro/2020). B= altura medida após a segunda poda (abril/2021). São mostrados a média  $\pm$  erro-padrão da média.

A goiabeira 'Paluma' sem enxertia (PA) tinha inicialmente uma altura menor, mas sua taxa de crescimento foi superior às das plantas enxertadas, não havendo mais diferença entre os tratamentos a partir dos 600 DAE. A menor altura inicial da PA ocorreu por sua diferença de idade em relação às plantas enxertadas. A muda de PA foi feita oito meses após a enxertia da 'Paluma' sobre os genótipos, uma vez que mudas enxertadas precisam de maior tempo para sua produção do que mudas propagadas por estacas. Apesar da diferença da idade das mudas, a PA mostrou melhor desempenho em altura do que quando a goiabeira foi enxertada sobre os genótipos, indicando um potencial dos porta-enxertos em reduzir o vigor da copa.

Após a segunda poda de formação (abril/2021), a altura entre os tratamentos seguiu o mesmo padrão, ou seja, altura crescente ao longo das avaliações e sem diferenças para essa característica de vigor induzida pelos porta-enxertos, provavelmente porque o crescimento dos ramos remanescentes passou também a ocorrer lateralmente, indicando a presença de mais drenos, com crescimento lateral.

Aos 840 DAE, após as duas podas, a goiabeira 'Paluma' sem enxertia e enxertada sobre o híbrido, atingiram altura média de 2,36 m.

Lourenço et al. (2022) verificaram altura média de 2,20 m em goiabeira 'Paluma' enxertada sobre o híbrido 'BRS Guaraçá' em campo, após uma poda de formação e duas podas de produção. Segundo os autores o porta-enxerto 'BRS Guaraçá' induziu vigor e maior produção à goiabeira 'Paluma'. Simões et al. (2023) também afirmaram que o cultivo da goiabeira 'Paluma' sobre o porta-enxerto 'BRS Guaraçá' promove maior produção de frutos, os quais são os maiores drenos durante a fase de frutificação.

Uma vez que novos porta-enxertos estão sendo avaliados para a goiabeira, a indução de nanismo por parte destes é uma característica que precisa começar a ser avaliada. Em culturas como a macieira e os citros, por exemplo, a utilização de porta-enxertos ananizantes, que induzam copas de menor tamanho, permitem o adensamento de plantas, maior potencial de produtividade por área, além da facilidade nas operações de colheita, monitoramento de pragas e doenças, aumentando, assim, a eficiência dos tratamentos culturais e das pulverizações, reduzindo custos e otimizando a mão de obra (Bastos et al., 2014).

Aos 1.170 DAE houve diferença entre o padrão de crescimento em altura da goiabeira 'Paluma' sem enxertia e o padrão dessa copa quando enxertada sobre os híbridos, sendo a goiabeira 'Paluma' sem enxertia mais alta quando comparada à goiabeira enxertada (Figura 7), o que evidenciou o vigor do material genético que a goiabeira 'Paluma' apresenta. O maior crescimento do enxerto em relação ao porta-enxerto pode ser resultado de maior acúmulo de reservas na parte aérea, o que, num primeiro momento, resultaria no aumento de vigor verificado.

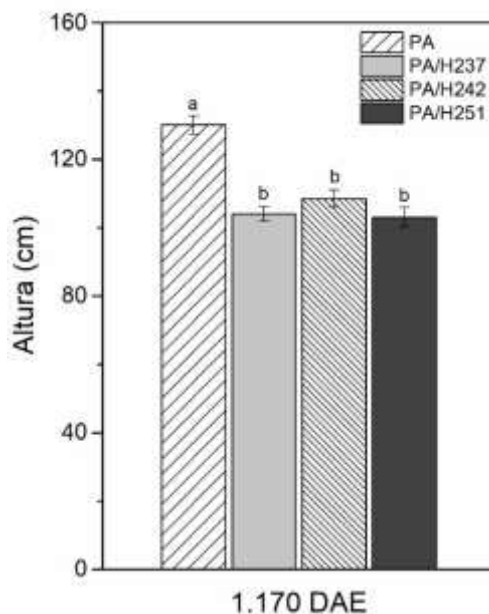


Figura 7. Altura (cm) da goiabeira 'Paluma' (PA) sem enxertia e enxertada sobre os híbridos (H237, H242 e H251) aos 1.170 DAE. São mostrados a média  $\pm$  erro-padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O diâmetro do caule do porta-enxerto não diferiu entre os tratamentos, porém, foi significativo o crescimento em diâmetro dos tratamentos ao longo das épocas (Figura 8A). Para o diâmetro do caule da copa, ou seja, da goiabeira 'Paluma', agora sob efeito dos porta-enxertos híbridos, houve diferença entre os tratamentos. A partir dos 600 DAE os porta-enxertos H237 e H242 se destacaram por induzir valores crescentes de diâmetro à copa, enquanto o porta-enxerto H251 induziu menores valores. A goiabeira 'Paluma' sem enxertia também mostrou menores valores para diâmetro do caule da copa, ou seja, maior vigor para essa variável foi observada para a goiabeira enxertada (Figura 8B). Os porta-enxertos também induziram crescimento mais acelerado à copa, que atingiu média de 25,9 mm de diâmetro, enquanto o porta-enxerto teve média de diâmetro de 22,8 mm aos 840 DAE.

Quando se trata do estudo de combinações copa-porta-enxerto o diâmetro do caule é importante, por ser um indicador da compatibilidade entre porta-enxerto e copa, uma vez que, geralmente os sintomas de incompatibilidade só são identificados visualmente, após alguns anos da enxertia, e são influenciados por condições ambientais (Hartmann et al., 2002).

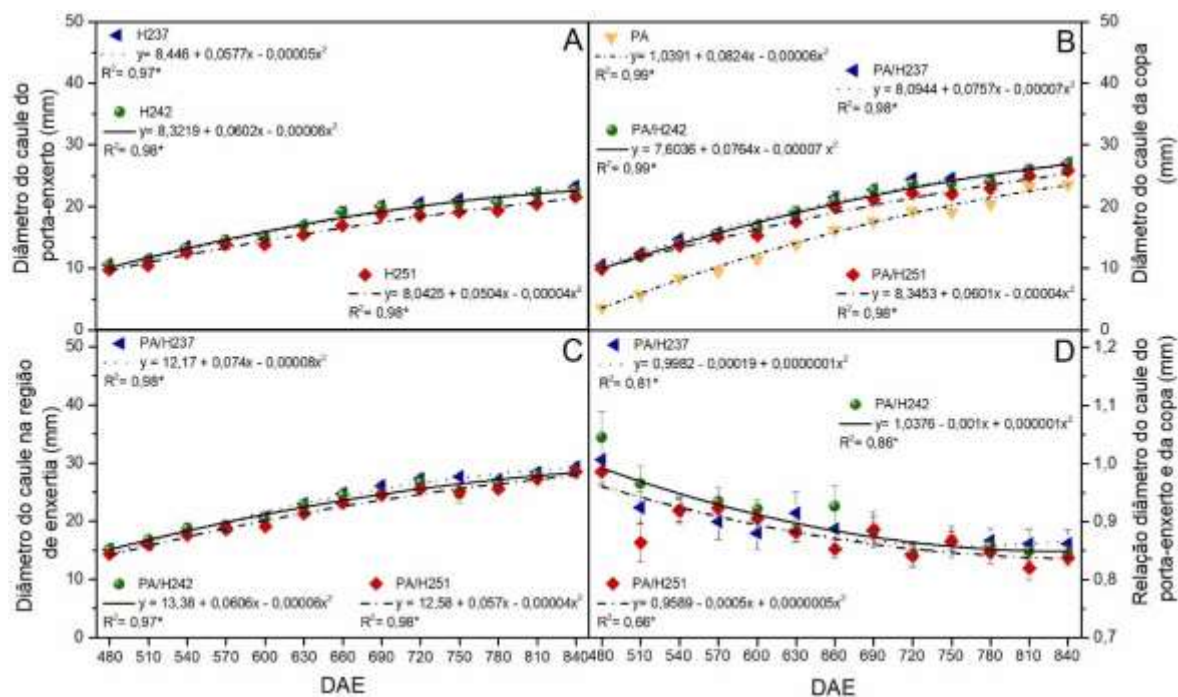


Figura 8. Diâmetros (mm) do porta-enxerto (A); da copa (B); da região de enxertia (C) e a Relação entre o diâmetro do caule do porta-enxerto e da copa (mm) (D, da goiabeira ‘Paluma’ (PA) sem enxertia e enxertada sobre os híbridos (H237, H242 e H251), em função dos dias após a enxertia (DAE). São mostrados a média  $\pm$  erro-padrão da média.

Os diâmetros entre os tratamentos diferiram na região da enxertia (Figura 8C). A partir dos 690 DAE a combinação PA/H237 teve maior crescimento, enquanto a combinação PA/H251 teve menor crescimento.

A relação entre diâmetro de caule do porta-enxerto e da copa variou com média de 1,01 a 0,84, indicou boa afinidade entre a goiabeira ‘Paluma’ e os porta-enxertos híbridos (Figura 8D). Considerando a relação igual a 1, equivalente a uma afinidade perfeita, a maior semelhança entre diâmetro do caule da copa e do porta-enxerto foi observada nas combinações PA/H237 e PA/H242, estatisticamente superiores à combinação PA/H251. Esse resultado indica que o H237 e o H242 como porta-enxertos podem proporcionar melhor qualidade na arquitetura da planta.

Sharma e Zheng (2019) propõem que o câmbio vascular entre o porta-enxerto e o enxerto, podem resultar em diferentes taxas de divisão celular, ocorrendo diferença da velocidade de formação do xilema e floema. Estas diferentes taxas de desenvolvimento podem gerar aumento ou redução de crescimento no ponto de enxertia, e embora possa, como hipótese, até retardar o

transporte de fotoassimilados na parte superior da copa, e conseqüentemente prejudicar o desenvolvimento da planta, o mesmo não foi observado nesse trabalho. As plantas mantiveram seu desenvolvimento vegetativo crescente, mesmo após as duas podas, a julgar pelas respostas biométricas.

O vigor do diâmetro do tronco tem relação com a afinidade entre copa e porta-enxerto. De acordo com Nogueira Filho et al. (2010), a relação entre o diâmetro do caule da copa e do porta-enxerto deve ser proporcional ao bom desempenho da planta enxertada e essa proporcionalidade ocorre quando há equilíbrio na circulação de seiva. Campos et al. (2017) enfatizam que a afinidade entre copa e porta-enxerto é essencial para o sucesso da enxertia e, conseqüentemente, para a produção de mudas enxertadas.

Apesar dos valores crescentes para o diâmetro na região de enxertia, e da desigualdade entre diâmetro do caule entre porta-enxerto e copa até os 840 DAE, em última avaliação aos 1.170 DAE, as diferenças foram perdidas com o desenvolver das plantas, e não houve diferença entre a goiabeira 'Paluma' sem enxertia e enxertada sobre os híbridos para as quatro variáveis de diâmetro (Tabela 1). As médias de diâmetro do caule do porta-enxerto, da copa e da região de enxertia foram 28,8 mm, 25,8 mm e 30,2 mm, respectivamente.

Robaina et al. (2015) verificaram em combinações de goiabeira 'Paluma' / *P. cattleianum* maior diâmetro na região de enxertia como sintomas de hipertrofia, com médias de diâmetro do caule do porta-enxerto, da copa e da região de enxertia de 14,4 mm, 16,7 mm e 24,4 mm, respectivamente, definindo essa diferença na linha de enxerto como incompatibilidade.

Considerando a goiabeira 'Paluma' sem enxertia, nesse trabalho uma planta altamente vigorosa, estes resultados demonstram que a goiabeira também mostrou-se vigorosa quando enxertada, indicando compatibilidade entre porta-enxerto e copa.

O fato dos porta-enxertos híbridos terem metade do genoma *P. cattleianum* em seu cruzamento, a possibilidade de incompatibilidade foi monitorada pela busca destes sintomas, já relatados em trabalhos anteriores. Robaina et al. (2015), estudando o vigor e a compatibilidade da goiabeira 'Paluma' enxertada sobre araçazeiros resistentes à *M. enterolobii*, verificaram incompatibilidade de enxertia entre dois acessos de araçazeiros de *P. cattleianum* e a goiabeira 'Paluma', um ano após plantio no campo. Robaina et al. (2012)

observaram baixos índices de pegamentos de subenxertia entre a goiabeira 'Paluma' e os acessos anteriormente citados, que apesar de ter obtido sucesso com a soldadura dos tecidos não foi observada funcionalidade do sistema vascular, já sugerindo existir incompatibilidade entre os tecidos da goiabeira com tais acessos. Freitas et al. (2014), utilizando *P. cattleianum* e *P. friedrichsthalianum* como porta-enxerto da goiabeira 'Paluma', constataram incompatibilidade em condições de campo, relatando 50% de sobrevivência dos enxertos de ambas as espécies, embora verificada compatibilidade inicialmente em condições de casa de vegetação.

Tabela 1. Diâmetros do caule do porta-enxerto; da copa; da região de enxertia e a relação entre o diâmetro do caule do porta-enxerto e da copa, da goiabeira 'Paluma' (PA) sem enxertia e enxertada sobre os híbridos (H237, H242 e H251) aos 1.170 DAE

| Genótipos | Diâmetro do caule do porta-enxerto (mm) | Diâmetro do caule da copa (mm) | Diâmetro do caule na região de enxertia (mm) | Relação diâmetro do caule do porta-enxerto e da copa (mm) |
|-----------|---|--------------------------------|--|---|
| PA        | -                                       | 28,87 a                        | -  | -   |
| PA/H237   | 25,75 a                                 | 29,10 a                        | 31,57 a                                      | 0,88 a  |
| PA/H242   | 24,78 a                                 | 28,94 a                        | 30,83 a                                      | 0,86 a  |
| PA/251    | 23,67 a                                 | 27,47 a                        | 29,71 a                                      | 0,83 a  |
| Média     | 25,77                                   | 28,84                          | 30,25  | 0,89  |
| CV (%)    | 7,78                                    | 7,16                           | 8,73   | 5,31  |

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nesse contexto o excelente desenvolvimento vegetativo das plantas até os 840 DAE, e a ausência de diferenças estatísticas entre tratamentos enxertados e não enxertados aos 1.170 DAE, é um indicativo de compatibilidade entre a goiabeira 'Paluma' e os híbridos obtidos dos cruzamentos de *P. guineense* x *P. cattleianum*. É importante ressaltar que o sucesso da enxertia pode ser atribuído à presença dos 50% do genoma *P. guineense* nos híbridos. O único relato de enxertia bem-sucedida entre goiaba e *P. cattleianum*, foi verificado por Macan e Cardoso (2020), através da enxertia *in vitro*.

Souza et al. (2018), ao avaliarem a compatibilidade de cultivares de goiabeira enxertadas sobre híbrido *P. guajava* x *P. guineense*, verificaram alta compatibilidade entre porta-enxerto e copa e, exsudações ou rachaduras no caule das plantas enxertadas não foram observados.

A abertura de janelas na região da enxertia, pela remoção de tecidos do floema, não demonstrou a presença de linhas necróticas ou amareladas (Figura 9). Não houve sinais visuais de rachaduras ou resinas na área enxertada. O tronco na área enxertada tinha uma cor quase contínua e manchas acastanhadas típicas do gênero *Psidium*, indicando também compatibilidade entre copa e porta-enxerto.

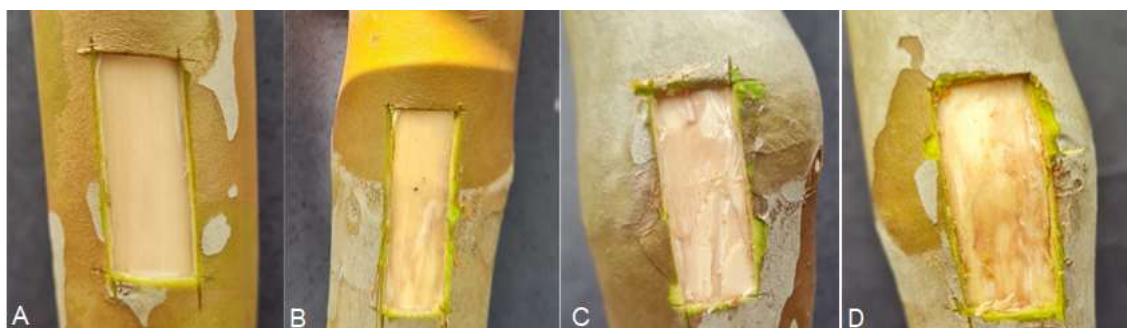


Figura 9. Janelas na região de enxertia para observação de sinais de incompatibilidade no xilema secundário, aos 1.170 DAE, em goiabeira 'Paluma' sem enxertia (A), e nas combinações enxertadas PA/ H237 (B), PA/ H242 (C) e PA/ H251 (D).

#### 4.2.2. Características fisiológicas

O comprimento da nervura central não diferiu entre tratamentos e entre estações. A taxa de alongamento da nervura central foi em média 1,17 e 1,42 cm para os intervalos de três dias na primavera e outono, respectivamente. Regressões quadráticas foram calculadas, e o alongamento máximo foi atingido aos 22 dias de desenvolvimento foliar, com médias de 14,78 cm para a primavera e 14,93 cm para o outono (Figura 10A e 10C).



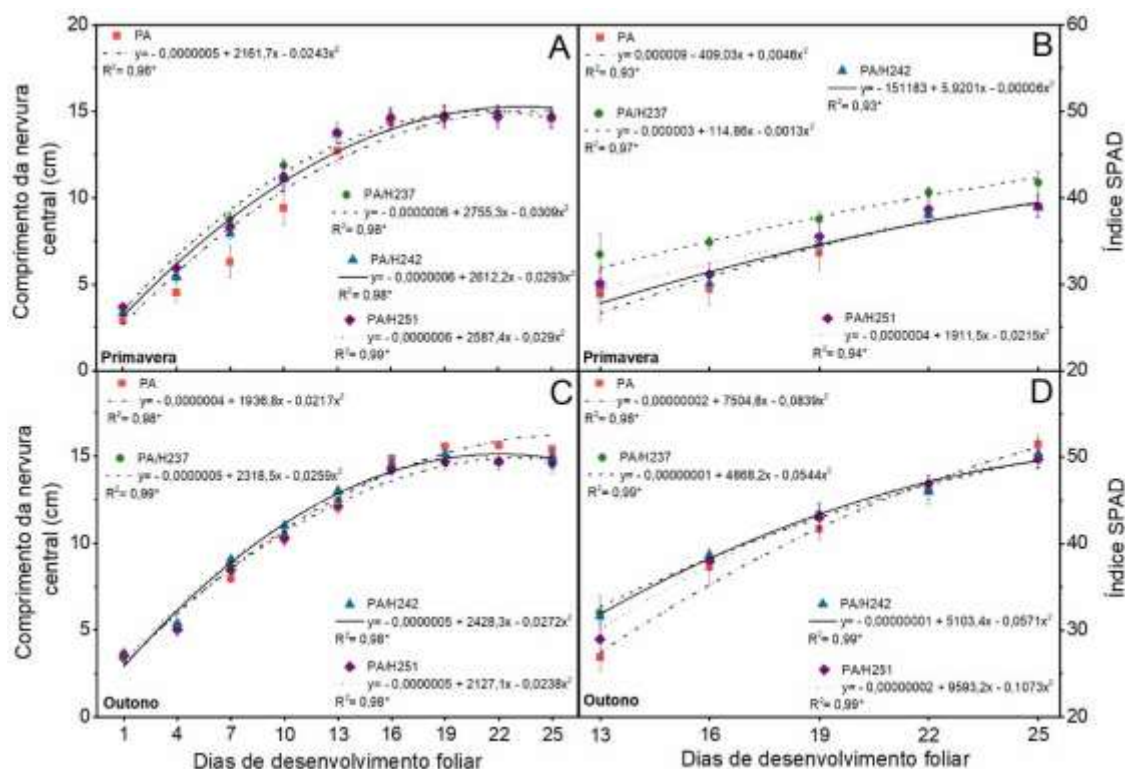


Figura 10. Comprimento da nervura central do 1<sup>o</sup> ao 25<sup>o</sup> dia de desenvolvimento foliar A (Primavera) e C (Outono), e Índice SPAD a partir do 13<sup>o</sup> dia de desenvolvimento foliar B (Primavera) e D (Outono), mensurados a cada três dias para a goiabeira 'Paluma' (PA) sem enxertia e enxertada sobre os híbridos (H237, H242 e H251). São mostrados a média  $\pm$  erro-padrão da média.

Os índices SPAD não diferiram entre os tratamentos dentro de cada uma das estações, mas no outono os valores foram superiores aos registrados na primavera (Figura 10B e 10D). Estes valores foram crescentes na proporção do desenvolvimento da folha, com taxa de aumento a cada três dias de 2,39 e de 5,14, atingindo média de 39,66 e de 50,42, na primavera e no outono, respectivamente.

Martinez e Guiamet (2004), trabalhando com milho, observaram que os valores de unidade SPAD decresciam em 2-3 unidades nos horários mais quentes, corroborando os resultados da presente pesquisa para menores valores de SPAD registrados na primavera.

Pôde ser evidenciada uma tendência em que maior unidade do valor SPAD esteja associada ao maior comprimento da nervura central da folha. Uma vez que existe uma relação linear entre o comprimento da nervura principal e a área foliar (Amarante et al., 2009), esta última determina a interceptação

luminosa, sendo, portanto, uma característica importante na determinação do crescimento e rendimento da cultura (Koester et al., 2014).

O nitrogênio é um dos principais componentes da molécula de clorofila (4 átomos por molécula). Quanto mais verde é a folha, maior quantidade de clorofila esta folha pode ter, e conseqüentemente, maior potencial para se ter uma elevada capacidade fotossintética deste órgão (Fagan et al., 2007). No outono verificou-se as maiores médias para o índice SPAD, e foi nessa estação também que foram verificadas as maiores médias assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, corroborando as informações do autor.

A enxertia não causou diferenças significativas entre tratamentos enxertados e não enxertados para a taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração, concentração interna de CO<sub>2</sub>, temperatura foliar, déficit de pressão de vapor<sub>folha-ar</sub>, Eficiência intrínseca do uso de água e eficiência instantânea do uso de água. No entanto houve diferenças entre horários e entre estações (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo dos resultados das características fisiológicas na goiabeira 'Paluma' (PA) sem enxertia e enxertada sobre os híbridos (H237, H242 e 251), avaliadas às 8h e às 13h, na primavera e no outono

| Variáveis   | Primavera |         |         | Outono  |         |         |
|---|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | 8h        | 13h     | Média   | 8h      | 13h     | Média   |
| Taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub>            | 21,68a    | 11,64b  | 16,66B  | 23,23a  | 24,07a  | 23,65A  |
| Condutância estomática (gs)                               | 0,35a     | 0,21b   | 0,28B   | 1,01b   | 1,26a   | 1,13A   |
| Transpiração (E)  | 3,05b     | 3,89a   | 3,47B   | 5,19a   | 5,21a   | 5,20A   |
| Concentração interna de CO <sub>2</sub> (C <sub>i</sub> ) | 215,57b   | 258,70a | 237,13B | 297,28a | 302,40a | 299,28A |
| Temperatura da folha                                      | 31,96b    | 36,72a  | 34,33B  | 28,30b  | 30,05a  | 29,17A  |
| Déficit de Pressão de Vapor <sub>folha-ar</sub> (VPD)     | 0,98b     | 2,08a   | 1,55A   | 0,70a   | 0,60a   | 0,65B   |
| Eficiência intrínseca do uso de água (iWUE)               | 76,38a    | 61,62a  | 69,00A  | 23,60a  | 19,65a  | 21,62B  |
| Eficiência instantânea do uso de água (WUE)               | 8,13a     | 3,01b   | 5,57A   | 4,47a   | 4,68a   | 4,57B   |

Médias seguidas por letras iguais nas linhas, minúsculas entre horários dentro da mesma estação e, maiúsculas entre estações (média), não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Foi na primavera os valores críticos para as taxas fotossintéticas (Figura 11A), e da mesma forma para a condutância estomática, especialmente às 13h (Figura 11B). Menores valores para transpiração também foram registrados na primavera (Figura 11C), assim como a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Figura 11D).

A redução da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, relacionada à redução na absorção de CO<sub>2</sub> está relacionada ao fechamento de estômatos e consequente aumento da resistência estomática (Lisar et al., 2012).

O fechamento estomático é um dos principais mecanismos de proteção que a planta utiliza contra perdas de água em caso de condições climáticas desfavoráveis (Tatagiba et al., 2015).

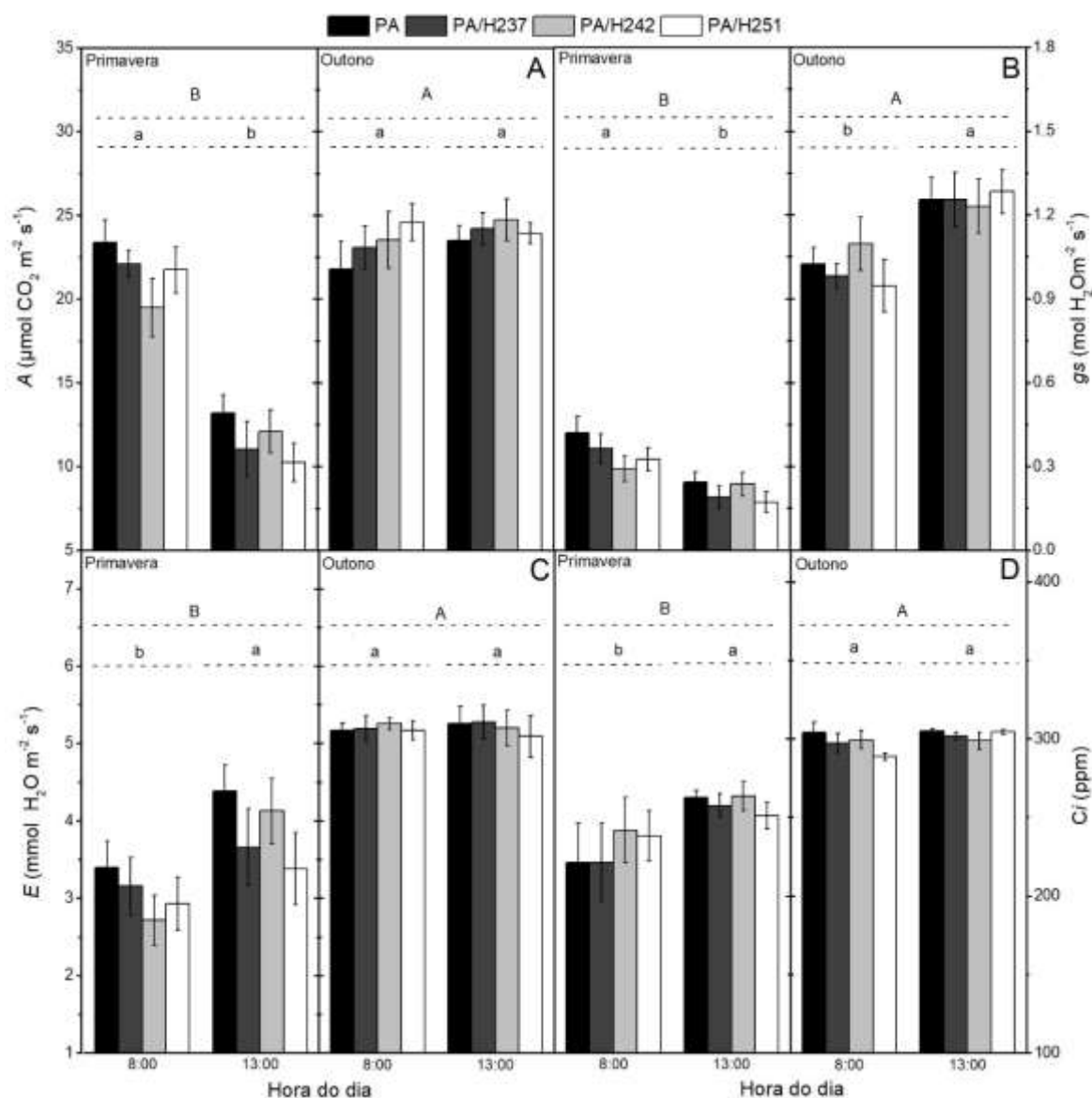


Figura 11. Taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A) (A), Condutância estomática (gs) (B), Transpiração (E) (C) e Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) (D) para a goiabeira 'Paluma' (PA) sem enxertia e enxertada sobre os híbridos (H237, H242 e H251), avaliadas às 8:00h e às 13:00h, na primavera e no outono. São mostrados a média  $\pm$  erro-padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúsculas entre estações, e minúsculas entre horários dentro da mesma estação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda em relação ao fator estomático está o aumento na resistência às trocas gasosas, uma vez que esta diminui a perda de água das folhas e restringe a entrada CO<sub>2</sub> nestes órgãos, que levaria à sua menor disponibilidade de CO<sub>2</sub> intercelular, reduzindo a sua assimilação (Silva et al., 2004). Decréscimos significantes na concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (Ci) podem acarretar queda na

fotossíntese devido à redução na concentração de  $\text{CO}_2$  necessário à atividade da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (rubisco) (Machado et al., 2005).

Como esperado, a temperatura foliar variou significativamente entre estações e horários avaliados, sendo superior na primavera, e quando avaliada às 13h, tanto na primavera quanto no outono (Figura 12A). O  $\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$  também foi maior na primavera, às 13h (Figura 12B).

Machado et al. (2005) enfatizam que, na ocorrência de um declínio na transpiração, há conseqüentemente aumento da temperatura das folhas, conforme registrado nas avaliações realizadas na primavera.

A limitação da fotossíntese também pode ser explicada devido ao fechamento estomático em condições de alto déficit de pressão de vapor<sub>folha-ar</sub> ( $\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$ ), o qual podendo ser obtido pela diferença entre a pressão de saturação de vapor d'água (espaços intercelulares) e a pressão de vapor no entorno da folha (Pereira e Nachigal, 2002), o que foi observado na época correspondente a primavera, principalmente quando as plantas foram avaliadas às 13h.

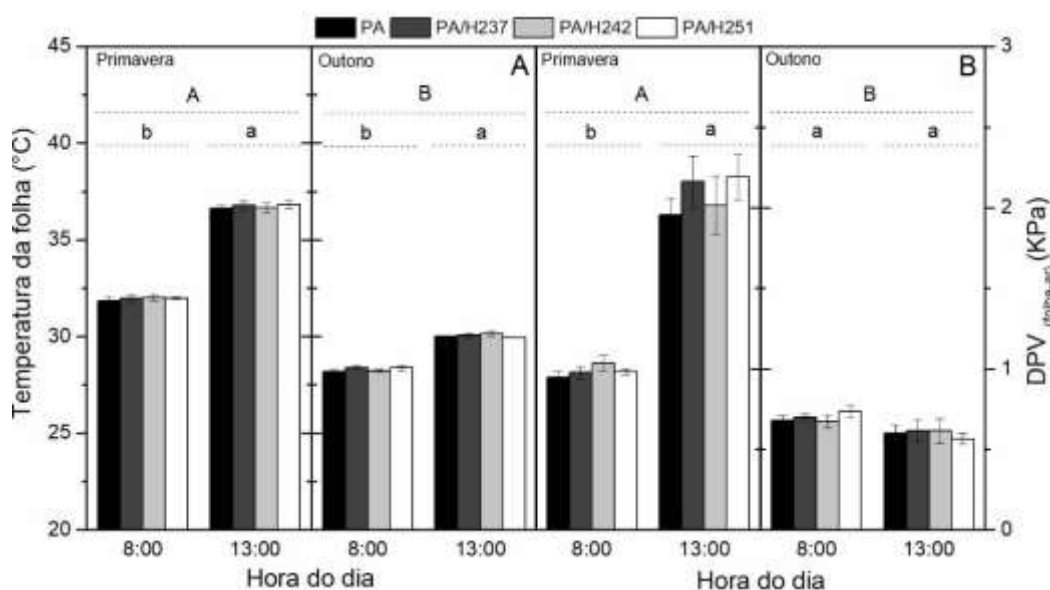


Figura 12. Temperatura da folha (A) e Déficit de Pressão de Vapor<sub>folha-ar</sub> (VPD) (B), para a goiabeira 'Paluma' (PA) sem enxertia e enxertada sobre os híbridos (H237, H242 e H251), avaliadas às 8:00 h e às 13:00h, na primavera e no outono. São mostrados a média  $\pm$  erro-padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúsculas entre estações, e minúsculas entre horários dentro da mesma estação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Demanda atmosférica elevada por água, ou seja, aumento do  $\text{DPV}_{\text{ar}}$ , que está associado com alta temperatura e baixa umidade relativa, pode diminuir o

status hídrico da folha em resposta ao transporte limitado de água pela planta, resultando em fechamento estomático. Tal fechamento estomático limita a absorção de CO<sub>2</sub> causando depressão da fotossíntese ao meio-dia (Brodrribb et al., 2015; Gu et al., 2017).

Os altos valores em DPV<sub>folha-ar</sub> podem indicar diminuição da transpiração o que pode contribuir para o aumento da temperatura foliar (Costa e Marengo, 2007). Ainda, a relação entre o aumento do DPV<sub>folha-ar</sub> e temperatura foliar pode promover o aquecimento da superfície foliar com perda da capacidade de dissipação térmica da planta (Saraiva et al., 2014).

Portanto, pode-se concluir que o inverso também ocorre, de tal forma que com a redução de DPV<sub>folha-ar</sub> há aumentos na condutância estomática e na fotossíntese das plantas como foi confirmado neste estudo.

Os estômatos têm papel essencial no balanço entre a entrada de CO<sub>2</sub> e saída de vapor d'água no mesófilo foliar, regulando tanto a atividade fotossintética quanto o consumo de água pelas plantas. Nesse contexto, o conceito de uso eficiente do uso da água tem importância (Machado et al., 2005).

As respostas de *A* e *g<sub>s</sub>* interferiram na eficiência intrínseca do uso da água e entre as estações avaliadas, não diferindo entre horários avaliados (Figura 13). Embora as maiores taxas fotossintéticas tenham sido registradas no outono, maior condutância estomática e transpiração também foram registradas nessa estação, interferindo na eficiência do uso da água e fazendo com que esta fosse menor.

Ramos (2013) explica que a alta taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e valores baixos de condutância estomática e taxas de transpiração indicam elevada eficiência no uso da água, corroborando os resultados deste trabalho para as avaliações na primavera às 8h. Em goiabeira, nesta presente pesquisa, o estudo dos efeitos da enxertia sobre a capacidade fotossintética se mostra pioneiro. A enxertia é uma técnica que induz um estresse nas plantas, pois o fluxo de água e nutrientes das raízes para a copa é interrompido até o novo xilema ser restabelecido (Melnyk et al., 2018). Considerando a ausência de diferença estatística entre os tratamentos no que se refere a todas as avaliações fotossintéticas, sugere-se que o transporte de assimilados, via floema, seja eficiente, igualmente quanto ao aporte de água para a parte aérea. A enxertia, agora em estágio mais desenvolvido da planta, continua não sendo um limitante

para a condutividade hidráulica, demonstrando sistema vascular funcional entre a goiabeira 'Paluma' e os híbridos como porta-enxertos utilizados.

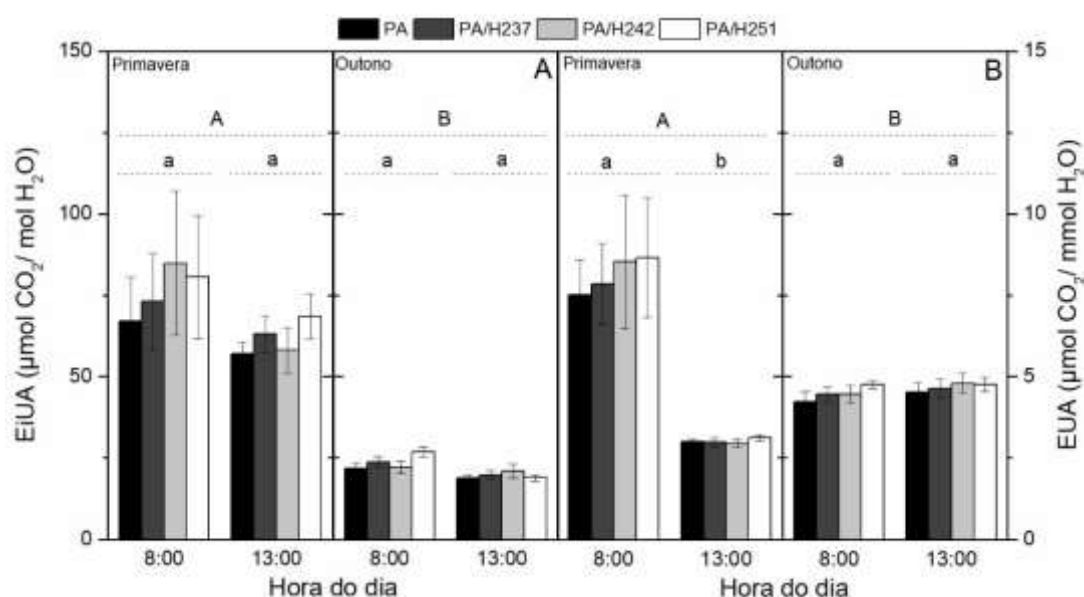


Figura 13. Eficiência intrínseca do uso de água (iWUE) (A) e Eficiência instantânea do uso de água (WUE) (B), para a goiabeira 'Paluma' (PA) sem enxertia e enxertada sobre os híbridos (H237, H242 e H251), avaliadas às 8:00h e às 13:00h, na primavera e no outono. São mostrados a média  $\pm$  erro-padrão da média. Médias seguidas de mesma letra maiúsculas entre estações, e minúsculas entre horários dentro da mesma estação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Peçanha et al. (2010) relataram que a enxertia não afetou as relações hídricas em mudas enxertadas ou mamão cultivado em condições de campo. O enxerto não afetou a condutância estomática, a transpiração e, portanto, os valores da taxa fotossintética líquida continuaram inalterado. Os autores sugerem que o desempenho das plantas enxertadas foi devido a uma boa conexão vascular entre enxerto e porta-enxerto, mantendo assim as trocas gasosas alta e a eficiência fotoquímica nas folhas.

O desempenho fotossintético do dossel depende, entre outras coisas, de um equilíbrio ideal entre a perda de água através da transpiração e absorção e transporte de água pelo sistema radicular (Gu et al., 2017). Nesse contexto, atribui-se vigor aos porta-enxertos, que após duas podas em diferentes estágios de desenvolvimento da planta, eficientemente regularam os aspectos fotossintéticos da copa, e promoveram excelente crescimento das plantas. Porta-

enxertos vigorosos translocam água e nutrientes de forma mais eficiente e mostram maior produção de substâncias promotoras do crescimento, favorecendo o desenvolvimento da copa (Pauletto et al., 2001).

Segundo Fullana-Pericas et al. (2019), nenhuma diferença foi observada entre plantas não enxertadas e autoenxertadas quanto à assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, a condutância estomática ou eficiência intrínseca do uso da água, em condições ótimas, na ausência de estresse. Da mesma forma, diferenças não significativas foram encontradas ao comparar plantas não enxertadas e autoenxertadas com combinações de enxertia nas quais o genótipo do porta-enxerto eram diferentes do genótipo do enxerto. Os autores acrescentam que não foram observadas diferenças dentro de espécies enxertadas para qualquer característica fisiológica sob condições ótimas de crescimento. Isso pode se dever ao fato de que as medições foram realizadas em combinações totalmente recuperadas após a enxertia.

Neste estudo, as avaliações das características fisiológicas foram realizadas aos 600 e 780 DAE, correspondente à primavera e outono, respectivamente, e em nenhuma das épocas, houve variações significativas entre plantas enxertadas e não enxertadas.

#### *4.2.3. Características de vigor vegetativo*

Uma forma de avaliar o vigor das plantas é por meio da velocidade da emissão de brotos vegetativos. Aos 14 dias após a primeira poda (outubro/2020), observou-se maior número de gemas intumescidas (NGI) e número de brotos emitidos (NBE) nas plantas enxertadas (Figura 14). Após a segunda poda (abril/2021) essas diferenças não foram mais observadas. O número de gemas e, conseqüentemente o lançamento de novos brotos dependem do número de ramos primários. Nesse sentido, a goiabeira 'Paluma' inicialmente teve menor número de ramos o que justifica essa diferença na brotação. Entretanto, mesmo com essa diferença inicial, após a segunda poda o número de gemas intumescidas ou brotadas se igualou entre plantas enxertadas ou de pé-franco. Esses dados também reforçam que as plantas enxertadas sobre os novos híbridos expressaram menor vigor em relação à goiabeira sem enxertia.



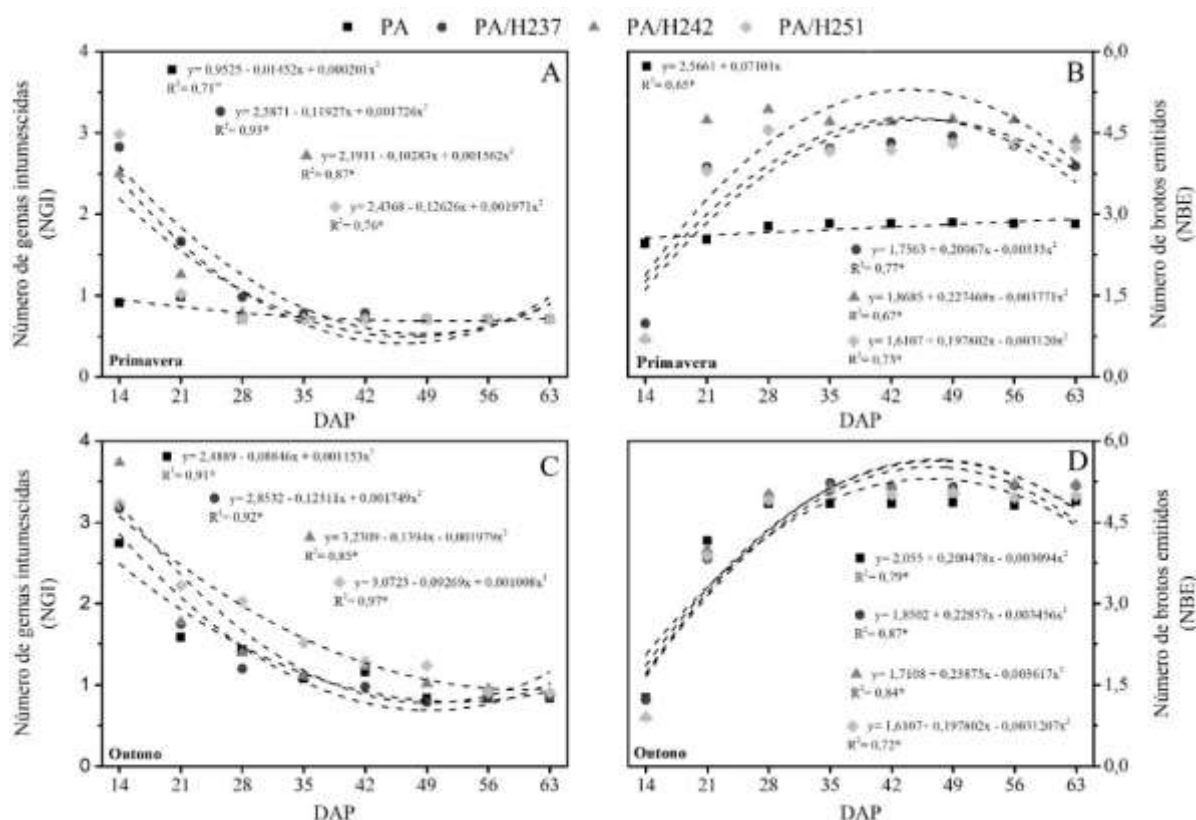


Figura 14. Número de gemas intumescidas (NGI) e número de brotos emitidos (NBE) na primavera (A) e (B), e no outono (C) e (D), respectivamente, da goiabeira ‘Paluma’ sem enxertia (PA) e enxertada sobre os genótipos (PA/H237, PA/H242 e PA/H251), em função dos dias após a poda (DAP).

O porta-enxerto pode, também, influenciar no crescimento da espécie por meio da maior ou menor síntese e transporte hormonal, visto que o sistema radicial desempenha papel importante na regulação hormonal do crescimento vegetal pela síntese de citocininas e ácido abscísico (Zucarelli et al., 2014). Em macieiras, M9 (*Malus pumilla*) é um porta-enxerto que reprime o crescimento da cultivar enxertada principalmente por transporte ineficiente de hormônios, descrito como um porta-enxerto que atrasa a brotação (Tworkoski e Fazio, 2016).

A poda é uma prática que permite estimular a emissão de brotos vegetativos vigorosos. Logo após a poda, maiores valores para o NGI foi registrado, apresentando relação inversa com o tempo, ao passo que para o NBE, menores valores foram registrados nos primeiros dias após a poda, sendo crescente no decorrer das avaliações. Esse comportamento de fluxo de crescimento é esperado, uma vez que as brotações surgem das gemas intumescidas (Figura 14).

Regressões quadráticas foram ajustadas, e o número máximo de emissão de brotos foi aos 42 DAP para a primavera e aos 49 DAP para o outono. Após esse período, o NBE passou a diminuir, devido à diferenciação dos brotos em ramos.

O genótipo H242 foi o que induziu maior NBE, ou seja, maior volume à copa. Em muitas espécies, o porta-enxerto é o responsável por determinar características importantes às plantas, tais como vigor da copa. Então, estes resultados indicam que os porta-enxertos utilizados são eficientes em induzir a recomposição da copa da planta, mesmo após duas podas, indicando também bom desenvolvimento vegetativo da goiabeira 'Paluma' enxertada sobre os genótipos do híbrido.

A funcionalidade do xilema para reidratar as gemas dormentes, possibilita a sua brotação. A disponibilidade de água contendo nutrientes e açúcares redutores para a gema em fase de aclimação determina o sucesso da brotação e do crescimento dela (Keller, 2015). Souza et al. (2009) afirmam que a rápida circulação da seiva favorece o desenvolvimento vegetativo. A região de enxertia pode configurar um ponto de resistência a essa rápida circulação, provavelmente explicando a goiabeira 'Paluma' sem enxertia ter apontado primeiro na emissão de brotações, embora, tenha sido inferior aos tratamentos enxertados quanto ao NBE.

Para cada combinação copa/porta-enxerto, existe um equilíbrio fisiológico ou grau de afinidade que influencia o crescimento e a produção (Pauletto et al., 2001). Esse equilíbrio é resultante de mecanismos de reciprocidade entre o porta-enxerto e a copa, envolvendo a absorção e translocação de água e nutrientes e fatores endógenos de crescimento. Porta-enxertos mais vigorosos apresentam maior capacidade de absorção e translocação de água e nutrientes, e, maior produção de substâncias estimuladoras de crescimento, favorecendo o desenvolvimento da copa (Hartmann e Kester, 2010).

Após ambas as podas observou-se a presença de botões florais, de flores e de frutos no início de desenvolvimento, porém os frutos pequenos foram retirados para padronização experimental

A capacidade de rebrota das plantas enxertadas aconteceu de forma mais rápida na primavera, quando a copa se desenvolveu ao máximo (de gemas a ramos) em um menor intervalo de tempo. Na primavera as médias mensais de

temperatura do ar foram maiores durante o período de avaliação pós-poda, estimulando o crescimento das novas brotações. Em contrapartida, no outono, esse desenvolvimento demorou um pouco mais, por coincidir com temperaturas mais amenas (Figura 15).

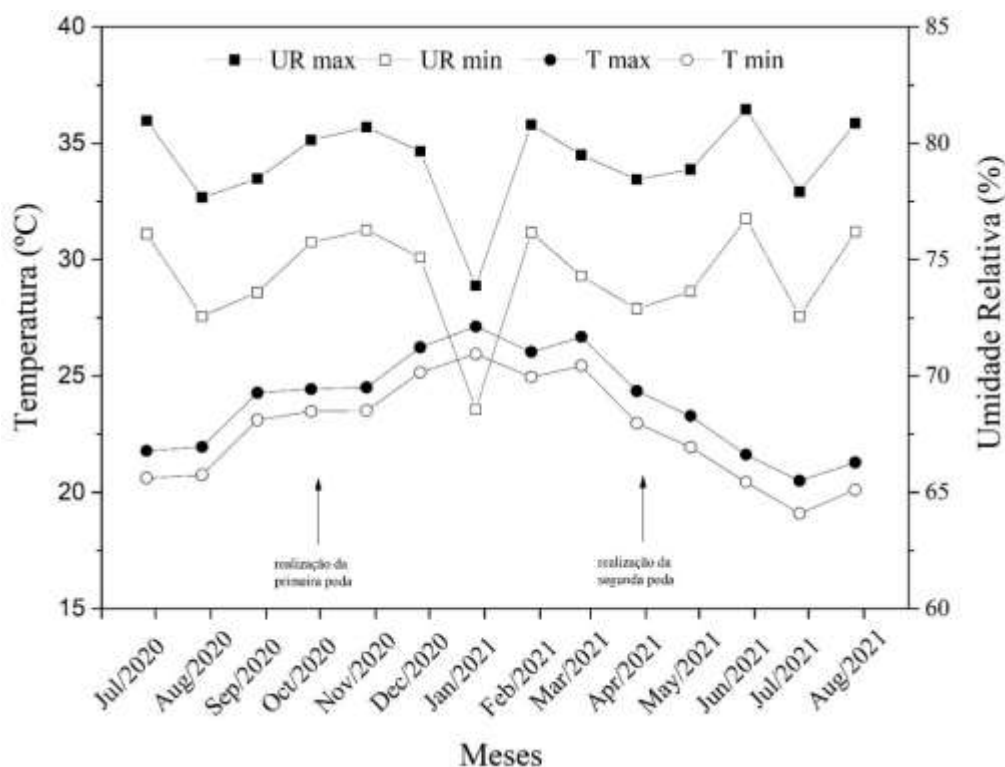


Figura 15. Temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação durante o período de condução dos experimentos.

Segundo Serrano et al. (2008a) altas temperaturas favorecem a emissão e o crescimento de novas brotações. Contudo, o NGI e o NBE, ou seja, o fluxo de crescimento vegetativo foi maior no outono do que na primavera. O fato se explica pela evolução das podas de formação, uma vez que na segunda poda já havia mais ramos principais do que na primeira poda. Uma vez maior a quantidade de ramos principais, maior também a quantidade de brotos emitidos, provavelmente devido ao maior número de gemas e de reservas.

Segundo Borba et al. (2005), plantas submetidas às podas mais leves (que implicam na permanência de maior quantidade de ramos principais) apresentam maior quantidade de reservas necessárias para sustentar as novas brotações e a nova produção, assim como o comprimento dos ramos está relacionado à quantidade de reservas de fotoassimilados e ao número de gemas.

O ciclo de desenvolvimento vegetativo da goiabeira 'Paluma' sem enxertia e enxertada sobre o híbrido, desde a poda até a brotação das gemas intumescidas tornarem-se ramos estabelecidos, variou de 63 a 67 dias, para a primavera e o outono, respectivamente (Figura 16). Serrano et al. (2008b) estudando fenologia de goiabeira 'Paluma' com 15 meses de idade, verificaram que o estabelecimento e o crescimento dos ramos ocorreram até os 56 DAP nas plantas podadas em novembro e dezembro e até os 63 DAP nas plantas podadas em janeiro e fevereiro.



Figura 16. Estádios de crescimento das gemas até o estabelecimento de ramos da goiabeira 'Paluma' sem enxertia e enxertada sobre os genótipos do híbrido (H237, H242 e H251) na primavera: gemas intumescidas em 14 DAP (A); abertura das gemas e emissão de brotos em 19 DAP (B); brotações em 25 DAP (C); brotações em 36 DAP (D); brotações em 48 DAP (E) e ramos estabelecidos, com emissão de botões florais em 60 DAP (F).

O crescimento de ramos da copa também podem ser indicadores do vigor do porta-enxerto (Klenyan et al., 1998). Houve diferenças no comprimento dos ramos entre a goiabeira 'Paluma' enxertada e não enxertada. A goiabeira não enxertada, embora tivesse apresentado menor NBE, apresentaram ramos de maior comprimento do que os ramos das plantas enxertadas sobre os genótipos (Tabela 3).

Tabela 3. Comprimento, diâmetro e número de folhas do ramo da goiabeira 'Paluma' sem enxertia e enxertada sobre os genótipos (H237, H242 e H251), aos 63 DAP, na primavera, e aos 67 DAP, no outono

| Genótipo                         | Época do ano |         | Média    |
|----------------------------------|--------------|---------|----------|
|                                  | Primavera    | Outono  |          |
| <b>Comprimento do ramo (cm)</b>  |              |         |          |
| Paluma                           | 57,43        | 56,21   | 56,82 a  |
| H237                             | 53,39        | 48,50   | 50,89 ab |
| H242                             | 49,29        | 50,40   | 49,84 ab |
| H251                             | 49,57        | 44,29   | 46,93 b  |
| Média                            | 52,42 A      | 44,29 A |          |
| CV%(A)                           | 12,16        |         |          |
| CV%(B)                           | 13,57        |         |          |
| <b>Diâmetro do ramo (mm)</b>     |              |         |          |
| Paluma                           | 4,52         | 5,34    | 4,93 a   |
| H237                             | 4,85         | 4,94    | 4,89 a   |
| H242                             | 4,84         | 4,72    | 4,78 a   |
| H251                             | 4,72         | 4,68    | 4,70 a   |
| Média                            | 4,73 A       | 4,92 A  |          |
| CV%(A)                           | 12,85        |         |          |
| CV%(B)                           | 15,33        |         |          |
| <b>Números de folhas do ramo</b> |              |         |          |
| Paluma                           | 16,86        | 15,57   | 16,21 a  |
| H237                             | 15,86        | 14,43   | 15,14 ab |
| H242                             | 14,86        | 13,71   | 14,28 b  |
| H251                             | 14,86        | 13,14   | 14,00 b  |
| Média                            | 15,61 A      | 14,21 B |          |
| CV%(A)                           | 9,06         |         |          |
| CV%(B)                           | 12,07        |         |          |

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A goiabeira 'Paluma' sem enxertia devido ao menor número de ramos e conseqüentemente de brotações, permitiu uma copa mais reduzida e melhor exposição à luz. De acordo com Bhagawati et al. (2015) um dos principais fatores que é afetado pela poda é a entrada da luz, e como este fator ambiental é o responsável por prover energia para a fotossíntese, é, também, diretamente relacionado à taxa de crescimento da planta.

Não houve diferenças para o diâmetro do ramo entre plantas enxertadas e não enxertadas e nem entre as duas épocas de podas. Já o número de folhas

do ramo, a goiabeira 'Paluma' sem enxertia foi maior do que quando enxertada sobre os genótipos H242 e H251.

O número de folhas influencia principalmente na capacidade fotossintética da planta, especialmente no crescimento e desenvolvimento do compartimento vegetativo da planta. Além de ser um bom indicativo do vigor das plantas, refletindo no desempenho em condições naturais, pois mudas mais vigorosas apresentam menores índices de mortalidade e são mais aptas para o estabelecimento (Azevedo et al., 2020).

Os porta-enxertos induziram menor vigor à goiabeira 'Paluma' para todas as características de ramos. A utilização de porta-enxertos que controlem o vigor da cultivar copa é fundamental para a produção de frutas de maior qualidade e para elevada produtividade, em pomares adensados. No cultivo da macieira, tem-se utilizado porta-enxertos menos vigorosos, que possibilitem maior densidade de plantio, permitindo maior produtividade dos pomares (Pereira e Pasa, 2016). Sugere-se que a perspectiva de indução de menor vigor passe a ser avaliada também na seleção de novos porta-enxertos para a goiabeira, uma vez que a presença do nematoide em várias regiões de cultivo terminará obrigando o uso de novos porta-enxertos para a cultura. Dessa forma, pode-se lidar, também, com a seleção de porta-enxertos indutores de nanismo.

Foi observado também, o número de ramos estabelecidos (quando o ramo apresentava pelo menos 4 pares de folhas completamente desenvolvidas), o número de ramos vegetativos e o número de ramos produtivos (calculado pela diferença entre número de estabelecidos e ramos vegetativos). Foi observada maior quantidade de ramos estabelecidos e vegetativos do que ramos produtivos em ambas as estações. E entre estações, foi no outono que ocorreu maior quantidade de ramos estabelecidos e vegetativos, corroborando os resultados desta pesquisa, com o maior NBE também verificado para a poda feita nessa época.

A quase ausência de ramos reprodutivos pode ser explicada, segundo Larcher (2000), pela formação de flores e frutos estar em competição com o crescimento vegetativo, e no caso de perda da biomassa há uma remoção de reservas, ocasionando redução na capacidade reprodutiva da planta.

As sucessivas podas não tiveram influência na capacidade de rebrota da goiabeira 'Paluma', seja enxertada ou não enxertada, demonstrando que os porta-

enxertos podem induzir vigor à goiabeira 'Paluma' (Figura 17). Assim os resultados deste trabalho demonstram a capacidade de rebrota das plantas, podendo estar associada ao acúmulo de reservas, induzido pelos porta-enxertos, consequência da compatibilidade de enxertia entre a goiabeira 'Paluma' e os genótipos do híbrido.

Durante a fotossíntese, as folhas produzem carboidratos, como amido, e atuam como um importante órgão de reserva, mas também mobilizam essa reserva para órgãos como ramos, caule e raízes, os quais são redistribuídos para as partes em crescimento no ciclo vegetativo, garantindo a disponibilidade contínua de carbono e energia (Thalman e Santelia, 2017).



Figura 17. Desenvolvimento vegetativo da goiabeira 'Paluma' sem enxertia e enxertada sobre genótipos do híbrido *P. guineense* x *P. cattleianum*, aos 63 DAP, na primavera (A) e aos 67 DAP, no outono (B).

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Dois experimentos foram conduzidos. No primeiro experimento objetivou-se avaliar os primeiros indicadores de compatibilidade da enxertia por meio da capacidade hidráulica do sistema radicular em mudas novas. No segundo experimento objetivou-se avaliar a compatibilidade de enxertia entre a goiabeira e os genótipos do híbrido de *P. guineense* x *P. cattleianum*, por meio de caracterizações biométricas, fisiológicas e de vigor vegetativo. No experimento um, os tratamentos consistiram na goiabeira 'Paluma' sem enxertia e enxertada sobre um "pool" de híbridos de *Psidium* spp., os quais foram submetidos à análise da condutividade hidráulica. No experimento dois, os tratamentos consistiram na goiabeira 'Paluma' sem enxertia e enxertada sobre três genótipos do híbrido de *P. guineense* x *P. cattleianum*. A condutividade hidráulica não diferiu entre plantas enxertadas e não enxertadas. O crescimento em altura e diâmetro das plantas foi crescente durante o período avaliado, evidenciando vigor das plantas. As relações entre os diâmetros do caule da copa e do porta-enxerto aumentaram em todo o período transcorrido indicando boa afinidade entre a goiabeira 'Paluma' e os genótipos. A taxa líquida de assimilação de CO<sub>2</sub>, a condutância estomática, a transpiração, a concentração interna de CO<sub>2</sub> e a eficiência do uso da água não variaram entre a goiabeira sem enxertia ou quando enxertada sobre o híbrido. As podas efetuadas nas duas épocas não interferiram na capacidade de rebrota da goiabeira 'Paluma' enxertada ou em pé-franco.



**As principais conclusões foram:**

A enxertia não comprometeu a condutância hidráulica da raiz à parte aérea na goiabeira 'Paluma' enxertada sobre os híbridos *P. guineense* x *P. cattleianum* e *P. guajava* x *P. cattleianum* na fase de muda recém-enxertada.

Houve compatibilidade entre a goiabeira 'Paluma' enxertada sobre novo híbrido de *P. guineense* x *P. cattleianum* até 1.170 dias após o transplântio das mudas. Nesse caso, os porta-enxertos não limitaram o desenvolvimento vegetativo da copa quanto a altura e diâmetro, bem como sua capacidade fotossintética, induzindo uma funcionalidade regulatória e estável entre o sistema radicular e parte aérea.

Existe variabilidade no vigor da goiabeira 'Paluma' induzida pelos porta-enxertos. Quando enxertada sobre o genótipo H242, a goiabeira foi mais vigorosa em relação ao número de brotos, mas quando enxertada sobre o genótipo H251, a goiabeira apresentou menor número de brotações, porém, seus ramos foram mais vigorosos.

A brotação e crescimento lateral e longitudinal da goiabeira 'Paluma' enxertada sobre os genótipos do híbrido, após as podas, demonstra que esses podem ser utilizados com potencial de controle do vigor das copas.

Considerando a ausência de registros na literatura de compatibilidade de enxertia entre *P. guajava* x *P. cattleianum* os resultados dessa pesquisa são inéditos e promissores, no entanto existe a necessidade de avaliar as combinações em campo, uma vez que sintomas de incompatibilidade podem tardar vários anos para serem identificados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, J.R., Santos, C.D., Abreu, C.M.P., Castro, E.M. (2012) Histochemistry and morphoanatomy study on guava fruit during ripening. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2 (1):179-186.
- Adams, S., Lordanb, J., Faziob, G., Bugbeea, B., Francescattob, P., Robinsonb, T. L., Black, B. (2018) Effect of scion and graft type on transpiration, hydraulic resistance and xylem hormone profile of apples grafted on Geneva®41 and M.9-NIC™29 rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 227:213–222.
- Agrofit. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura do Governo Federal (2023) Disponível em <[https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em 20 março de 2023.
- Albacete, A., Martínez-Andújar, C., Ghanem, M.E., Acosta, M., Sánchez-Bravo, J., Asins, M.J., Cuartero, J., Lutts, S., Dodd, I.C., Pérez-Alfocea, F. (2009) Rootstock-mediated changes in xylem ionic and hormonal status are correlated with delayed leaf senescence, and increased leaf area and crop productivity in salinized tomato, *Plant Cell Environ.* 32:928–938.
- Alfia, M.A., Vasugi, C., Honnabyraiah, M.K., Adiga, J.D, Shivapriya, M., Vincent, L. (2017) Phenological stages of wild species and cultivated species of guava (*Psidium guajava* L.). *Int. J. Pure App. Biosci.* 5:464–474.

- Almeida, E.J. de, Santos, J.M. dos, Martins, A.B.G. (2009) Resistência de goiabeiras e araçazeiros a *Meloidogyne mayaguensis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(4):421–423.
- Alnaqueeb, M., Mansor, K.A., Mallah, E.M., Ghanim, B.Y., Idkaid, K.N. Qinna, N.A. (2019) Critical pharmacokinetic and pharmacodynamic drug-herb interactions in rats between warfarin and pomegranate peel or guava leaves extracts. *BMC Complement Altern Med.* 19-29.
- Altendorf, S. (2018) *Minor Tropical Fruits, Mainstreaming a niche market*. Disponível em <FAO.org: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Tropical\\_Fruits/Documents/Minor\\_Tropical\\_Fruits\\_FoodOutlook\\_1\\_2018.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Minor_Tropical_Fruits_FoodOutlook_1_2018.pdf)> Acesso 08 dezembro de 2019.
- Altoé, J.A., Marinho, C. S., Terra, M.I.C., Barroso, D.G. (2011a) Propagação de araçazeiro e goiabeira via miniestaquia de material juvenil. *Bragantia*, 70 (2):312-318.
- Altoé, J.A., Marinho, C.S., Terra, M.I.C., Carvalho Júnior, C.A. (2011b) Multiplicação de cultivares de goiabeira por miniestaquia. *Bragantia*,70 (4):801-809.
- Alves, L. F. (2018) *Propagação vegetativa de assa-peixe (Vernonia polyanthes (Spreng.) Less.): estaquia caular e miniestaquia*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 72p.
- Amarante, C.V.T.D., Zanardi, O.Z., Miqueloto, A., Steffens, C.A., Erhart, J., Almeida, J.A.D. (2009) Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira 'Cabernet Sauvignon' mediante métodos não destrutivos. *Rev. Bras. Frutic.* 31:680-686.
- Amorim, L., Rezende, J.A.M., Bergamin Filho, A. (2011) *Manual de fitopatologia: princípios e conceitos*. 4ª ed. Agronômica Ceres, Piracicaba, 704p.
- Andrade, A.P.C., Magalhães, N. P., Silva, A.S.A., Oliveira, D. R., Farias, A.S., Rios, D.A.S. (2019) A ação antimicrobiana dos extratos alcoólicos e aquosos da folha da goiabeira (*Psidium guajava* L.) no controle de *Staphylococcus*

- aureus* ATCC 27922, *Escherichia coli* ATCC 25922 e SCOTT A. *Segur. Aliment. Nutr.* Campinas, 26:1-7.
- Arantes, M.B.D.S, Marinho, C.S., Santos, R.F.D., Galvão, S.P., Vaz, G.P. (2021a) Management of clonal mini-garden with gibberellic acid in guava rootstock propagation. *Semina: Ciênc. Agrár.* 1579-1594.
- Arantes, M.B.D.S, Marinho, C.S., Santos, R.F.D., Galvão, S.P., Vaz, G.P., Viana, A.P. (2021b) Anticipating the formation of guava seedlings using mini-grafting onto smaller-diameter clonal rootstocks. *Rev. Bras. Frutic.* 43 (2): e-211.
- Asahina, M., Satoh, S. (2015) Molecular and physiological mechanisms regulating tissue reunion in incised plant tissues. *J. Plant Res.* 128:381–388.
- Atkinson, C.J., Else, M.A., TAYlor, L., Dover, C.J. (2003) Root and stem hydraulic conductivity as determinants of growth potential in grafted trees of apple (*Malus pumila* Mill.). *Journal of Experimental Botany*, 54:1221-1229.
- Aumonde, T. Z., Lopes, N.F., Moraes, D.M., Peil, R.M.N., Pedó, T. (2011) Análise de crescimento do híbrido de mini melancia Smile® enxertada e não enxertada. *Interciencia*, 36 (9):677-681.
- Azevedo, J. M.A., Da Silva Júnior, E.A., Da Cruz, J.F., De Souza, E.B., Lima, M.O., Da Silva Azêvedo, H.S.F. (2020) Mudas agroecológica de maracujá-amarelo utilizando manipueira, urina de vaca e biofertilizante de amendoim forrageiro. *Brazilian Journal of Development*, 6 (6):35521-35536.
- Barbosa, R.M. (2016) *Avaliação citológica de espécies de Psidium*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, 44p.
- Basile, B., Marsal, J., Solari, L.I., Tyree, M.T., Bryla, B.R., Dejong, T.M. (2003) Hydraulic conductance of peach trees on rootstocks with differing size-controlling potentials. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78 (6):768-774.
- Bastos, D.C., Ferreira, E.A., Passos, O. S., De Sá, J.F., Ataíde, E.M. Calgaro, M. (2014) Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. *Informe Agropecuário*, 35 (281):36-45.

- Becker, P., Tyree, M.T., Tsuda, M. (1999) Hydraulic conductances of angiosperms versus conifers: similar transport sufficiency at the wholeplant level. *Tree Physiology*, 19:445-452.
- Bezerra, J.E.F., Lederman, I.E., Silva Junior, J.F., Proença, C.E.B. (2006) Araçá. In: Vieira, R.F., Costa, T.S.A., Silva, D.B., Ferreira, F.R., Sano, S.M. (Editores). *Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 42-62.
- Bhagawati, R., Bhagawati, K., Choudhary, V.K., Rajkova, D.J., Sharma, R. (2015) Efeito das intensidades de poda no desempenho de plantas frutíferas sob condição de meia colina do Himalaia Oriental: estudo de caso em goiabeira. *Cartas Internacionais de Ciências Naturais*, 46.
- Biazatti, M.A., Marinho, C.S., Arantes, M.B.S., Guilherme, D.O. (2018) Multiplication of *Cattleya guava* by different techniques and variability among genotypes in vigor and rooting. *Cerne*, 24 (4):379-386.
- Biazatti, M.A. (2013) *Potencial de enraizamento, vigor, enxertia interspecífica e resistência a Meloidogyne enterolobii em genótipos de araçazeiros*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 78p.
- Biazatti, M.A., Souza, R.M., Marinho, C.S., Oliveira, D.O., Campos, G.S., Gomes, V.M., Bremerkamp, C.A. (2016) Resistência de genótipos de araçazeiros a *Meloidogyne enterolobii*. *Ciência Rural*, 46 (3).
- Bolle Jones, E.W. (1954) Nutrition of *Hevea brasiliensis* L. Experimental methods. *J. Rubber Res.* 14,183.
- Bonifácio, B.F. (2017) *Produção de porta-enxerto de goiabeira com águas de diferentes salinidades e adubação potássica*. Tese (Mestre em Produção e Tecnologia Agroindustrial) - Pombal-PB, Universidade Federal de Campina Grande, 71p.
- Borba, M.R.C., Scarpate Filho, J. A., Kluge, R.A. (2005) Teores de carboidratos em pessegueiros submetidos a diferentes intensidades de poda verde em clima tropical. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27 (1):68-72.

- Brandão, M., Laca-Buendía, J. P., Macedo, J. F. (2002) *Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: EPAMIG, 528p.
- Bremenkamp, C.A. (2015). *Dissimilaridade genética, fenologia e caracterização agronômica de acessos de araçazeiros em cultivo irrigado no Norte Fluminense*. Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, 91p.
- Bremenkamp, C.A., Marinho, C.S., Campos, G.S. (2016) Phenological characteristics of genotypes from *Cattley guava* and guava trees submitted to fructification pruning. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38 (4):e-727.
- Brodribb, T.M., Holloway-Phillips, M-M., Bramley, H. (2015) Improving water transport for carbon gain in crops. *In: Sadras VO, Calderini D, eds. Crop Physiology*. p. 251–281.
- Campos, G.S. (2015) *Propagação de goiabeiras e araçazeiros por subenxertia e minigarfagem*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 76p.
- Campos, G.S., Marinho, C.S., Portela, C.R., Moraes, B.D., Carvalho, W.S.G. (2017) Production of guava mini-grafted on intra or interspecific rootstock. *Rev. Bras. Frutic.*, 39 (1):e-635.
- Canas, S., Assunção, M. Brazão, J., Zanol G., Eiras – Dias J. (2015) Phenolic Compounds Involved in Grafting Incompatibility of *Vitis* spp.: Development and Validation of an analytical Method for their Quantification. *Phytochem. Anal*, 26:1-7.
- Cantero-Navarro, C., Romero-Aranda, R., Fernández-Muñoz, R., Martínez - Andújar, C., Pérez-Alfocea, F., Albacete, A. (2016) Improving agronomic water use efficiency in tomato by rootstock-mediated hormonal regulation of leaf biomass, *Plant Sci*. 251:90–100.
- Cantuarias-Avilés, T., Mourão Filho, F.A.A., Stuchi, E.S., Silva, S.R., Espinoza-Núñez, E., Bremer Neto, H. (2012) Rootstocks for high fruit yield and quality of ‘Tahiti’ lime under rain-fed conditions. *Scientia Horticulturae*, 142:105111.

- Carneiro, R.M.D.G., Cirotto, P.A., Quintanilha, A.P., Silva, D.B., Carneiro, R. G. (2007) Resistance to *Meloidogyne enterolobii* in *Psidium* spp. accessions and their grafting compatibility with *P. guajava* cv. Paluma. *Fitopatologia Brasileira*, 32 (4):281-284.
- Carneiro, R.M.D.G., Moreira, W.A., Gomes, A.C.M.M. (2001) Primeiro registro de *Meloidogyne enterolobii* em goiabeira no Brasil. *Nematologia Brasileira*, 25 (2):223-228.
- Castro, J.M.C. (2019) *Meloidogyne enterolobii* e sua evolução nos cultivos brasileiros. *Informe Agropecuário*, 306:41-48.
- Castro, J.M., Ribeiro, J.M., Ribeiro Junior, P.M., Almeida, E.J. (2017) Reprodução do nematoide-das-galhas da goiabeira em acessos de *Psidium*. *Comunicata Scientiae*, 8 (1):49-154.
- Castro, J.M. C., Santos, C.A.F., Flori, J.E. (2012) Reaction of *Psidium* accessions to the nematode *Meloidogyne enterolobii*. *Acta Horticulturae*, 959:51–57.
- Chiamolera, F.M., Martins, A.B.G., Soares, P.L.M., Chiamolera, T.P.L.C. (2018) Reação de possíveis porta-enxertos de goiabeira a *Meloidogyne enterolobii*. *Rev. Ceres*, 65 (3):291-295.
- Clearwater, M.J., Lowe, R.G., Hofstee, B.J., Barclay, C., Mandemaker, A.J., Blattmann, P. (2004) Hydraulic conductance and rootstock effects in grafted vines of kiwifruit. *J. Expt. Bot.* 55:1371- 1382.
- Cohen, S., Naor, A., Bennink, J., Grava, A., Tyree, M. (2007) Hydraulic resistance components of mature apple trees on rootstocks of different vigour. *J. Exp. Bot.* 58:4213–4224.
- Correia, A.O., Silva, M.V.S., Cabanez, P.A., Alves, F.R., Costa, A.V., Queiroz, V.T., Xavier, A. S., Costa, D.C. (2019) O declínio da goiabeira: desafios e novas perspectivas para o manejo. *In: Santos, C. A. Produção e manejo de culturas agrícolas de importância econômica. Maringá, PR: Uniedusul, p. 87.*
- Costa, A.F.S., Costa, A.N. (2003) Seleção de plantas matrizes de goiaba, produção de mudas e normas de condução de viveiros. p. 67-88. *In: Costa, A.F.S., Costa A.N. Tecnologias para produção de goiaba. Vitória: INCAPER, 341p.*

- Costa, G.F.; Marenco, R.A. (2007). Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). *Acta amazônica*. 37 (2):229-234.
- Costa, I.R., Forni-Martins, E.R. (2006) Chromosome studies in Brazilian species of *Campomanesia* Ruiz et Pávon and *Psidium* L. (Myrtaceae Juss.). *Caryologia*, 59:7-13.
- Costa, I.R. (2009) *Estudos evolutivos em Myrtaceae: aspectos citotaxonômicos e filogenéticos em Myrtae, enfatizando Psidium e gêneros relacionados*. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Campinas – SP, Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia - UNICAMP, 235p.
- Costa, J.C.F., Mendonça, R.M.N., Silva, G.C., Silva, S.M., Pereira, W.E., Santos, C.E.M. (2019) Effect of indolebutyric acid immersion period on the rhizogenic process of guava cuttings (*Psidium guajava* L.) cultivar Século XXI. *Journal of Experimental Agriculture International*, 32 (5):1-7.
- Costa, S.R, Santos, C.A.F., Medeiros, A.G., Nunes, E.D., Diniz, L.S. (2010) Cruzamentos interespecíficos entre goiabeira e araçazeiro visando a obtenção de híbridos resistentes ao nematoide *Meloidogyne mayaguensis*. Jequié. Anais... Genética, biodiversidade e conservação do Encontro de Genética do Nordeste, 18, Jequié: UESB.
- Costa, S.R., Santos, C.A.F., Castro, J.M.C. (2012) Assessing *Psidium guajava* x *P. guineense* hybrids tolerance to *Meloidogyne enterolobii*. *Acta Horticulturae*, Leuven, 959:59-65.
- De la Paz, A.V.C., Espinosa, B.G.G., Brizuela, E.I.L., Bravo, E.L., Gonzalez-Cueto, O. (2019) Poda de frutificação na cultura da goiabeira (*Psidium guajava* L.) e sua influência na produtividade. *Revista Ciências Técnicas Agropecuárias*, 28 (4):81-88.
- Demartelaere, A.C.F., Freitas, C.D.M., Soares, E.B., Queiroz, A.P.O., Sales Junior, R. (2015) Seleção de genótipos de cucurbitáceas a *Monosporascus cannonballus* e compatibilidade de porta-enxertos. *Revista Caatinga*, 28 (1):13-18.



- Dias, J.M.M., Felismino, D.C., Motoike, S.Y., Siqueira, D.L., Bruckner, C.H. (2014) *Propagação da goiabeira*. Disponível em: [http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras\\_William/Livrogoiaba\\_pdf/16\\_propagacaogoiaba.pdf](http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livrogoiaba_pdf/16_propagacaogoiaba.pdf). Acesso em: 29 abril. 2020.
- Fachinello, J.C., Hoffmann, A., Nachtigal, J.C. (2005) *Propagação de plantas frutíferas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 221p.
- Fachinello, J.C., Pasa, M.S., Schmitz, J.D., Betemps, D. L. (2011) Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, especial: 109-120.
- Fagan, E.B., Medeiros, S.L.P., Manfron, P.A., Casaroli, D., Simon, J., Neto, D.D., Lier, Q.D.J., Van Santos, O.S. (2007) Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja -Revisão. *Rev. FZVA*. 14 (1):89-106.
- Fernandes, M. do C. de A.; Leite, E. C. B.; Moreira, V. E. (2006) Defensivos alternativos: ferramenta para uma agricultura ecológica não poluente, produtora de alimentos saudáveis. *Informe Técnico*, 34.
- Figueiredo, F.A.M.M.D.A., Carneiro, J.G.D.A., Penchel, R.M., Campostrini, E., Thiebaut, J.T.D.L., Barroso, D.G. (2014) Condutividade hidráulica de raiz e capacidade fotossintética de mudas clonais de eucalipto com indução de deformações radiculares. *Cienc. Florest.* 24:277-287.
- Franzon, R. C., Campos, L.Z.O., Proença, C.E.B., Sousa-Silva, J.C. (2009) *Araçás do gênero Psidium: principais espécies, ocorrência, descrição e usos*. Brasília, DF: Embrapa Cerrados. (Série Documentos, Embrapa). 47 p.
- Freire, J.M., Abreu, C.M.P.D., Corrêa, A.D., Simão, A.A., Santos, C.M.D. (2012) Avaliação de compostos funcionais e atividade antioxidante em farinhas de polpa de goiabas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34 (3):847-852.
- Freitas, A.A.F., Marinho, C.M., Freitas, I.L.J. (2013) Goiabeiras Paluma, Pedro Sato e Cortibel 6 propagadas por miniestaquia e miniestaquia seriada. *Ciência Rural*, 43(8).
- Freitas, V.M., Correa, V.R., Motta, F.C., Sousa, M.G., Gomes, A.C.M.M., Carneiro, M.D.G., Silva, D.B., Mattos, J.K., Nicole, M., Carneiro, R.M.D.G. (2014)

- Resistant accessions of wild *Psidium* spp. to *Meloidogyne enterolobii* and histological characterization of resistance. *Plant Pathology*, 63:738-746.
- Fullana-Pericasa, M., Conesaa, M.A., Perez-Alfoceab, F., Galmesa, J. (2019) The influence of grafting on crops' photosynthetic performance. *Plant Sci.* 110250.
- Gambetta, G. A., Manuck, C. M., Drucker, S. T., Shaghasi, T., Fort, K., Matthews, M. A., McElrone, A. J. (2012). The relationship between root hydraulics and scion vigour across *Vitis* rootstocks: what role do root aquaporins play? *J. Exp. Bot.* 63:6445–6455.
- Gomes, V.M., Ribeiro, R.M., Viana, A.P., Souza, R.M., Santos, E.A., Rodrigues, D.L., Almeida, O.F. (2017) Inheritance of resistance to *Meloidogyne enterolobii* and individual selection in segregating populations of *Psidium* spp. *European Journal of Plant Pathology*, 148 (3):699-708.
- Gomes, V. M., Souza, R. M., Mussi-Dias, V., Silveira, S. F., Dolinsk, C. (2011) Declínio da goiabeira: doença complexa envolvendo *Meloidogine enterolobii* e *Fusarium solani*. *Journal of Phytopathology*, 159:45-50.
- Gonçalves, B., Moutinho-Pereira, J., Santos, A., Silva, A. P., Bacelar. E., Correia. C., ROSA, E. (2006) Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. *Tree Physiology*, 26 (1):93-104.
- Goto, G., Sirtori, L.F., Rodrigues, J. D., Lopes, M.C. (2010) Produção de tomateiro, híbrido Momotaro, em função do estágio das mudas e da enxertia. *Ciência e Agrotecnologia*, 34 (4):961-966.
- Goto, R.; Cañizares, K.A.L.; Stripari, P. C. (2003) Fatores que influenciam a enxertia. *In: Goto R; Santos HS; Cañizares Kal (orgs). Enxertia em hortaliças. São Paulo: UNESP. p. 25-31.*
- Govaerts, R., Sobral, M., Ashton, P., Barrie, F. Holst, B. K., Landrum, L., Matsumoto, K., Mazine, F. F., Lughadha, E. N., Proença, C., Soaressilva, L. H., Wilson, P, G., Lucas, E. (2019) *World Check-List of Myrtaceae*: Disponível em <<http://apps.kew.org/wcsp/>> Acesso em: dezembro de 2019.
- Gu, J., Zhou, Z., Li, Z., Chen, Y., Wang, Z., Zhang, H., Yang, J. (2017) Propriedades fotossintéticas e potenciais para melhoria da fotossíntese

em folhas verdes claras de arroz sob condições de alta luminosidade. *Front. Plant Sci.* 8:1082.

- Gullo, G., Motisi, A., Zappia, R., Dattola, A., Diamanti, J., Mezzetti, B. (2014) Rootstock and fruit canopy position affect peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] (cv. Rich May) plant productivity and fruit sensorial and nutritional quality. *Food chemistry*, 153:234-242.
- Haida, K.S., Haas, J., Mello, S.A., Haida, K.S., Abrão, R.M., Sahd, R. (2015) Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante de Goiaba (*Psidium guajava* L.) Fresca e Congelada. *Revista Fitos*, 9 (1):1-72.
- Hartman, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T., Geneve, R.L. (2011) *Plant Propagation: Principles and Practices* (8ed.). 915p.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T., Geneve, R.L. (2002) *Plant propagation: principles and practices*. 7 ed. New Jersey: Prentice Hall, 880p.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E. (2010) *Plant's propagation: principles and practices*. México: Continental, 760p.
- Hirano, R.T., Nakasone, H.Y. (1969) Chromosome numbers of ten species and clones in the genus *Psidium*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 94 (2):83-86.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. (2023) *Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura permanente*. Disponível <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>> Acesso em: março de 2023.
- Irisarri, P., Binczycki, P., Errea, P., Martens, H.J., Pina, A. (2015) Oxidative stress associated with rootstock-scion interactions in pear/quince combinations during early stages of graft development. *J. Plant Physiol*, 176:25–35.
- Kalil Filho, A.N., Hoffmann, H.A., Rodriguez Tavares, F. (2001) Mini-garfagem: Um novo método para a enxertia do mogno sul-americano (*Switenia macrophylla* King). *Comunicado técnico*, 62.
- Kalmbach L., Helariutta, Y. (2019) Sieve plate pores in the phloem and the unknowns of their formation, *Plants*. 8.

- Kareem, A., Manan, A., Saeed, S., Rehman, S. U., Shahzad, U., Nafees, M. (2016) Effect of different concentrations of IBA on rooting of Guava *Psidium guajava* L. in low tunnel under shady situation. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 110 (2):197-203.
- Keller, M. (2015) *The Science of Grapevines Anatomy and Physiology*. Elsevier, San Diego, 508p.
- Kobelnik, M., Cassimiro, D.L., Dias, D.S., Ribeiro, C.A., Crespi, M.S. (2012) Thermal behavior of araçá oil (*Psidium cattleianum* Sabine). *J Therm Anal Calorim*. 108:1281-1286.
- Koepke, T., Dhingra, A. (2013) Rootstock scion somatogenetic interactions in perennial composite plants. *Plant Cell Rep*. 32 (9):1321–1337.
- Koester, R.P., Skoneczka, J.A., Cary, T.R., Diers, B.W., Ainsworth, E.A. (2014) Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. *J. Exp. Bot*. 65:3311–3321.
- Landrum, L.R., Kawasakl, M.L. (1997) The genera of *Myrtaceae* in Brazil: an illustrated synoptic and identification keys. *Brittonia*, 49 (4):508-536.
- Landrum. L.R. Clark, W.D., Sharp, W.P., Brendecke, J. (1995) Hibridization between *Psidium guajava* and *P. guineense* (Myrtaceae). *Economic Botany*, 49 (2):153-161.
- Larcher, W. (2000) *Ecofisiologia Vegetal*. PRADO, C.H.B.A. (trad.) São Carlos: RiMa Artes e Textos, 531p.
- Leite, K.M.D.S.C., Tadiotti, A.C., Baldochi, D., Oliveira, O.M.M.F. (2006) Partial purification, heat stability and kinetic characterization of the pectinmethylesterase from Brazilian guava, Paluma cultivars. *Food Chemistry*, 94:565-572.
- Lima, I. M., Buonicontro, D. S., Arpini, B.S., Teodoro, M.C, Costa, N.S. (2019) Gerenciamento de nematoides no sistema de produção do cafeeiro Conilon. *In: Partelli, F. L., Espindula, M. C. Café Conilon: conhecimento para superar desafios*. Alegre, ES: CAUFES, p. 61-74.

- Lima, IM., Dolinski, C.M., Souza, R.M. (2003) Dispersão de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabais de São João da Barra (RJ) e relato de novos hospedeiros dentre plantas invasoras e cultivadas. *Nematologia Brasileira*, 27 (2):257-258.
- Lima, R.K., Cardoso, M.G, Andrade, M.A, Nascimento, E. A., Moraes, S.A.L., Nelson, D.L. (2010) Composition of the essential oil from the leaves of tree domestic varieties and one wild variety of the guava plant (*Psidium guajava* L., Myrtaceae). *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 20 (1):41-44.
- Lisar, Y.S.S., Motafakkerazad, R., Hossain, M.M., Rahman, I.M.M. (2012) Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24 (1):519-570.
- Liu, W.G., Shan L, Deng X P. (2001) Probe the method of measuring root system hydraulic conductivity using pressure chamber. *Acta Botanica Boreal-Occidental Sinica*, 21:761-765.
- Lopes, J.C., Alexandre, R. S., Correia, A.O., Maciel, K.S., Cabanez, P. A. (2016) Enxertia em fruteiras. In: Ferreira, A., Lopes, J.C., Ferreira, M.F.S., SOARES, T.C.B. *Tópicos Especiais em Produção Vegetal VI* [e-book]. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, p.37-60.
- Lourenço, A.M.S., Santos, C.A.F., Silva, D.O.M.D. (2022) Compatibilidade e variabilidade fenotípica de acessos de goiabeira enxertados sobre o porta-enxerto BRS Guaraçá: características vegetativas e de produção de frutos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 52.
- Macan, G.P.F., Cardoso, J.C. (2020) In vitro grafting of *Psidium guajava* in *Psidium cattleianum* for the Management of the *Meloidogyne enterolobii*, *Int. J. Fruit Sci.* 20 (1):106–116.
- Machado, E.C., Schmidt, P.T., Medina, C.L., Ribeiro, R.V. (2005) Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. *Pesq. Agropec. Bras.* 40:1161-1.170.
- Magalhães Filho, J.R., Amaral, L. R., Machado, D. F. S. P., Medina, C. L., Machado, E. C. (2008) Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de

- raízes em laranjeira 'Valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. *Bragantia*, Campinas, 67 (1):75-82.
- Mani, A., Mishra, R., Thomas, G. (2011) Elucidation of diversity among *Psidium* Species using morphological and SPAR methods. *Journal of Phytology*, 3: 53-61.
- Manica, I., Icuma, I.M., Junqueira, N.T.V., Salvador, J.O., Moreira, A., Malavolta, E. (2001) *Goiaba do plantio ao consumidor: tecnologia de produção, pós-colheita, comercialização*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 124p.
- Manica, I., Icuma, I.M., Junqueira, N.T.V., Salvador, J.O., Moreira, A., Malavolta, E. (2000) *Fruticultura tropical: goiaba*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 374p.
- Marinho, C.S., Milhem, L.M.A., Altoé, J.A., Barroso, D.G., Pommer, C.V. (2009) Propagação da goiabeira por miniestaquia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31 (2):607-611.
- Marques, M. da S., Pimentel, J. (2012) Hospedabilidade de diferentes espécies de plantas a *Meloidogyne enterolobii* no estado do Rio De Janeiro. *Nematropica*, 42 (2):304–313.
- Martinez, D.E., Guiamet, J.J. (2004) Distortion of the SPAD-502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. *Agronomie*. 24.
- Martínez-Alcántara, B., Rodríguez-Gamir, J., Martínez-Cuenca, M.R.D.J. Iglesias, D.J., Primo-Millo, E., Forner-Giner, M.A. (2013) Relationship between hydraulic conductance and citrus dwarfing by the Flying Dragon rootstock (*Poncirus trifoliata* L. Raft var. *monstruosa*). *Trees*. 27:629–638.
- Martínez-Andújar, C., Albacete, A., Martínez-Pérez, A., Pérez-Pérez, J.M., Asins, M.J., Pérez-Alfocea, F. (2016) Root-to-shoot hormonal communication in contrasting rootstocks suggests an important role for the ethylene precursor aminocyclopropane-1- carboxylic acid in mediating plant growth under low-potassium nutrition in tomato. *Front. Plant Sci*. 7:1–16.
- Martins, L.S.S., Santos, R., Souza, A.G., Resende, L.V., Maluf, W.R. (2013). Parasitismo de *Meloidogyne enterolobii* em espécies de Myrtaceae. *Ver. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, 35 (2):477-484.

- Melnyk, C.W., Gabel, A., Hardcastle, T. J., Robinson, S., Miyashima, S., Grosse, I., Meyerowitz, E. M. (2018) Transcriptome dynamics at Arabidopsis graft junctions reveal an intertissue recognition mechanism that activates vascular regeneration. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 115:E2447–E2456.
- Melo, F.S.N. (2015) *Qualidade de goiaba Paluma minimamente processada sob recobrimento a base de quitosana, cloreto de cálcio e alginato*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – João Pessoa – Universidade Federal da Paraíba – 95p.
- Mendonça, J.L., Lopes, C.A., Moita, A.W. (2017) Compatibilidade de enxertia de híbridos interespecíficos de *Solanum* com tomateiro visando controle de patógenos de solo. *Savannah Journal of Research and Development*, 1 (1): 34-38.
- Menezes, P.E., Dornelles, L.L., Fogaça, A.O., Boligon, A.A., Athayde, M.L., Bertagnolli, S.M.M. (2016) Composição centesimal, compostos bioativos, atividade antioxidante e caracterização fenólica da polpa de goiaba. *Disciplinarum Scientia*, 17 (2):205-217.
- Merli, M. C., Magnanini, E., Gatti, M., Pirez, F. J., Buesa Pueyo, I., Intrigliolo, D. S., Poni, S. (2016) Water stress improves whole-canopy water use efficiency and berry composition of cv. Sangiovese (*Vitis vinifera* L.) grapevines grafted on the new drought-tolerant rootstock M4. *Agricultural Water Management*, 169:106–114.
- Milhem, L.M.A., Marinho, C.S., Guilherme, D.O., Freitas, S.J., Freitas, M.J.A.A. (2014) Ambientes de enraizamento para goiabeiras propagadas por estaquia ou miniestaquia. *Vértices*, 6 (3):75-85.
- Miranda, G.B., Souza, R.M., Gomes, V.M., Ferreira, T.F., Almeida, A.M. (2012) Avaliação de acessos de *Psidium* spp. quanto à resistência a *Meloidogyne enterolobii*. *Bragantia*, 71 (1):52-58.
- Nachtigal, J.C., Martins C.R., Nachtigal G.F. (2015) *Sistema de produção de goiabas para pequenos produtores do Rio Grande do Sul Pelotas*: Embrapa Clima Temperado, 107p.

- Nachtigal, J.C., Fachinello, J.C., Hoffmann, A. (2005) Propagação vegetativa por estaquia. *In: Fachinello, J.C., Hoffmann, A., Nachtigal, J.C.(Ed.). Propagação de plantas frutíferas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. p.111-147.*
- Nogueira Filho, G.C., Roncatto, G., Ruggiero, C., Oliveira, J.C. de Malheiros, E. B. (2010) Desenvolvimento e produção das plantas de maracujazeiro-amarelo produzidas por enxertia hipocotiledonar sobre seis porta-enxertos. *Rev. Bras. Frutic.* 32 (2):535-543.
- Noia, L.R., Tuler, A.C., Ferreira, A., Ferreira, M.F.S. (2017) Relationship between *Psidium* species (Myrtaceae) by resistance gene analog markers: focus on nematode resistance. *Genetics and Molecular Research*, 16(1).
- Nordey, T., Shem, E., Huat, J. (2020) Impacts of Temperature and Rootstocks on Tomato Grafting Success Rates. *Hort. Sci.* 55 (2):136-140.
- Silva, O.D., Aquino, P.P., Ribeiro, S.M.R., Costa, P.R.P., Pinheiro-Sant'Ana, H.M. (2011) Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum Health Sciences*, 33 (1): 89-98.
- Patel, S. (2012). Exotic tropical plant *Psidium cattleiaum*: a review on prospects and threats. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 11:243-248.
- Pauletto, D., Mourão Filho, F.A.A., Kluge, R.A., Scarpate Filho, J.A. (2001) Produção e vigor da videira “Niágara Rosada” relacionados com o porta-enxerto. *Pesq. Agropec. Bras.* 36 (1):115-121.
- Paulus, D., Valmorbidia, R., Toffoli, E., Paulus, E. (2014) Propagação vegetativa de *Aloysia triphylla* (L'Hér.) Britton em função da concentração de AIB e do comprimento das estacas. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s,16 (1):25-31.
- Peçanha, A.L., Campostrini, E., Torres Netto, A., Yamanishi, O.K., Lima, L.A., Naves, R.V. (2010) Trocas gasosas e eficiência fotoquímica em mudas e enxertias de mamoeiro cultivado em condições de campo. *Acta Horti*c. 851:271-278.



- Penella, C., Nebauer, S.G., Lopez-Galarza, S., Quinones, A., San Bautista, A., Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. (2002) *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. 1ª ed. Guaíba.
- Pereira, A.J., Pasa, M.S. (2016) Desempenho produtivo de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji' submetidas a diferentes densidades de plantio e porta-enxertos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 51 (4):348-356.
- Pereira, F. M., Nachigal, J. C. (2002) Melhoramento da goiabeira. *In*: Bruckner, C. H. (Ed.) Melhoramento de fruteiras tropicais. Viçosa: Editora UFV, p.1-18.
- Pereira, F.M., Usman, M., Mayer, N. A., Nachtigal, J. C., Maphanga, O.R.M., Willemse, S. (2016) Advances in guava propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 39 (4):1-24.
- Pereira, F.O.M., Souza, R.M., Souza, P.M., Dolinski, C., Santos, G.K. (2009) Estimativa do impacto econômico e social direto de *Meloidogyne mayaguensis* na cultura da goiaba no Brasil. *Nematologia Brasileira*, (32):176-181.
- Pereira, F.M. (1995). *Cultura da goiabeira*. Jaboticabal: Funep. 47p.
- Pereira, K.C., Soares, P.L., Dos Santos, J. M., Batista, E. S. P. (2016a) Development of guava cultivars arasitized by *Meloidogyne enterolobii*. *Nematropica*, 46 (1):54 -59.
- Pereira, K. C., Soares, P. L., Santos, J.M., Felizberto, P.A.C. (2018) Reação de cultivares de goiabeiras à *Pratylenchus brachyurus*. *Summa Phytopathol.* 44 (4):386-390.
- Pina A., Errea P, Schulz A., Martens H. (2009) Cell-to-cell transport through plasmodesmata in tree callus cultures. *Tree Physiol.* 29:809–818.
- Pina A., Errea P. (2008) Influence of graft incompatibility on gene expression and enzymatic activity of UDP-glucose pyrophosphorylase. *Plant Sci.*, 174:502–509.
- Pina, A., Cookson, S. J., Calatayud, A., Trinchera, A., Errea, P. (2017) Physiological and molecular mechanisms underlying graft compatibility. *In*:

*Vegetable Grafting Principles and Practices*, eds G. Colla, F. Pérez-Alfocea, and D. Schwarz (Wallingford: CABI), p.132–154.

- Pina, A., Errea, P., Martens, H. J. (2012) Graft union formation and cell-to-cell communication via plasmodesmata incompatible and incompatible stem unions of *Prunus* spp. *Scientia Horticulturae*, 143:144-150.
- Pinheiro, J.M.A. (2017) A composição fenólica e a detecção precoce da compatibilidade da enxertia em *Vitis* spp. Tese (Mestrado em Viticultura e Enologia) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Porto, 91p.
- Pio, R.V., Junqueira, M.R., Ramos, K.P., Darlan, J. (2002) *Cultura da goiabeira*. Lavras, 32p.
- Pommer, C.V. (2012). Guava world-wide breeding: major techniques and cultivars and future challenges. *Acta Horticulturae*, (959):81–88.
- Pommer, C.V., Oliveira, O.F. de, Santos, C.A.F. (2013) *Goiaba: recursos genéticos e melhoramento*. 1. ED. Edufersa: Mossoró/RN, 126p.
- Pommer, C.V., Murakami, K.R.N. (2009) Breeding Guava (*Psidium guajava* L.). In Jain, S.M., Priyadarshan, P.M. (Org.). *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*. New York: Springer, p.83-119.
- Qing-ming, L., Bin-bin, L. (2010) Comparison of three methods for determination of root hydraulic conductivity of maize (*Zea mays* L.) root system. *Agricultural Sciences in China*, 9 (10):1438-1447.
- Quintal, S.S.R., Viana, A.P., Campos, B.M., Vivas, M., AmaraL Junior, A.T. (2017) Selection via mixed models in segregating guava families based on yield and quality traits. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 39 (2):866.
- Ramos, A.R.P. (2013) *Produtos de efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de tomate 'Giuliana', na produção e pós-colheita de frutos*. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 147p.
- Rampazzo, V., Takikawa, A.Y., Haminiuk, C.W.I. (2012) *Quantificação de compostos fenólicos em frutas vermelhas (Fragaria vesca, Rubusidaeus,*

*Morus nigra*). Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p. 1-7. Acesso em: 22 abril. 2020.

- Rasool, A., Mansoor, S., Bhat, K. M., Hassan, G. I., Baba, T. R., Alyemeni, M. N, Ahmad, P. (2020) Mecanismos subjacentes à formação da união do enxerto e interação do porta-enxerto-copa em plantas hortícolas. *Frontiers in Plant Science*, 11:590847.
- Rego, P. L. (2020) *Seleção de porta-enxertos de citros para ‘Tahiti’ e ‘Pera’ tolerantes ao estresse hídrico no cerrado*. Tese (Doutorado – Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus Campina Grande- PB, 156p.
- Ribeiro, B. B. (2021) Aspectos comerciais da cultura da goiaba no Brasil. Monografia (Engenharia Agrônômica) - Brasília – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária Curso de Agronomia – 37p.
- Richardson, A. E., Barea, J. M, McNeill, A. M., Prigent-Combaret, C. (2009) Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms, *Plant Soil*, 321:305–339.
- Rieger, R., Michaelis, A. Green, M.M. (2013) A Glossary of Genetics and Cytogenetics: Classical and Molecula. *Springer Science & Business*.
- Rivero-Maldonado, G., Pacheco-Rivera, D., Sánchez-Urdaneta, A.B., González, M.Q., Sthormesméndez, G. (2017) Contribuciones al estudio sistemático de especies de *Psidium* (*Myrtaceae*) de Venezuela. *Acta Botanica Venezuelica*. 40 (1):53-96.
- Robaina, R.R. (2011) *Enxertia de copa e subenxertia entre a goiabeira ‘Paluma’ (Psidium guajava L.) e araçazeiros (Psidium cattleianum) visando a produção de mudas resistentes a Meloidogyne enterolobii*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 60p.
- Robaina, R.R., Campos, G.S., Marinho, C. S., Souza, R. M., Bremenkamp, C. A. (2015) Grafting guava on *Cattley guava* resistant to *Meloidogyne enterolobii*. *Ciência Rural*, 00:00-00.

- Robaina, R.R., Marinho, C.S., Souza, R.M., Campos, G. S. (2012) Subenxertia da goiabeira 'Paluma' com araçazeiros resistentes a *Meloidogyne enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34 (3):951-955.
- Saraiva, G.F.R., Andrade, R.S., Souza, G.M. (2014) Termografia por infravermelho como ferramenta de diagnóstico precoce de estresse hídrico severo em soja. *Biosfera*, 1 (1):158- 169.
- Scarpate Filho, J.A., Kluge, R.A., VictóriaFilho, R., TessarioliNeto, J., Jacomino, A.P. (2000) Behavior of two peach cultivars with 'Januária' as a Japanese plum interstock. *Pesq. Agropec. Bras.* 35:757–765.
- Schwarz, D., Roupshael, Y., Colla, G., Venema, J.H. (2010) Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants. *Sci. Hortic.* 127:162–171.
- Schwengber, J.E., Dutra, L., Kersten, E. (2000) Efeito do sombreamento da planta matriz e do PVP no enraizamento de estacas de ramos de araçazeiro (*P. cattleianum* Sabine). *Revista Brasileira de Agrociência*, 6 1):30-34.
- Serrano, L.A.L., Marinho, C.S., Lima, I.M., Martins, M.V.V., Ronchi, C.P., Tardin, F. D. (2008b) Fenologia da goiabeira 'Paluma' sob diferentes sistemas de cultivos, épocas e intensidades de poda de frutificação. *Bragantia*, 67 (3):701-712.
- Serrano, L. A. L., Martins, M.V.V., Lima, I.D.M., Marinho, C.S., Tardin, F.D. (2008a) Effect of pruning time and intensity on 'Paluma' guava trees, in Pinheiros, ES, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30:994-1000.
- Sharma, A., Zheng, B. (2019) Molecular responses during plant grafting and its regulation by auxins, cytokinins, and gibberellins. *Biomolecules*, 9(397).
- Silva, V.A., Antunes, W.C., Guimarães, B.L.S., Paiva, R.M.C., Silva, V.F., Ferrão, M. A. G., Matta, F.M., Loureiro, M.E. (2010) Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. *Pesq. Agropec. Bras.*45 (5):457-464.
- Silva, W. Sedyama, T., da Silva, A. A., Cardoso, A. A. (2004) Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária. *Rev. Florest.* 34:325-335.

- Simões, W.L., de Andrade, V.P., Silva, J.S.D., Santos, C.A., de Sousa, J.S., Calgaro, M., Nascimento, B.R.D. (2023) Produção e qualidade de frutos de goiaba 'Paluma' com porta-enxerto tolerante a nematoides irrigados no semiárido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 27:400-406.
- Soares, L.A.A., Brito, M.E.B., Fernandes, P.D., Lima, G.S., Soares Filho, W.S., Oliveira, E.S. (2015) Crescimento de combinações copa - porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19 (3):211–217.
- Soares, L.H., Proença, C.E.B. (2008) A new species of *Psidium* L. (Myrtaceae) from southern Brazil. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 158:51–54.
- Sobral, M., Proença, C., Souza, M., Mazine, F., Lucas, E. (2015) Myrtaceae in *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB10858>>. Acesso em dezembro de 2019.
- Solari, L.I., Johnson, S. DeJong, T.M. (2006). Hydraulic conductance characteristics of peach (*Prunus persica*) trees on different rootstocks are related to biomass production and distribution. *Tree Physiol.* 26:1343-1350.
- Sousa, M. C., Marinho, C. S., Silva, M. P. S., Carvalho, W.S.G., Amaral, B. D., Assis-Gomes, M. M., Rodrigues, W. P., Campostrini, E. (2019) Effects of grafting and gradual rootstock substitution on gas exchanges of orange seedlings under high atmospheric evaporative demand. *Scientia Horticulturae*, 247:67–74.
- Sousa, M.C., Marinho, C.S., Silva, M.P.S., Carvalho, W.S.G., Amaral, B.D. (2018) Production efficiency and quality in seedlings of the 'Pera' orange interstocked with nucellar plantlet tissue. *Rev. Cienc. Agron.* 49:53–61.
- Souza, A.D.V.D., Fávaro, S.P., Ítavo, L.C.V., Roscoe, R. (2009) Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:1328-1335.

- Souza, A.G., Resende, L.G., Lima, I.P., Santos, R.M., Chalfun, N.N.J. (2014) Variabilidade genética de acessos de araçazeiro e goiabeira suscetíveis e resistentes a *Meloidogyne enterolobii*. *Ciência Rural*, 44:822-829.
- Souza, A.G., Resende, L.V., Lima, I.P., Martins, L.S.S., Techio, V.H. (2015) Chromosome number and nuclear DNA amount in *Psidium* spp. resistant and susceptible to *Meloidogyne enterolobii* and its relation with compatibility between rootstocks and commercial varieties of guava tree. *Plant Syst. Evol.* 301:231-237.
- Souza, R.R.C. de; Santos, C.A.F.; Costa, S.R. da. (2018) Field resistance to *Meloidogyne enterolobii* in a *Psidium guajava* × *P. guineense* hybrid and its compatibility as guava rootstock. *Fruits*. 73 (2):118-124.
- Tatagiba, S.D., Pezzopane, J.E.M., Reis, E.F. (2015) Fotossíntese em Eucalyptus sob diferentes condições edafoclimáticas. *Eng. Agric.* 23 (4):336-345.
- Thalman, M., Santelia, D. (2017) Amido como determinante da aptidão de plantas sob estresse abiótico. *New Phytologist*, 214 (3):943-951.
- Tigre, C. (2022) Frutas: maiores produtores de goiaba. Disponível em <<https://www.cdtpergunta.com/2021/06/producao%20goiaba%20brasil.html#:~:text=O%20pa%C3%ADs%20com%20a%20maior,na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20goiabas%20brancas>>\_Acesso em: 02 maio de 2023.
- Tombesi, S., Johnson, R.S, Day, K.R., De Jong, T.M. (2009) Relationships between xylem vessel characteristics, calculated axial hydraulic conductance and size controlling capacity of peach rootstocks. *Annu. Bot.* 105 (2):327-331.
- Twooski, T., Fazio, G. (2015) Effects of size-controlling apple rootstocks on growth, abscisic acid, and hydraulic conductivity of scion of different vigor. *Int. J. Fruit Sci.* 15 (4):369–381.
- Twooski, T., Fazio, G. (2016) Interações hormonais e de crescimento de copas e porta-enxertos controladores de tamanho de macieiras jovens. *Regulação do Crescimento Vegetal*, 78:105-119.
- Vieira, R.F., Costa, T.S.A., Silva, D.B., Ferreira, F.R., Sano, S. M. (2006) *Frutas Nativas da região Centro-oeste do Brasil*. Brasília: Embrapa recursos genéticos e Biotecnologia, 320p.

- Vitti, K. A., Lima, L. M., Martines Filho, J. G. (2020) Caracterização agronômica e econômica da produção de goiaba no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 42 (1):e-447.
- Wang, L., Li, G., Wu, X., Xu, P. (2016) Comparative proteomic analyses provide novel insights into the effects of grafting wound and hetero-grafting per se on bottle gourd. *Sci. Hortic.* 200:1–6.
- Warschefsky, E.J., Klein, L.L., Frank, M.H., Chitwood D.H., Londo, J.P., von Wettberg, E.J.B., Miller, A.J. (2016) Rootstocks: diversity, domestication, and impacts on shoot phenotypes, *Trends Plant Sci.* 21:418–437.
- Wendling, I., Ferrari, M.P., Grossi, F. (2002) *Curso intensivo de viveiros e produção de mudas*. Embrapa Florestas. Documentos, 79. 48p.
- Wendling, I., Hoffmann, H. A. (2005) *Minienxertia em Casa de Vegetação: Nova Metodologia para Propagação Vegetativa de Ilex paraguariensis – Resultados Preliminares*. Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 132. 6p.
- Whetten, R.W., MacKay, J.J., Sederoff, R.R., (1998) Recent advances in understanding lignin biosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 49 (1):585–609.
- Whiting, M. D., Lang, G., Ophardt, D. (2005) Rootstock and training system affect sweet cherry growth, yield, and fruit quality. *Hort Science.* 40 (3): 582-586.
- Wilson, P.G., O'Brien, M.M., Gadek, P.A., Quinn, C.J. (2001) Myrtaceae revisited: a reassessment of infrafamilial groups. *American Journal of Botany*, 88:2013-2025.
- Yadav, K., Barholia, A., Khan, R., Patel, R. (2017) Effect of foliar spray of borax on growth and yield of guava (*M. guajava* L.) cv. Gwalior-27. *International Journal of Chemical Studies*, 5 (6):495-497.
- Zarrouk, O., Gogorcena, Y., Moreno, M. A., and Pinochet, J. (2006) Graft compatibility between peach cultivars and *Prunus* rootstocks. *Hort Science*, 41:1389–1394.
- Zarrouk, O., Testillano, P. S., Risueño, M. C., Moreno, M. Á, and Gogorcena, Y. (2010) Changes in cell/tissue organization and peroxidase activity as markers

for early detection of graft incompatibility in peach/plum combinations. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 135:9–17.

Zucareli, V., Ono, E.O., Boaro, C.S.F., Brambilla, W.P. (2014) Desenvolvimento inicial de maracujazeiros (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis* f. *edulis* e *P. alata*) enxertados sobre *Passiflora cincinnata*. *Semina: Ciências Agrárias*, 35 (5):2325-2339.