



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



PEDRO HENRIQUE BARRIO PADILHA

**RESPOSTA FISIOLÓGICA DE LIMAS ÁCIDAS TAHITI ENXERTADAS
EM PORTA-ENXERTOS ANANICANTES SOB DIFERENTES
MANEJOS DO SOLO**

ARARAS - 2024



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



PEDRO HENRIQUE BARRIO PADILHA

**RESPOSTA FISIOLÓGICA DE LIMAS ÁCIDAS TAHITI ENXERTADAS
EM PORTA-ENXERTOS ANANICANTES SOB DIFERENTES
MANEJOS DO SOLO**

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para
a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Prof. Dra. Patrícia Marlucci da Conceição

ARARAS – 2024

**Dedico este trabalho aos meus pais, Maria
Helena Barrio e Pedro Paulo Padilha.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me guia e me protege em todos os momentos.

Aos meus pais, Maria Helena Barrio e Pedro Paulo Padilha, que sempre estiveram do meu lado, me apoiando e torcendo pelo meu sucesso pessoal e profissional.

Agradeço a Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade em cursar Engenharia Agrônoma e poder realizar este sonho.

Agradeço ao Dr Fernando Alves de Azedo e ao Centro de Citricultura Sylvio Moreira (IAC), pela confiança depositada, pela oportunidade de estágio e de aprendizado.

Agradeço ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa concedida.

Ao grupo de Desenvolvimento em Citros/ GD Citros e todos amigos e colaboradores com quem trabalhei durante esses anos, tornando o ambiente de trabalho mais confortável e alegre.

Agradeço a Prof^a Dr^a Patrícia Marluci da Conceição, pela orientação, paciência e ensinamentos nesta monografia.

Agradeço a minha coorientadora Me. Ana Júlia Borim de Souza, por toda paciência e por todos os ensinamentos teóricos e práticos.

A minha família, por todo apoio e por acreditarem nos meus esforços.

Grato a gloriosa república Toca, lugar em que construí histórias e momentos que me transformaram em um ser humano melhor, além de construir amizades honestas e verdadeiras.

A minha namorada Bianca Tavares Lattanzi, quem me apoiou nos momentos mais difíceis e vibrou pelas minhas conquistas.

Aos meus amigos Gustavo Afonso Ladeira Ique, Guilherme Guizi e Rafaela Camargo Baggio, que desde o começo sempre estiveram comigo em todos os momentos, demonstrando muita união e carinho.

“Viver é como andar de bicicleta. É preciso estar em constante movimento para manter o equilíbrio.”

(Albert Einstein)

RESUMO

A citricultura brasileira desempenha um papel significativo tanto na economia quanto na sociedade, e a introdução de novos materiais, como variedades copa e porta-enxertos, tem possibilitado reverter inúmeras dificuldades enfrentadas pela citricultura, visando a implementação de cultivos mais produtivos. Objetivou-se com este trabalho avaliar a resposta fisiológica e desenvolvimento de plantas de lima ácida Tahiti enxertadas em porta-enxertos ananizantes submetidas ao manejo convencional e ecológico do solo. Para isso, foi instalado em 2020, um experimento com o objetivo de realizar avaliações de diferentes tipos de manejo e combinações de copa e porta-enxertos na produção de lima ácida Tahiti. Antes do plantio das mudas de citros, realizou-se a semeadura da *Urochloa ruziziensis* nas entrelinhas. As mudas de lima ácida Tahiti, com 12 meses de idade, foram plantadas em sete linhas, com espaçamento de 6,0 x 2,5m. O ensaio foi instalado em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x3x2, sendo: dois tipos de manejo do solo (1. manejo convencional com a utilização da roçadora convencional e 2. manejo ecológico com utilização da roçadora ecológica; três variedades copa de lima ácida Tahiti (IAC 5, IAC 10 e BRS IAC EECB Ponta-Firme) e dois porta-enxertos (trifoliata Flying Dragon e o citrandarin IAC 3152 Itajobi). Cada repetição foi composta por cinco plantas de citros. Foram realizadas avaliações fisiológicas nas folhas das plantas de lima ácida Tahiti (potencial hídrico, quantificação dos teores de lipoperóxidos e prolina) e avaliação do desenvolvimento vegetativo (altura, diâmetro copa e volume de copa) e produtivo das plantas. As plantas conduzidas no manejo ecológico apresentam menor estresse hídrico (maior potencial hídrico nas folhas) e oxidativo nas plantas, evidenciado pelas menores concentrações de prolina e lipoperóxidos, comparado às plantas conduzidas no manejo convencional. Além disso, as plantas apresentam maior altura e volume de copa e produtividade ($t\ ha^{-1}$) no manejo ecológico. O porta-enxerto citrandarin IAC 3152 Itajobi proporciona menor estresse hídrico às plantas, menor teor de lipoperóxidos e maior teor de prolina, indicando maior tolerância desse porta-enxerto às condições ambientais adversas, comparado ao trifoliata Flying Dragon. A altura das plantas e volume de copa é maior quando as plantas são enxertadas no porta-enxerto citrandarin IAC 3152 Itajobi.

Palavras-chave: prolina; lipoperóxidos; estresse, ecológico, convencional

ABSTRACT

Brazilian citriculture plays a significant role both economically and socially, and the introduction of new materials, such as scion and rootstock varieties, has enabled the industry to overcome numerous challenges, aiming for the implementation of more productive crops. This study aimed to evaluate the physiological response and development of Tahiti acid lime plants grafted onto dwarfing rootstocks subjected to conventional and ecological soil management. To achieve this, an experiment was established in 2020 with the objective of assessing different types of management and combinations of scion and rootstocks in the production of Tahiti acid lime. Prior to planting the citrus seedlings, *Urochloa ruziziensis* was sown in the interrows. The 12-month-old Tahiti acid lime seedlings were planted in seven rows, with a spacing of 6.0 x 2.5 meters. The trial was set up in a randomized block design, in a 2x3x2 factorial scheme, comprising: two types of soil management (1. conventional management using conventional mower and 2. ecological management using ecological mower), three Tahiti acid lime scion varieties (IAC 5, IAC 10, and BRS IAC EECB Ponta-Firme), and two rootstocks (trifoliolate Flying Dragon and citrandarin IAC 3152 Itajobi). Each replicate consisted of five citrus plants. Physiological evaluations were conducted on the leaves of the Tahiti acid lime plants (water potential, quantification of lipoperoxide and proline contents) along with assessments of vegetative (height, canopy diameter, and canopy volume) and productive development of the plants. Plants under ecological management exhibited lower water stress (higher water potential in the leaves) and oxidative stress, as evidenced by lower concentrations of proline and lipoperoxides, compared to plants under conventional management. Additionally, the plants under ecological management showed greater height, canopy volume, and productivity (t ha⁻¹). The citrandarin IAC "Itajobi" 152 rootstock resulted in lower water stress, lower lipoperoxide content, and higher proline content in the plants, indicating greater tolerance of this rootstock to adverse environmental conditions compared to trifoliolate Flying Dragon. Plant height and canopy volume were greater when plants were grafted onto the citrandarin IAC "Itajobi" 152 rootstock.

Keywords: proline; lipoperoxides; stress; ecological; conventional

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Área experimental com plantas de lima ácida Tahiti localizada na quadra 1 (indicada pela seta vermelha), no Centro de Citricultura Sylvio Moreira/IAC (Cordeirópolis, SP). 17
- Figura 2. Manejo de roçagem das entrelinhas A) Linhas após o manejo convencional com utilização de roçadeira convencional – sem palhada e B) Linhas após o manejo ecológico com utilização da roçadeira ecológica – com cobertura vegetal (Cordeirópolis, SP). 18
- Figura 3. Frutos maduros colhidos de todas as plantas nas diferentes combinações copa e porta-enxerto, sob o manejo convencional e ecológico (Cordeirópolis, SP). 20
- Figura 4. Potencial hídrico foliar das folhas das copas das combinações de lima ácida Tahiti IAC 10 (10); IAC 5 (5) e BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF) com os porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) submetidas aos manejos de roçagem ecológico (ECO) e convencional (CONV) (Cordeirópolis/SP, 2023). 22
- Figura 5. Teor de lipoperóxidos nas folhas das copas das combinações de lima ácida Tahiti IAC 10 (10); IAC 5 (5) e BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF) com os porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) submetidas aos manejos de roçagem ecológico (ECO) e convencional (CONV) (Cordeirópolis/SP, 2023). 23
- Figura 6. Teor de prolina nas folhas das copas das combinações de lima ácida Tahiti IAC 10 (10); IAC 5 (5) e BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF) com os porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) submetidas aos manejos de roçagem ecológico (ECO) e convencional (CONV) (Cordeirópolis/SP, 2023). 25
- Figura 7. Altura das plantas nas combinações de lima ácida Tahiti com os porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) submetidas aos manejos de roçagem ecológico (ECO) e convencional (CONV) (Cordeirópolis/SP, 2023). 26
- Figura 8. Volume de copa das plantas nas combinações de lima ácida Tahiti IAC 10 (10); IAC 5 (5) e BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF) com os porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) submetidas aos manejos de roçagem ecológico (ECO) e convencional (CONV) (Cordeirópolis/SP, 2023). 27

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Produtividade ($t\ ha^{-1}$) dos manejos convencional (CONV) e ecológico (ECO) e das combinações Copa x Porta-enxerto de lima ácida Tahiti IAC 10 (10); IAC 5 (5) e BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF) enxertados sobre citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) mensurados da Safra 2024. | 27 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 13 |
| 2.1. <i>A relevância socioeconômica da lima ácida Tahiti</i> | 13 |
| 2.2. Porta-enxerto na citricultura | 13 |
| 2.3. Manejo convencional e ecológico do solo | 14 |
| 2.4. Fisiologia lima ácida Tahiti | 15 |
| 3. OBJETIVOS | 16 |
| 3.1. Objetivo geral | 16 |
| 3.2. Objetivos específicos..... | 16 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 17 |
| 4.1. Área e delineamento experimental | 17 |
| 4.2. Avaliações fisiológicas nas plantas de lima ácida Tahiti..... | 18 |
| 4.2.1. Potencial hídrico das folhas..... | 18 |
| 4.2.2. Quantificação dos teores de lipoperóxidos..... | 19 |
| 4.2.3. Determinação do teor de prolina | 19 |
| 4.3. Avaliação do desenvolvimento vegetativo e produtivo | 20 |
| 4.4. Análise das estatísticas. | 20 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 5.1. Potencial hídrico nas folhas..... | 21 |
| 5.2. Quantificação dos teores de lipoperóxidos..... | 22 |
| 5.3. Determinação do teor de prolina | 24 |
| 5.4. Avaliação do desenvolvimento vegetativo e produtivo | 25 |
| 6. CONCLUSÃO | 28 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 29 |

1. INTRODUÇÃO

Originária de regiões tropicais, a lima ácida Tahiti [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], não é um limão, e sim, uma variedade de lima ácida (EMBRAPA, 1998). Esta variedade é o resultado do cruzamento entre o limão Siciliano (*Citrus limon* (L.) Burm. f.) e a lima-da-Pérsia (*Citrus limettioides* Tanaka), tornando-a uma variedade híbrida natural e partenocárpica, o que significa que sua irregularidade cromossômica resulta um cultivar triploide que se desenvolve sem sementes (OLIVEIRA et al., 2005). Este tipo de variedade se destaca por possuir frutos com casca fina e coloração verde-escura, suco ácido e serem ricos em vitamina C e antioxidantes (EMBRAPA, 2023).

O Brasil, em 2022, ocupou a quinta colocação na produção mundial de limas e limões, sendo responsável pela produção de 1,6 milhão de toneladas (FAOSTAT, 2024). Ressaltando a região sudeste, principalmente o estado de São Paulo, como maior produtora nacional, contribuindo com aproximadamente 73% do total produzido (IBGE, 2022). A citricultura, com foco na produção da lima ácida Tahiti, desempenha um papel importante na economia agrícola do Brasil. Com uma vasta área cultivada em diversas regiões do país, a produção tem crescido ao longo dos anos (SILVA, 2020). Além de atender à demanda nacional, a exportação da lima ácida Tahiti, terceira fruta mais exportada do Brasil, mantém uma evolução significativa em relação ao seu volume produzido e exportado. Com a exportação de 160 mil toneladas em 2023, seu mercado mantém contribuindo economicamente para a balança comercial brasileira e fortalece a posição do Brasil no mercado global de citros (COMEXSTAT 2023). A expansão da citricultura e o aumento de sua produção, destacam a importância estratégica desse setor para a economia brasileira, promovendo o desenvolvimento socioeconômico e a geração de empregos, principalmente em áreas rurais (EMBRAPA, 2023).

Com o avanço da citricultura no Brasil e a constância de sua produção, é natural que desafios como doenças e estresses ambientais, incluindo salinidade, temperaturas extremas e secas, façam parte do processo que afetam esse cultivo (LOPES, 2018). No entanto, com o aumento expressivo de tecnologias e investimentos na área, inúmeras práticas agrônômicas têm sido implementadas para superar tais obstáculos, como o desenvolvimento de variedades resistentes, capazes de proporcionarem resultados promissores (SOUZA et al., 2021). Com isso, a seleção de variedades de porta-enxertos com alta tolerância a estresses abióticos e bióticos

ganham destaque, agregando características como indução de precocidade na produção, adaptabilidade e redução do tamanho da copa (RODRIGUES et al., 2015). Por isso, é de suma importância a busca por novas seleções de porta-enxertos, com tecnologia necessária para garantir um desenvolvimento satisfatório de produtividade. Sua utilização tem se mostrado altamente eficaz no adensamento dos pomares, garantindo a longevidade das árvores e a qualidade dos frutos (SILVA et al., 2020).

O porta-enxerto ananicante trifoliata Flying Dragon (*Poncirus trifoliata* var monstrosa) é amplamente reconhecido por suas vantagens na citricultura, como sua produção precoce e a redução do vigor das árvores enxertadas, facilitando a manutenção da área e a colheita dos frutos (BETTINI, 2019). Por outro lado, esse porta-enxerto apresenta algumas desvantagens, como baixa tolerância a seca e incompatibilidade com algumas variedades de copa, especialmente do grupo das laranjas doces (*Citrus sinensis* L). Diante dessas limitações, a importância de novos porta-enxertos é evidente, como os citrandarins, que combinam características desejáveis de diferentes espécies de citros, ao promover boa produtividade, tolerância a fatores abióticos adversos e conferir variedades de copas de menor porte (PEREIRA COSTA et al., 2021). Os citrandarins são híbridos, resultado do cruzamento entre tangerina Sunki (*Citrus sunki* Hort. ex Tan.) e o *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. Os citrandarins apresentam características notáveis, como a produção de frutos com suco de alta qualidade, alta eficiência produtiva e redução do porte das plantas, com exceção do 1710 (SIMONETTI et al., 2015).

Atrelado com a utilização do porta-enxerto mais viável, o manejo adequado do solo também é fundamental para garantir o sucesso dos pomares de citros. Uma prática que merece destaque é o uso de *mulching*, como a palhada, que oferece uma série de benefícios para os pomares, melhorando a estrutura do solo e proporcionando um ambiente mais favorável para o desenvolvimento da cultura (ALMEIDA et al., 2018). Ao cobrir o solo com materiais orgânicos, como resíduos de culturas ou palha, cria-se uma barreira física que controla o crescimento de plantas daninhas, reduzindo a necessidade de herbicidas (AZEVEDO et al., 2014; MARTINELLI et al., 2013). Dessa forma, este estudo contribui para a compreensão da resposta fisiológica de plantas de lima ácida Tahiti enxertadas em porta-enxertos ananicientes submetidas a diferentes manejos de solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A relevância socioeconômica da lima ácida Tahiti

A lima ácida Tahiti é uma das principais variedades de citros produzidas no Brasil, com uma participação de intensa importância no cenário nacional e internacional. A produção de lima ácida Tahiti não apenas gera renda para produtores rurais e empresas, mas também contribui para a geração de empregos em áreas agrícolas e urbanas, promovendo o desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões do país. Além disso, a produção e comercialização da lima ácida Tahiti têm um impacto expressivo na balança comercial brasileira, impulsionando as exportações e fortalecendo a posição do Brasil como um dos principais produtores de citros (ROSSI; RANDOLFI, 2019)

O Brasil produziu, em 2022, aproximadamente 1,6 milhão de toneladas de limões e limas, numa área de 63 mil hectares, posicionando-se como o quinto maior produtor mundial (FAOSTAT, 2024). Esse volume de produção significativo reflete a importância da citricultura para a economia brasileira, destacando a capacidade do país em manter uma produção de qualidade, mesmo frente a desafios agrícolas e ambientais (EMBRAPA, 2023). No Brasil, a região sudeste, em 2022, despontou como a principal área de produção dessas frutas cítricas, sendo o maior contribuinte para que o país tivesse um rendimento médio de quase 26 toneladas por hectare, seguido do estado de Minas Gerais e Bahia (IBGE, 2024). Além de ser o principal polo produtor, a região também se destaca como principal exportadora de limas e limões, consolidando sua posição de liderança no mercado nacional e internacional desses frutos.

2.2. Porta-enxerto na citricultura

Na citricultura, os porta-enxertos são responsáveis por desempenharem um papel crucial, sendo responsável pelo aumento da resistência a doenças, adaptabilidade a diferentes condições de solo, controle do tamanho da planta, teor de açúcares e ácidos, tolerâncias a fatores abióticos, melhor fixação do sistema radicular, época de maturação dos frutos e conseqüentemente, o aumento da produtividade (SIQUEIRA; SALOMÃO, 2017).

Devido a suas características desejáveis, os porta-enxertos ananizantes desempenham um papel significativo na citricultura, permitindo o cultivo em áreas com

restrições de espaço, possibilitando o plantio mais adensado e aumentando a produtividade por hectare. Além disso, os porta-enxertos ananícantes facilitam os tratamentos fitossanitários e reduzem os custos de colheita, proporcionando vantagens econômicas aos produtores (SIQUEIRA; SALOMÃO, 2017).

Amplamente utilizado na citricultura o porta-enxerto trifoliata Flying Dragon é reconhecido por suas características singulares. Originário do Japão, esse porta-enxerto ananícante é conhecido por possuir um baixo vigor, facilitando assim, o manejo e a colheita nos pomares. No entanto, apesar de ser muito utilizado devido à redução do porte das árvores enxertadas, o trifoliata Flying Dragon apresenta alguns desafios, como a incompatibilidade com algumas variedades de copa e baixa tolerância à seca (MOREIRA, 2010). Por este motivo, é necessário novos porta-enxertos para maior diversificação, mediante as novas exigências do sistema de produção. A alternativa viável ao uso do trifoliata Flying Dragon é a utilização dos citrandarins.

Os citrandarins, que são híbridos, combinam características importantes dos trifoliatas, como resistência ao frio e à gomose, com atributos das tangerinas, que incluem tolerância a algumas doenças, como a tristeza dos citros e o declínio dos citros (BLUMER, 2011). Os porta-enxertos citrandarins estão sendo reconhecidos na citricultura por sua capacidade de aumentar a produtividade das plantações de citros. Suas características favoráveis, como resistência a doenças e adaptação a diferentes tipos de solo, contribuem significativamente para o aumento da produção de frutas de alta qualidade (BETTINI, 2019).

2.3. Manejo convencional e ecológico do solo

Apesar da importância da citricultura no mercado econômico mundial, a produtividade dos pomares ainda enfrenta desafios significativos. Um dos principais fatores que contribuem para essa ineficiência são os manejos inadequados do solo (AZEVEDO et al., 2014). Esses manejos inadequados podem incluir práticas como má preparação do solo, uso inadequado de fertilizantes e irrigação insuficiente. O manejo convencional da entrelinhas dos pomares, proporciona mobilização intensa, pelo revolvimento do solo, pelo uso de maquinários para incorporação da camada superficial com os restos culturais e uso de herbicidas (TURRA; SANTOS, 2015), essas operações afetam diretamente o desenvolvimento das plantas e a qualidade da produção, resultando em pomares com baixo rendimento, devido a estes processos

proporcionarem maior compactação do solo, diminuição da infiltração de água e aumento do escoamento da superfície (DE CARVALHO et al., 2019).

Em relação ao manejo do solo, a citricultura brasileira tem avaliado alternativas para a produção mais ecológica em substituição ao sistema convencional, como a utilização da roçadora ecológica nas entrelinhas dos pomares de citros. Esta lança toda massa vegetal da entrelinha para a linha de cultivo dos citros. A deposição de fitomassa (palha) na linha de plantio poderá trazer vários benefícios à cultura, como: diminuir o impacto da radiação solar; melhorar condições físicas e biológicas, devido ao maior aprofundamento das raízes; aumentar o teor de matéria orgânica e nutrientes; controlar plantas daninhas, pragas e doenças (AZEVEDO et al., 2020).

No manejo ecológico do solo na citricultura, no Brasil, utiliza-se a semeadura ou a manutenção de *Urochloa decumbens*, na entrelinha dos pomares, como uma prática conservacionista. Outras braquiárias, como a *U. ruziziensis*, tem efeito alelopático positivo aos citros, produzindo boa quantidade de massa seca, sem competir com os citros por água ou nutrientes (MARTINELLI et al., 2017).

2.4. Fisiologia lima ácida Tahiti

Na fisiologia das plantas de citros, como a lima ácida Tahiti, os estudos apontam para respostas específicas a estresses ambientais, como altas e baixas temperaturas ou exposição ao déficit hídrico. O déficit hídrico é um dos principais obstáculos enfrentados na produção vegetal, pois não apenas influencia as relações hídricas das plantas e altera seu metabolismo, mas também é um fenômeno comum em vastas áreas do território brasileiro (NOGUEIRA et al., 2001). No Brasil, em torno de 65% dos cultivos de citros é predominantemente não irrigado, é crucial selecionar combinações de copa e porta-enxerto que demonstrem, além de outras características agrônômicas desejáveis, tolerância à seca (EMBRAPA, 2011).

Na fisiologia das plantas, entre as respostas de tolerância às condições de estresse, incluem o aumento nos níveis de prolina e lipoperóxidos. A prolina, um aminoácido presente nos tecidos vegetais, que desempenham um papel crucial em diversas funções fisiológicas das plantas, especialmente em cenários de estresse ambiental, como a escassez de água. Sua síntese e acumulação aumentam em respostas a condições adversas, como falta de água, temperaturas extremas e elevada salinidade do solo, presença de metais pesados, ataques de patógenos, poluição e exposição à radiação ultravioleta (VERBRUGGEN; HERMANS, 2008).

A prolina atua como um osmoprotetor, mantendo o equilíbrio osmótico e a turgescência celular durante a seca, em que a maior concentração de prolina, está relacionada a uma maior tolerância ao déficit hídrico (CAMPOS et al., 2011).

Os lipoperóxidos, produtos resultantes do dano oxidativo causado pelo estresse hídrico, também é uma avaliação de extrema importância para avaliar o impacto do déficit hídrico nas plantas. A concentração elevada de lipoperóxidos é um sinal claro de que a planta está enfrentando estresse severo e respondendo com uma menor tolerância, o que pode levar à inibição de atividades metabólicas, dano ao aparelho fotossintético, oxidação de ácidos nucleicos, e eventualmente, morte celular (KAUR; ASTHIR, 2017).

Portanto, investigar as respostas fisiológicas dos citros, a partir do acúmulo de biomarcadores, permite selecionar, em menor período, as plantas mais tolerantes as condições ambientais.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar a resposta fisiológica e desenvolvimento de plantas de lima ácida Tahiti enxertadas em porta-enxertos ananicanos submetidas ao manejo convencional e ecológico do solo.

3.2. Objetivos específicos

Avaliar o potencial hídrico, o acúmulo de prolina e lipoperóxidos folhas de plantas de lima ácida Tahiti enxertadas em porta-enxertos ananicanos submetidas ao manejo convencional e ecológico do solo.

Avaliar o desenvolvimento vegetativo e produtivo de plantas de lima ácida Tahiti enxertadas em porta-enxertos ananicanos submetidas ao manejo convencional e ecológico do solo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área e delineamento experimental

O experimento está implantado, desde 2020, na quadra 1, da área experimental do Centro de Citricultura “Sylvio Moreira”, do Instituto Agrônômico (IAC) (Figura 1), situado em Cordeirópolis, SP. Antes do plantio das mudas de citros, realizou-se a semeadura da *Urochloa ruziziensis* nas entrelinhas. As mudas de lima ácida Tahiti, com 12 meses de idade, foram plantadas em sete linhas, com espaçamento de 6,0 x 2,5m. O ensaio foi instalado em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x3x2, sendo: dois tipos de manejo do solo (1. manejo convencional com a utilização da roçadora convencional (Figura 2A) e 2. manejo ecológico com utilização da roçadora ecológica, que direciona a vegetação cortada para a linha do pomar (Figura 2B)); três variedades copa de lima ácida Tahiti (IAC 5, IAC 10 e BRS IAC EECB Ponta-Firme) e dois porta-enxertos (trifoliata Flying Dragon e o citrandarin IAC 3152 Itajobi). Cada repetição foi composta por cinco plantas de citros.



Figura 1. Área experimental com plantas de lima ácida Tahiti localizada na quadra 1 (indicada pela seta vermelha), no Centro de Citricultura Sylvio Moreira/IAC (Cordeirópolis, SP).



Figura 2. Manejo de roçagem das entrelinhas A) Linhas após o manejo convencional com utilização de roçadeira convencional – sem palhada e B) Linhas após o manejo ecológico com utilização da roçadeira ecológica – com cobertura vegetal (Cordeirópolis, SP).

4.2. Avaliações fisiológicas nas plantas de lima ácida Tahiti.

4.2.1. Potencial hídrico das folhas

A avaliação do potencial de água na folha foi realizada em agosto de 2023, um mês de inverno e com poucas chuvas, seguindo a metodologia descrita por KAUFFMANN (1968). Para isso, foram coletadas três folhas de lima ácida Tahiti por repetição, nos diferentes porta-enxertos e manejos, priorizando aquelas não danificadas no terço médio da planta, conforme recomendado por MACHADO et al. (2002). Essa coleta foi realizada antes do amanhecer (predawn), momento em que as condições ambientais favorecem a estabilidade do potencial de água na planta. Imediatamente após a coleta, as folhas foram individualmente embaladas em sacos herméticos, garantindo a preservação da umidade e a proteção contra qualquer tipo de contaminação. Esses sacos foram então colocados em uma caixa térmica contendo gelo, assegurando a manutenção das condições ideais para a integridade das amostras durante o transporte até o local de análise. A avaliação do potencial hídrico dos ramos foi conduzida utilizando a câmara de pressão tipo Scholander da PMS Instrument (modelo 1000, Corvallis, EUA), e os resultados expressos em Mpa.

4.2.2. Quantificação dos teores de lipoperóxidos

Em novembro de 2023, realizou-se a coleta das folhas de lima ácida Tahiti, priorizando folhas não danificadas e localizadas no terço médio da planta, sendo armazenadas em sacos hermeticamente fechados. Foram colocadas 0,3g de folha fresca com adição de nitrogênio líquido em um almofariz de vidro, para que ocorresse a maceração. Após a homogeneização do material, foram adicionados 0,5 ml de ácido tricloroacético (TCA) a 0,1%. Essa mistura foi centrifugada por 10 minutos ($15.000 \times g$) a uma temperatura de $4,0^{\circ}\text{C}$. Após a centrifugação, 1 ml do sobrenadante foi cuidadosamente recolhido utilizando uma pipeta automática. Esse sobrenadante então combinado com 2 ml de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) a 0,25%, que foi previamente diluído em uma solução de 10% de TCA, em um tubo de ensaio. Essa mistura foi mantida em um banho-maria, a uma temperatura constante de 95°C , por um período de 25 minutos. Esse processo permite a reação entre os lipoperóxidos presentes no tecido foliar e o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), formando um complexo colorido que foi utilizado para a quantificação.

A absorvância da solução foi medida em dois comprimentos de onda específicos, 532 nm e 600 nm, utilizando um espectrofotômetro, conforme descrito por Heath e Packer (1968). Essa medida permite a determinação precisa da concentração de lipoperóxidos presentes no tecido foliar da lima ácida Tahiti.

4.2.3. Determinação do teor de prolina

Para a quantificação do teor da prolina realizou-se a coleta das folhas de lima ácida Tahiti em novembro de 2023. Após a seleção das folhas do terço médio da planta e o armazenamento em sacos hermeticamente fechados, foram adicionadas 0,25g de folha fresca em um almofariz de vidro e adicionado nitrogênio líquido para a maceração. Após a homogeneização de tecido foliar fresco em uma solução de ácido sulfasalílico 3%, essa solução foi direcionada para um tubo Falcon e inseridas na centrífuga, seguido da agitação regular dos tubos a cada 15 minutos durante uma hora. Após a agitação, a solução foi filtrada em papel de filtro Whatman nº 02, para remover quaisquer resíduos sólidos, do qual foi utilizado 2 ml para a leitura da absorvância em um espectrofotômetro, especificamente a 520 nm, conforme descrito por BATES, WALDREN e TEARE (1973).

4.3. Avaliação do desenvolvimento vegetativo e produtivo

Em novembro de 2023, foram realizadas as mensurações de altura e diâmetro das plantas utilizando uma régua graduada, realizando medições paralelas ao eixo de crescimento da copa (altura) e paralelas ao solo na altura de 1,5 metros (diâmetro).

Com base nesses dados, foi calculado o volume da copa das plantas utilizando a equação $V=2/3 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h$, onde (r) representa o raio (metade do diâmetro medido) e (h) corresponde à altura da planta. Os valores obtidos foram aplicados diretamente na equação para determinar o volume da copa.

Para avaliação do desenvolvimento produtivo foram realizadas colheitas mensais de todos os frutos maduros de cada árvore do ensaio (Figura 3). As colheitas ocorreram no período de safra de 2024, que compreende os meses de janeiro a junho. Após a colheita os frutos foram pesados usando uma balança analítica com precisão de 1 grama. A produtividade foi calculada levando em consideração os dados de massa dos frutos e a área coberta pelas árvores, expressando o resultado em toneladas por hectare ($t \text{ ha}^{-1}$).



Figura 3. Frutos maduros colhidos de todas as plantas nas diferentes combinações copa e porta-enxerto, sob o manejo convencional e ecológico (Cordeirópolis, SP).

4.4. Análise das estatísticas.

Os dados foram analisados utilizando análise de variância (p-valor: $<0,05$) com o programa estatístico R (Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria). Quando apropriado, as médias foram comparadas usando o teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Potencial hídrico nas folhas

O potencial hídrico das folhas de todas copas das combinações lima ácida Tahiti IAC 10 enxertada em citrandarin IAC 3152 Itajobi (10_152), lima ácida Tahiti IAC 5 enxertada em citrandarin IAC 3152 Itajobi (5_152), lima ácida Tahiti BRS IAC EECB Ponta-Firme enxertada em citrandarin IAC 3152 Itajobi (PF_152), lima ácida Tahiti IAC 5 enxertada em trifoliata Flying Dragon (5_FD) e lima ácida Tahiti BRS IAC EECB Ponta-Firme enxertada em trifoliata Flying Dragon (PF_FD) foi superior no manejo ecológico comparado ao manejo convencional (Figura 4). Observando que as plantas mantidas sob manejo ecológico, que preserva melhor a umidade do solo, tem como consequência potencial hídrico mais alto nas folhas.

No manejo convencional, avaliando o potencial hídrico das folhas das copas enxertadas em trifoliata Flying Dragon, as folhas da lima ácida Tahiti IAC 10 (10_FD) apresentaram maior potencial hídrico comparada a lima ácida Tahiti IAC 5 (5_FD) e a lima ácida Tahiti BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF_FD) (Figura 4).

No manejo ecológico, o potencial hídrico das folhas das copas da lima ácida Tahiti IAC 10 enxertadas em citrandarin IAC 3152 Itajobi (10_152) e das folhas das copas da lima ácida Tahiti BRS IAC EECB Ponta-Firme enxertadas em citrandarin IAC 3152 Itajobi (PF_152) foi superior quando essas copas foram enxertadas em trifoliata Flying Dragon (10_FD e PF_FD, respectivamente) (Figura 4). Assim como, no manejo convencional, o potencial hídrico das folhas das copas da lima ácida Tahiti IAC 5 enxertadas em citrandarin IAC 3152 Itajobi (5_152) e das folhas das copas da lima ácida Tahiti BRS IAC EECB Ponta-Firme enxertadas em citrandarin IAC 3152 Itajobi (PF_152) foi superior quando essas copas foram enxertadas em trifoliata Flying Dragon (5_FD e PF_FD, respectivamente) (Figura 4). Esses dados mostram o menor potencial hídrico dessas copas quando enxertadas em trifoliata Flying Dragon. Embora seja esperado um declínio do potencial hídrico em condições de sequeiro, onde há menor disponibilidade de água do que nos sistemas irrigados, pode-se afirmar que as copas enxertadas em citrandarin IAC 3152 Itajobi conseguiram manter valores mais elevados diante dessas circunstâncias comparado às copas enxertadas em trifoliata Flying Dragon.

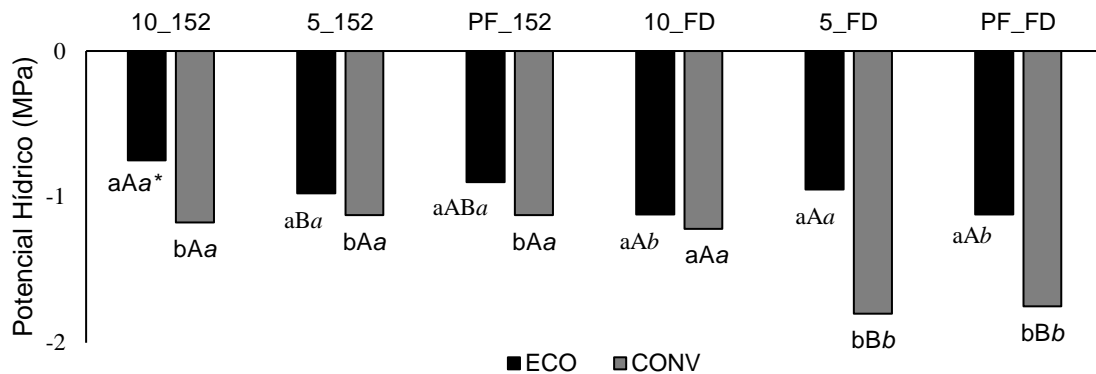


Figura 4. Potencial hídrico foliar das folhas das copas das combinações de lima ácida Tahiti IAC 10 (10); IAC 5 (5) e BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF) com os porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) submetidas aos manejos de roçagem ecológico (ECO) e convencional (CONV) (Cordeirópolis/SP, 2023). *Médias seguidas das mesmas letras minúsculas entre manejos para cada combinação copa/porta-enxerto, maiúsculas entre copas sobre o mesmo porta-enxerto e manejo e itálicas para a mesma copa e manejo e diferente porta-enxerto, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para evitar prejuízos na produção de citros, os valores do potencial hídrico antes no amanhecer devem ser superiores a -1,3 Mpa. No entanto, as combinações IAC 5 e BRS IAC EECB Ponta-Firme sobre trifoliata Flying Dragon (5_FD e PF_FD, respectivamente) sob manejo convencional, atingiram valores inferiores ao mínimo exigido, o que pode ser prejudicial a longo prazo para o cultivo. O manejo convencional, que não tem a presença de cobertura morta na linha dos citros, leva a uma evaporação mais rápida da água, resultando em valores mais negativos de potencial hídrico nas folhas, com valores próximos a -2 MPa (AZEVEDO et al., 2020).

5.2. Quantificação dos teores de lipoperóxidos

O teor de lipoperóxidos nas folhas das copas das combinações lima ácida Tahiti IAC 5 enxertada em citrandarin IAC 3152 Itajobi (5_152), lima ácida Tahiti IAC 10 enxertada em trifoliata Flying Dragon (10_FD), lima ácida Tahiti IAC 5 enxertada em trifoliata Flying Dragon (5_FD) e lima ácida Tahiti BRS IAC EECB Ponta-Firme enxertada em trifoliata Flying Dragon (PF_FD) foi superior no manejo convencional comparado às plantas conduzidas no manejo ecológico (Figura 5). O estresse promovido nas plantas por condições ambientais adversas, como a seca e temperaturas extremas, acarretam acúmulo de espécies reativas do oxigênio (ERO's) nas células vegetais (TAIZ et al., 2017). Estas ERO's são prejudiciais para diversas

estruturas celulares do aparelho fotossintético, além de inibirem atividades metabólicas, enzimáticas, oxidando ácidos nucleicos e levando a morte celular (ANDEREGG et al., 2019). Os lipoperóxidos se encaixam nesse grupo de espécies reativas do oxigênio, e sua maior concentração, indica maiores danos oxidativos que determinam a severidade do estresse encarado pela planta (KAUR; ASTHIR, 2017). Observa-se pelos resultados que o manejo ecológico influenciou na menor concentração desse radical livre no interior das plantas, uma vez que permitiu melhor controle de umidade no solo pela cobertura vegetal.

No manejo ecológico e convencional, o teor de lipoperóxidos nas folhas das copas enxertadas em trifoliata Flying Dragon, foi inferior nas folhas de lima ácida Tahiti BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF_FD) comparado a lima ácida Tahiti IAC 10 enxertada em trifoliata Flying Dragon (10_FD) e lima ácida Tahiti IAC 5 enxertada em trifoliata Flying Dragon (5_FD) (Figura 5). No manejo convencional, o teor de lipoperóxidos nas folhas das copas da lima ácida Tahiti IAC 10 e IAC 5 enxertadas em citrandarin IAC 3152 Itajobi (10_152 e 5_152, respectivamente) foi inferior comparado as folhas dessas copas enxertadas em trifoliata Flying Dragon (10_FD e 5_FD) (Figura 5).

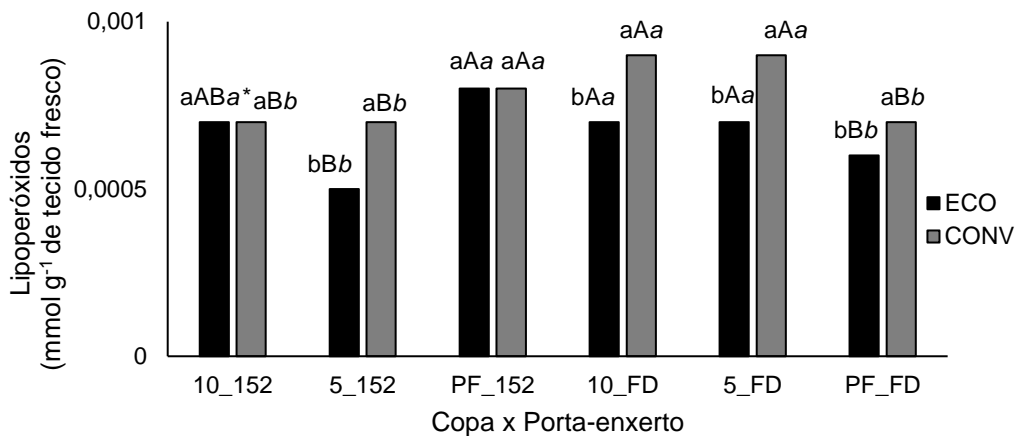


Figura 5. Teor de lipoperóxidos nas folhas das copas das combinações de lima ácida Tahiti IAC 10 (10); IAC 5 (5) e BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF) com os porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) submetidas aos manejos de roçagem ecológico (ECO) e convencional (CONV) (Cordeirópolis/SP, 2023). *Médias seguidas das mesmas letras minúsculas entre manejos para cada combinação copa/porta-enxerto, maiúsculas entre copas sobre o mesmo porta-enxerto e manejo e itálicas para a mesma copa e manejo e diferente porta-enxerto, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.3. Determinação do teor de prolina

O teor de prolina nas folhas das copas das combinações lima ácida Tahiti IAC 10 enxertada em citrandarin IAC 3152 Itajobi (10_152), lima ácida Tahiti IAC 5 enxertada em citrandarin IAC 3152 Itajobi (5_152), lima ácida Tahiti BRS IAC EECB Ponta-Firme enxertada em citrandarin IAC 3152 Itajobi (PF_152), lima ácida Tahiti IAC 10 enxertada em trifoliata Flying Dragon (10_FD) foi superior no manejo convencional comparado às plantas conduzidas no manejo ecológico (Figura 5). As condições mais adversas no manejo convencional contribuiu para que quatro, das seis combinações de copa e porta-enxerto, apresentassem maior teor de prolina no manejo convencional. Segundo VERBRUGGEN e HERMANS (2008) a síntese e acumulação da prolina aumentam em respostas a condições adversas.

No manejo convencional, o teor de prolina nas folhas das copas da lima ácida Tahiti IAC 5 e BRS IAC EECB Ponta-Firme enxertadas em citrandarin IAC 3152 Itajobi (5_152 e PF_152, respectivamente) foi superior comparado ao teor nas folhas dessas copas enxertadas em trifoliata Flying Dragon (10_FD e 5_FD) (Figura 6). Segundo HUSSAIN et al. (2018) as plantas que demonstram algum grau de tolerância ao déficit hídrico respondem prontamente ao estresse com o acúmulo de prolina. Assim, observa-se que a maior concentração de prolina nas copas enxertadas sobre o citrandarin IAC 3152 Itajobi indicam maior tolerância desse porta-enxerto às condições ambientais adversas.

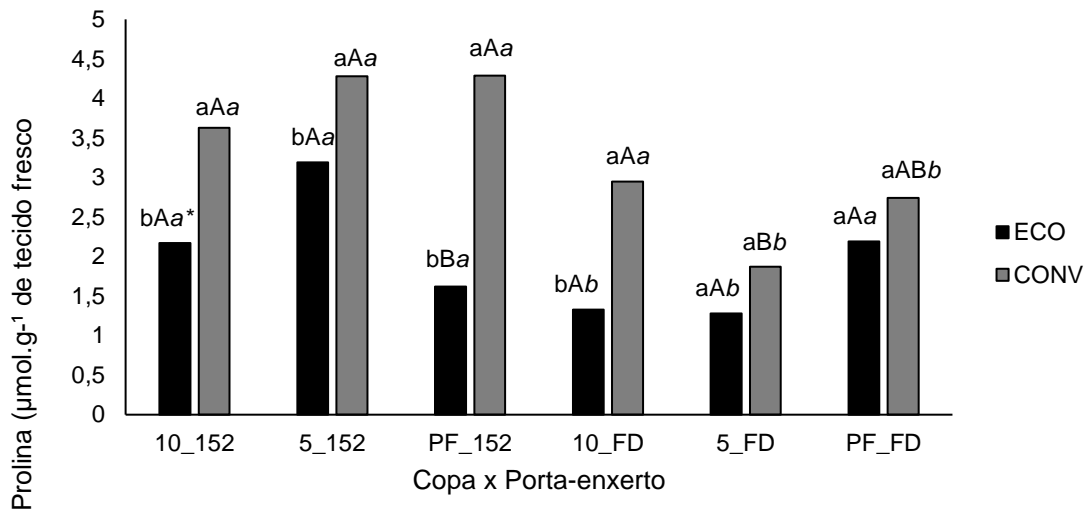


Figura 6. Teor de prolina nas folhas das copas das combinações de lima ácida Tahiti IAC 10 (10); IAC 5 (5) e BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF) com os porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) submetidas aos manejos de roçagem ecológico (ECO) e convencional (CONV) (Cordeirópolis/SP, 2023). *Médias seguidas das mesmas letras minúsculas entre manejos para cada combinação copa/porta-enxerto, maiúsculas entre copas sobre o mesmo porta-enxerto e manejo e itálicas para a mesma copa e manejo e diferente porta-enxerto, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.4. Avaliação do desenvolvimento vegetativo e produtivo

A altura das plantas enxertadas nos porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) foram mais altas quando conduzidas no manejo ecológico comparado ao manejo convencional (Figura 7). No manejo ecológico e no manejo convencional as plantas enxertadas no porta-enxerto citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) foram mais altas comparadas as plantas enxertadas em trifoliata Flying Dragon (FD) (Figura 7).

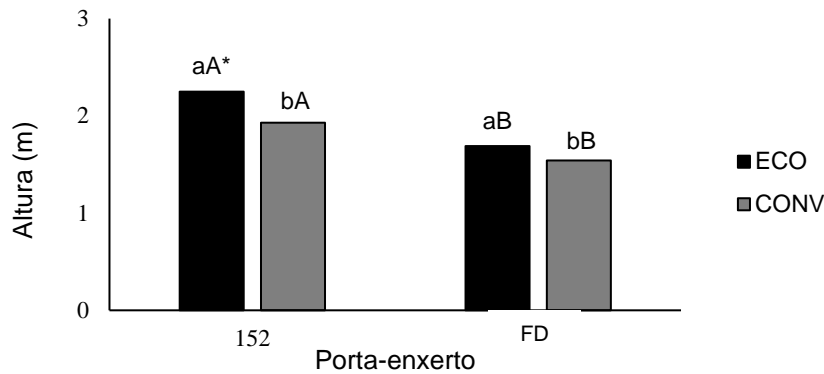


Figura 7. Altura das plantas nas combinações de lima ácida Tahiti com os porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) submetidas aos manejos de roçagem ecológico (ECO) e convencional (CONV) (Cordeirópolis/SP, 2023). *Médias seguidas das mesmas letras minúsculas entre manejos para o mesmo porta-enxerto, e maiúsculas entre porta-enxertos sob mesmo manejo, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O volume das copas nas combinações lima ácida Tahiti IAC 10 enxertada em citrandarin IAC 3152 Itajobi (10_152) e lima ácida Tahiti IAC 5 enxertada em citrandarin IAC 3152 Itajobi (5_152) foi superior no manejo ecológico comparado às plantas conduzidas no manejo convencional (Figura 8). Assim, o manejo ecológico demonstrou-se ser eficiente ao promover alta porosidade, melhor infiltração de água, redução da erosão e conseqüente descompactação do solo (AZEVEDO et al., 2020) favorecendo um melhor desenvolvimento das plantas.

No manejo ecológico e convencional, o volume da copa das plantas de lima ácida Tahiti IAC 10 e IAC 5 enxertadas em citrandarin IAC 3152 Itajobi (10_152 e 5_152, respectivamente) foi superior comparado ao volume dessas copas enxertadas em trifoliata Flying Dragon (10_FD e 5_FD) (Figura 8).

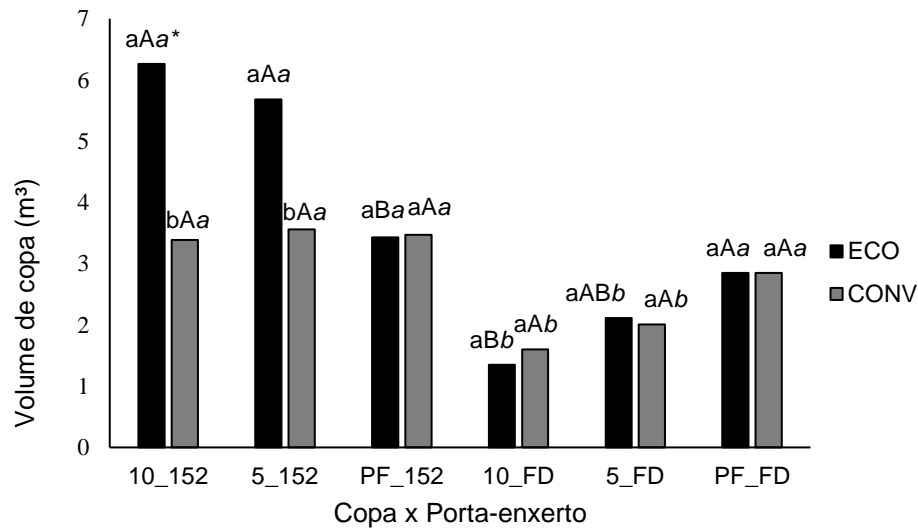


Figura 8. Volume de copa das plantas nas combinações de lima ácida Tahiti IAC 10 (10); IAC 5 (5) e BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF) com os porta-enxertos citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) submetidas aos manejos de roçagem ecológico (ECO) e convencional (CONV) (Cordeirópolis/SP, 2023). *Médias seguidas das mesmas letras minúsculas entre manejos para cada combinação copa/porta-enxerto, maiúsculas entre copas sobre o mesmo porta-enxerto e manejo e itálicas para a mesma copa e manejo e diferente porta-enxerto, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação do desenvolvimento produtivo, o manejo ecológico apresentou produtividade média de 22,6 toneladas por hectare, enquanto o manejo convencional apresentou uma produtividade menor, de 14,7 t ha⁻¹ (Tabela 1). Essa maior produtividade das plantas no manejo ecológico pode ser atribuída a um solo mais saudável, com melhor retenção de nutrientes e água (DE CARVALHO et al., 2019). A combinação BRS IAC EECB Ponta-Firme enxertada em citrandarin IAC 3152 Itajobi (PF_152) apresentou a maior produtividade comparada as demais combinações copa/porta-enxerto (Tabela 1).

Tabela 1. Produtividade (t ha⁻¹) dos manejos convencional (CONV) e ecológico (ECO) e das combinações Copa x Porta-enxerto de lima ácida Tahiti IAC 10 (10); IAC 5 (5) e BRS IAC EECB Ponta-Firme (PF) enxertados sobre citrandarin IAC 3152 Itajobi (152) e trifoliata Flying Dragon (FD) mensurados da Safra 2024.

| -----Manejo----- | | -----Copa x Porta-enxerto----- | | | | | |
|------------------|--------|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CONV | ECO | 10_152 | 5_152 | PF_152 | 10_FD | 5_FD | PF_FD |
| 14,7 b* | 22,6 a | 18,7 b | 16,8 b | 24,3 a | 15,0 b | 18,5 b | 18,6 b |

*médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si (Tukey, $p < 0$,

6. CONCLUSÃO

As plantas conduzidas no manejo ecológico apresentam menor estresse hídrico (maior potencial hídrico nas folhas) e oxidativo nas plantas, evidenciado pelas menores concentrações de prolina e lipoperóxidos, comparado às plantas conduzidas no manejo convencional. Além disso, as plantas apresentam maior altura e volume de copa e produtividade ($t\ ha^{-1}$) no manejo ecológico.

O porta-enxerto citrandarin IAC 3152 Itajobi proporciona menor estresse hídrico às plantas, menor teor de lipoperóxidos e maior teor de prolina, indicando maior tolerância desse porta-enxerto às condições ambientais adversas, comparado ao trifoliata Flying Dragon. A altura das plantas e volume de copa é maior quando as plantas são enxertadas no porta-enxerto citrandarin IAC 3152 Itajobi.

Conclui-se com este trabalho que a adoção de práticas de manejo ecológico não só reduz o estresse nas plantas, mas também promove um ambiente de cultivo mais sustentável e produtivo. Reforça-se a importância de implementar práticas agrícolas sustentáveis e a escolha adequada de combinações de copa e porta-enxerto para otimizar a produtividade e a qualidade das plantações de lima ácida Tahiti.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, W. S. et al. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. **Soil and Tillage Research**, v. 175, p. 130–138, 2018.

ANDEREGG, W. R. L.; ANDEREGG, L. D. L.; KERR, K. L.; TRUGMAN, A. T. Widespread drought-induced tree mortality at dry range edges indicates that climate stress exceeds species' compensating mechanisms. **Global Change Biology**, v. 25, n. 11, p. 3793–3802, 2019.

AZEVEDO, F. A. DE et al. Manejo da cobertura do solo na citricultura brasileira. **Citrus Research & Technology**, v. 35, n. 2, p. 85–95, 12 jul. 2014.

AZEVEDO, F.A; ALMEIDA, R.F.; MARTINELLI, R.; PRÓSPERO, A.G.; LICERRE, R.; CONCEIÇÃO, P.M.; ARANTES, A.C.C.; DOVIS, V.L.; BOARETTO, R.M.; MATTOS JR, D. No-Tillage and High-Density Planting for Tahiti Acid Lime Grafted Onto Flying Dragon Trifoliolate Orange. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 1-14, 2020.

BETTINI, B. A. **Desempenho de lima ácida Tahiti sobre diferentes porta-enxertos**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019.

BLUMER, S.; POMPEU JUNIOR, J. Citrandarins e outros híbridos de trifoliata como porta-enxertos para laranjeira Valência. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v.32, n.3, p.133-138, 2011.

CAMPOS, M. K. F.; CARVALHO, K.; SOUZA, F. S.; MARUR, C. J.; PEREIRA, L. F. P.; BESPALHOK FILHO, J. C.; VIEIRA, L. G. E. Drought tolerance and antioxidant enzymatic activity in transgenic 'Swingle' citrumelo plants over accumulating proline. **Environmental and Experimental Botany**, v. 72, p. 242-250, 2011.

DE CARVALHO, S. A. et al. Advances in citrus propagation in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 6, 2019.

EMBRAPA. **Análise da tendência e sazonalidade do limão Tahiti**. 2023. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1162386/1/Analise-da-tendencia-e-sazonalidade-do-limao-Tahiti-2023.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

EMBRAPA. **Caracterização e diagnóstico de sistemas de supervisão e práticas de manejo em pomares de citros do Norte do Estado de São Paulo**. Brasília, DF: Embrapa, 2011.

EMBRAPA. **Limão Tahiti**. Coleção PLANTAR, Série Vermelha Fruteiras. 1998. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162294/1/A-cultura-do-limao-taiti.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Citros**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/citros>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2024 - Food and Agriculture Data. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>. Acesso em: 25 jun. 2024.

HUSSAIN, M.; FAROOQ, S.; HASAN, W.; UL-ALLAH, S.; TANVEER, M.; FAROOQ, M.; NAWAZ, A. Drought stress in sunflower: physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. **Agricultural Water Management**, v. 201, p. 152–166, 2018.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de Limão**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/limao/br>>. Acesso em: 22 jun. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agropecuária: Limão**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/limao/br>. Acesso em: 20 ago. 2024.

KAUR, G.; ASTHIR, B. Molecular responses to drought stress in plants. **Biologia Plantarum**, v. 61, n. 2, p. 201–209, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10535-016-0700-9>. Acesso em: 15 ago. 2024.

LOPES, S. A. Citrus greening: a serious threat to the citriculture in the world. **Plant Cell Reports**, v. 37, p. 1357-1368, 2018.

MARTINELLI, R.; AZEVEDO, F. A.; MONQUERO, P. A.; ZAVARIZI, L. (2013) **Braquiárias, roçadeiras e herbicida no manejo de plantas daninhas em citros**. Anais VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, Campinas, SP. 1 CD-ROM. Nº13133.

MARTINELLI, R.; MONQUERO, P.A.; FONTANETTI, A.; CONCEIÇÃO, P.M.; AZEVEDO, F.A. Ecological mowing: an option for sustainable weed management in young citrus orchards. **Weed Technology**, v.31, p. 260-268V, 2017.

MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D.; CRUZ, M.C.M. Caracterização de frutos e poliembrionia em sementes de 'Flying Dragon' e de híbridos de porta-enxerto de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 486-492, 2010.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.13, n.1, p.75-87, 2001.

OLIVEIRA, R.P. et al. **Tecnologias para produção de frutas cítricas sem sementes**: escolha de cultivares e planejamento do pomar. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005b. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 113).

PEREIRA COSTA, D. et al. Less is more: a hard way to get potential dwarfing hybrid rootstocks for Valencia sweet orange. **Agriculture**, v. 11, n. 4, p. 354, 2021.

RODRIGUES, M J. S.; LEDO, C. A. S.; GIRARDI, E. A.; ALMEIDA, L. A. H.; SOARES FILHO W. S. Caracterização de frutos e propagação de porta-enxertos híbridos de citros em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 457-470, 2015.

ROSSI, P. L.; PANDOLFI, M. A. C. Análise de Mercado da Lima Ácida Tahiti, Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC). **Interface Tecnológica**, v. 16, n. 2, São Paulo, 2019.

SILVA, A. B. Crescimento da produção de limão Tahiti no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 5, 2020.

SILVA, A. P. et al. Avaliação de porta-enxertos na produção de limão Tahiti. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 2, 2020.

SIMONETTI, L. M.; CRISTOFANI-YALY, M.; BARROS, V. L. N. P. de; SCHINOR, E. H.; FADEL, A. L.; SOUSA, M. C.; LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Porta-enxertos alternativos para cultivo de laranja Valência na região sudoeste do estado de São Paulo. **Citrus Research & Technology**, v. 36, n. 2, p. 49-58, 2015.

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

Sistema de Estatísticas do Comércio Exterior - COMEXSTAT. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: junho de 2024.

SOUZA, A. L. et al. Manejo integrado de pragas e doenças em pomares de citros. **Circular Técnica**, Embrapa Mandioca e Fruticultura, v. 161, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal e desenvolvimento vegetal**. 6ªed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2017.

TURRA, C.; SANTOS, P. S. Characteristics of organic citriculture in Brazil. **European Journal of Sustainable Development**, v. 5, n. 3, p. 113–113; 2015.

VERBRUGGEN, Nathalie; HERMANS, Christian. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, v. 35, p. 753-759, 2008.