

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desempenho de seedlings de cultivares comerciais como porta-enxertos
para abacateiros ‘Hass’**

Marcelo Brossi Santoro

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2023**

Marcelo Brossi Santoro
Engenheiro Agrônomo

**Desempenho de seedlings de cultivares comerciais como porta-enxertos para
abacateiros ‘Hass’**

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **SIMONE RODRIGUES DA SILVA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Santoro, Marcelo Brossi

Desempenho de seedlings de cultivares comerciais como porta-enxertos para abacateiros ‘Hass’ / Marcelo Brossi Santoro. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

84 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. *Persea americana* Mill. 2. Desenvolvimento inicial 3. *Phytophthora cinnamomi* 4. Eficiência produtiva

DEDICATÓRIA

Dedico à minha família, amigos, professores, funcionários e todos que me apoiaram durante o decorrer da execução deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio e suporte em todos os momentos, principalmente os de maior dificuldade.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, pela oportunidade de concluir mais uma etapa do desenvolvimento de minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos auxílios financeiros concedidos no decorrer do projeto.

Aos professores e pesquisadores, Dr. Angelo Jacomino (ESALQ/USP), Dr. Marcel Spósito (ESALQ/USP), Dr. Roberto Fritsche Neto (ESALQ/USP), Dr. Francisco Tanaka (ESALQ/USP), Dr. Mário Tomazello Filho (ESALQ/USP), Dr. Nelson Massola Jr. (ESALQ/USP), Dr. Aloísio Sampaio (UNESP), Dr. Ivan Fischer (APTA) e Dr. Eduardo Feichtenberger (APTA) pelo auxílio e parceria estabelecido no decorrer do projeto

Agradecimentos especiais à Profa. Dra. Simone Rodrigues da Silva, pelas conversas, conselhos, amizade, companheirismo, profissionalismo e paciência no decorrer da orientação. À Dra. Tatiana Cantuárias-Avilés pela amizade, incentivo e parceria no decorrer deste projeto. E também a Profa. Dra. Elizabeth Dann (QAAFI/UQ) por ter me recebido de braços abertos em seu time durante o período de doutorado sanduíche em terras australianas.

Meu muito obrigado também a colaboração e amizade dos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, Bete, Célia, Cido, Carlão, Eder, Lili e Marcos sem os quais o desenvolvimento do trabalho não seria possível.

Agradeço também aos amigos Alexandre Barbosa (Viveiro Abacitrus), Carla, André e João Pedro Dorizzotto (Viveiro Prima Seme), Cecília Whately (Carlini Avocado), entusiastas da cultura do abacateiro pela solicitude e prontidão em permitir nossa entrada em suas propriedades para obtenção de materiais vegetais, conversas e troca de conhecimentos.

Por fim, agradeço a Ana Luiza Homsí Galesi, Elise Grote, Eloise Martin, Hannah Decker, Harry Cosgrove, Gabriel Gomes, Marllon Soares, Patricia Albeirice, Patrick Berquó, Rodrigo Milan, Sabrina de Souza e tantos outros amigos e estagiários da graduação e pós-graduação, do Brasil e da Austrália, cujo suporte e auxílio foram fundamentais para o sucesso deste trabalho e também nos momentos de descontração.

EPÍGRAFE

“It is impossible for a man to learn what he thinks he already knows”. (Epictetus)

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO 1. APTIDÃO DE DIFERENTES SEEDLINGS COMO PORTA-ENXERTOS PARA ABACATEIROS ‘HASS’	11
Resumo.....	11
Abstract	11
1. Introdução	12
2. Material e Métodos	13
3. Resultados e Discussão	15
4. Conclusões	31
Referências.....	31
Anexos	34
CAPÍTULO 2. INFLUÊNCIA DE <i>Phytophthora cinnamomi</i> SOBRE DIFERENTES SEEDLINGS DE ABACATEIROS PARA USO COMO PORTA-ENXERTOS (<i>Persea americana</i> MILL.)	35
Resumo.....	35
Abstract	35
1. Introdução	36
2. Material e Métodos	37
2.1. Avaliação da patogenicidade de isolados de <i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands.....	37
2.2. Diferentes isolados e formas de inoculação de seedlings de abacateiro utilizados como porta-enxertos.....	39
2.3. Avaliação de seedlings de cultivares comerciais brasileiras à <i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands. como porta-enxertos.....	40
2.4. Análise dos resultados	41
3. Resultados e Discussão	41
3.1. Avaliação da patogenicidade de isolados de <i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands.....	41
3.2. Diferentes isolados e formas de inoculação de seedlings de abacateiro utilizados como porta-enxertos.....	43
3.3. Avaliação de seedlings de cultivares comerciais brasileiras à <i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands. como porta-enxertos.....	50
4. Conclusões	61

Referências	61
Anexos	64
CAPÍTULO 3. DESEMPENHO DE ABACATEIROS ‘HASS’ SOBRE DIFERENTES SEEDLINGS COMO PORTA-ENXERTOS EM CAMPO	666
Resumo	66
Abstract.....	66
1. Introdução.....	67
2. Material e Métodos.....	68
3. Resultados e Discussão.....	70
4. Conclusões.....	78
Referências	78
Anexos	80

RESUMO

Desempenho de seedlings de cultivares comerciais como porta-enxertos para abacateiros ‘Hass’

A produção de abacates no Brasil cresceu nos últimos anos alavancada pelo potencial de crescimento do consumo no mercado interno e a oportunidade de exportação da fruta. Entretanto, alguns pontos chave ainda limitam a expansão da cultura no país sendo eles a ausência de legislação específica referente à produção de mudas e o patógeno de solo *Phytophthora cinnamomi* Rands. A ausência de legislação fez com que alguns viveiristas e produtores passassem a utilizar sementes de cultivares comerciais copa, como ‘Fortuna’, ‘Margarida’, ‘Quintal’ e ‘Hass’ além das sementes de plantas não enxertadas (‘Franco’) como porta-enxertos. Entretanto, pouco se sabe sobre como esses materiais genéticos influenciam o desenvolvimento das plantas em viveiro, em campo e perante ao patógeno. Pensando nisso, esse trabalho foi desenvolvido para entender como os seedlings desses materiais genéticos influenciam a formação de mudas de abacateiros ‘Hass’ em condições de viveiro, como as plantas se desenvolvem em campo e também em condições de viveiro, como as mudas respondem à inoculação com *Phytophthora cinnamomi*. Sementes de ‘Quintal’ mostraram-se promissoras para antecipar a produção de mudas de abacateiros ‘Hass’, enquanto o uso de ‘Margarida’ como porta-enxerto levou a formação de mudas de melhor qualidade. Os seedlings de ‘Fortuna’ apresentaram desenvolvimento ligeiramente superior aos demais mesmo na presença do patógeno. Em campo, seedlings de ‘Fortuna’ apresentaram maiores copas e seedlings de ‘Franco’ maiores eficiências produtivas, porém frutos menores. Por fim, foram observadas similaridades e diferenças entre os porta-enxertos avaliados que devem ser utilizadas a favor da produção de abacates no Brasil.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill., Desenvolvimento inicial, *Phytophthora cinnamomi*, Eficiência produtiva

ABSTRACT

Performance of commercial cultivar seedlings as rootstocks for 'Hass' avocado trees

Avocado production has grown in Brazil in the last years, driven by the potential growth of consumption on the domestic market and the possibility of exporting the fruit. However, some fundamental issues continue to limit the expansion of the crop in the country, such as the lack of specific legislation on seedling production and the soil-borne pathogen *Phytophthora cinnamomi* Rands. The lack of legislation led some nurseries and growers to use the seeds of commercial cultivars such as 'Fortuna', 'Margarida', 'Quintal' and 'Hass', as well as the seeds of ungrafted plants ('Francos') as rootstocks. However, there is little information known about how these genetic materials influence the development of the plants in the nursery, in the field and when exposed to the pathogen. Thinking of this, the aim of this study was to understand how the seedlings of these genetic materials influence the formation of 'Hass' avocado trees under nursery conditions, and also the development of the plants in the field and in nursery conditions, how the seedlings respond to the inoculation with *Phytophthora cinnamomi*. Seedlings of 'Quintal' were promising for anticipating the production of 'Hass' avocado seedlings, while the use of 'Margarida' as a rootstock resulted in the formation of better quality seedlings. The 'Fortuna' seedlings developed slightly better than the others, even when the pathogen was present. In the field, 'Fortuna' seedlings had larger canopies and 'Franco' seedlings had higher production efficiency but smaller fruits. Finally, similarities and differences were observed between the rootstocks assessed, and these should be used in favour of Brazilian avocado production.

Keywords: *Persea americana* Mill., Initial development, *Phytophthora cinnamomi*, Production efficiency

CAPÍTULO 1. APTIDÃO DE DIFERENTES SEEDLINGS COMO PORTA-ENXERTOS PARA ABACATEIROS ‘HASS’

Resumo

A ausência de legislação específica, definição de requisitos mínimos para a produção de mudas e ausência de seleção de porta-enxertos específicos de abacateiros no Brasil resulta em elevada heterogeneidade na qualidade das mesmas. Pensando na produção de mudas de qualidade, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento dos seedlings das principais cultivares copa e também de sementes de plantas não enxertadas, de pés ‘Franco’ como porta-enxertos na produção de mudas de abacateiros ‘Hass’. Para isso, sementes das cultivares copa ‘Fortuna’, ‘Hass’, ‘Margarida’ e ‘Quintal’, bem como sementes de ‘Franco’ foram semeadas e avaliadas quanto à velocidade de emergência, desenvolvimento inicial, fixação de enxertos, e qualidade da muda tanto da parte aérea quanto do sistema radicular (massa seca, fresca, número de folhas, índice de qualidade de Dickson, comprimento, diâmetro e volume do sistema radicular). Além disso, cortes histológicos foram realizados para verificar possíveis diferenças anatômicas entre os materiais genéticos. Sementes de ‘Quintal’ mostraram-se promissoras para antecipar a produção de mudas de abacateiros ‘Hass’, enquanto o uso de ‘Margarida’ como porta-enxerto levou a formação de mudas de boa qualidade. Os seedlings de ‘Hass’ tem características de sistema radicular inferiores aos demais. Não foram observadas diferenças anatomicas significativas que justifiquem possível incompatibilidade. Por fim, existem similaridades e diferenças entre os porta-enxertos avaliados que devem ser utilizadas a favor da produção de mudas de abacateiro.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill.; desenvolvimento inicial; parte aérea; sistema radicular; compatibilidade.

Abstract

The lack of specific legislation, definition of minimum standards for the avocado tree production and the lack of selected rootstocks for avocado tree production in Brazil results in high heterogeneity in seedling quality. Thinking about the production of quality avocado trees, the aim of this study was to evaluate the development of seedlings from the main canopy cultivars, as well as seeds from non-grafted ‘Franco’ plants, as rootstocks for the production of ‘Hass’ avocado trees. For that, seeds of the cultivars ‘Fortuna’, ‘Hass’, ‘Margarida’ and ‘Quintal’, as well as seeds of ‘Franco’, were sown and assessed for speed emergence index, initial development, graft fixation and seedling quality for both the shoot and root system (dry and fresh mass, number of leaves, Dickson quality index, length, diameter and volume of the root system). In addition, histological sections were made to check for potential anatomical differences among the different genetic materials. Seeds of ‘Quintal’ proved to be promising for anticipating the production of ‘Hass’ avocado seedlings, while the use of ‘Margarida’ as a rootstock led to the formation of good quality avocado trees. The ‘Hass’ seedlings have inferior root system characteristics compared to the others. No significant anatomical differences were observed to justify possible incompatibility. Finally, there are similarities and differences between the rootstocks evaluated that should be used in favor of avocado seedling production.

Key words: *Persea americana* Mill; initial development; shoots system; root system; compatibility.

1. Introdução

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) é uma frutífera cujo cultivo tem se destacado nos últimos anos. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a produção mundial de abacate em 2021 foi de 8,8 milhões de toneladas, sendo o México o maior produtor mundial da fruta, responsável por aproximadamente 30% deste total (FAOSTAT, 2022).

O Brasil ocupa a sétima posição no ranking dos maiores produtores mundiais com pouco mais de 330 mil toneladas da fruta distribuídos em uma área de 19 mil hectares. No país, a produção está concentrada nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná, responsáveis respectivamente por 43%, 29,6% e 8,9% do total produzido (IBGE, 2022).

Os abacates apresentam propriedades nutraceuticas benéficas a saúde humana graças aos diversos compostos presentes na fruta (HURTADO-FERNÁNDEZ et al., 2018), entre eles os ácidos oleico, linoleico e palmítico (VILLA-RODRÍGUEZ et al., 2011). Além disso, os frutos são fontes de vitaminas, proteínas, antocianinas, carotenóides e compostos fenólicos (ASHTON et al., 2006; GOLUKCU; OZDEMIR, 2010; PAULL; DUARTE, 2011)

Graças às características organolépticas dos frutos (HURTADO-FERNÁNDEZ et al., 2018), houve um aumento pela busca da fruta nos últimos anos, o que alavancou investimentos e a expansão de áreas destinadas à produção. No Brasil, esse aumento foi de 18% entre os anos de 2019 e 2021 (FAOSTAT, 2022).

O aumento da produção de abacates reflete em expansão da área cultivada e maior demanda por mudas de qualidade (DORIZZOTTO; SANTORO, 2022; FACHINELLO et al., 2008). Uma série de fatores pode afetar a qualidade das mesmas, como o clima, a água, o recipiente, o substrato, o método de multiplicação escolhido, as sementes, o porta-enxerto, o enxerto, entre outros (HARTMANN et al., 2018).

Entretanto, no Brasil, a legislação que regulamenta a produção e a comercialização de mudas de abacateiros ainda é incipiente (DORIZZOTTO; SANTORO, 2022) e a ausência de legislação específica para a cultura faz com que não exista padronização no processo de formação de mudas, resultando em elevada variabilidade nas mudas produzidas (MORAES et al., 2022), que dificulta o estabelecimento dos pomares comerciais.

Destaque para a importância da escolha adequada do porta-enxerto (HABERMAN et al., 2020) que pode promover resistência contra patógenos, principalmente os de solo, influenciar no tamanho e vigor das plantas, e garantir o desenvolvimento das plantas em

condições de salinidade e acidez excessiva ou ainda de drenagem insuficiente (HARTMANN et al., 2018).

Atualmente no Brasil, os porta-enxertos de abacateiro ainda são obtidos a partir de sementes (SOUZA et al., 2020), altamente heterozigotas (LAHAV e LAVI, 2013; ALBERTI et al., 2018) o que dificulta a preservação de qualquer característica genética, principalmente quando obtidos de frutos de plantas não enxertadas.

Recentemente, viveiros mais tecnificados da região Sudeste passaram a utilizar sementes de cultivares-copa, como ‘Quintal’, ‘Fortuna’, ‘Hass’ e ‘Margarida’ para a formação de porta-enxertos, no intuito de facilitar a formação de mudas pelo acesso a uma maior quantidade de sementes. Entretanto, não existem informações sobre o desempenho desses materiais genéticos como porta-enxertos para ‘Hass’, principal cultivar plantada em todo o mundo.

Por esse motivo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento dos seedlings dessas principais cultivares copa e também de sementes de frutos de plantas não enxertadas (‘Franco’) como porta-enxertos na produção de mudas de abacateiros ‘Hass’.

2. Material e Métodos

Os experimentos foram realizados nos anos de 2020/2021 e 2021/2022, em viveiro comercial de mudas de abacateiro localizado no município de Cordeirópolis, São Paulo, Brasil (latitude 22°28’13.3’’S, longitude 47°25’07.8’’O).

Frutos das cultivares comerciais brasileiras ‘Fortuna’, ‘Hass’, ‘Margarida’ e ‘Quintal’ bem como frutos de pés-francos, foram coletados para obtenção das sementes. Estas foram retiradas com auxílio de uma faca, limpas com esponjas em água corrente e em seguida submetidas à tratamento de imersão em solução fungicida (1,25 g captana .L⁻¹), por 20 minutos. Durante a imersão, as sementes foram continuamente agitadas para evitar decantação do produto e promover uniformidade no processo de desinfecção e, posteriormente secas à sombra por 24h sobre papel absorvente.

Como o período de maturação dos frutos de ‘Fortuna’, Franco, ‘Quintal’ e ‘Hass’ ocorre no primeiro semestre, após o tratamento com fungicidas as sementes foram armazenadas em câmara refrigerada (5°C e 85% UR) até que as sementes de ‘Margarida’, cultivar tardia, fosse colhida e tratada. Dessa forma, todas as cultivares foram semeadas na mesma época (início da primavera) permitindo que a coleta dos garfos da copa ‘Hass’ também fosse

padronizada e coincidente com a época de maior disponibilidade de material, de novembro a dezembro (OLIVEIRA et al., 2008).

A semeadura foi realizada em sacos de polietileno contendo substrato comercial a base de casca de pinus e semanalmente foi contabilizado o número de seedlings emergidos para cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) (MAGUIRE, 1962). Quinzenalmente foi avaliada a altura (H, cm) e diâmetro do caule no colo da planta (D, mm). Passados 90 dias após a semeadura, foi realizada a enxertia do tipo garfagem em fenda cheia (HARTMANN et al., 2018) com garfos da cultivar ‘Hass’ coletados de plantas adultas em pomares comerciais.

Após a enxertia, as plantas foram mensalmente avaliadas, pelo período de 90 dias, para verificação da porcentagem de enxertos vivos, número médio de brotos por enxerto e comprimento do maior broto da copa de ‘Hass’.

Ao final de 90 dias após a enxertia, foram selecionadas aleatoriamente 20 plantas de cada combinação copa/porta-enxerto para realização de análise destrutiva e mensuração do número de folhas (NF), área foliar (AF, cm²), comprimento total do sistema radicular (CTSR, cm), área superficial do sistema radicular (ASSR, cm²), diâmetro médio do sistema radicular (DMSR, mm), volume total do sistema radicular (VTSR, cm³), massa fresca e seca (em gramas) do sistema radicular (MFSR e MSSR) e da parte aérea (MFPA e MSPA). Por fim, com base nessas variáveis foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) como proposto por Dickson et al. (1960), em que:

$$IQD = \frac{MSPA (g) + MSSR (g)}{\frac{H (cm)}{D (mm)} + \frac{MSPA (g)}{MSSR (g)}}$$

Onde: IQD é o índice de qualidade de Dickson, H = altura; D = diâmetro do colo; MSPA = massa seca da parte aérea; MSSR = massa seca do sistema radicular.

Para as avaliações de altura e diâmetro foram utilizados régua milimetrada e paquímetro digital (Zass[®] Precision). A massa fresca e seca foi obtida por pesagem em balança de precisão (Ohaus[®] Explorer), sendo a massa seca avaliada após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. A área foliar foi mensurada com auxílio do medidor de área foliar LICOR[®], modelo LI- 3100 e o sistema radicular avaliado por meio de digitalização de imagem em scanner Epson[®] (modelo XL10000) e uso do software WinRhizo[®] (Regent Instruments Inc., 2013).

Além disso, no mesmo período, o tecido do porta-enxerto, logo abaixo da região da enxertia também foi submetido a análise histológica, em amostras coletadas com lâminas de estilete e fixadas em solução de Karnovsky. As amostras foram passadas por 6 a 8 séries de

vácuo de 60 segundos cada, para facilitar a infiltração da solução. Após 24 horas nesta solução, as amostras foram submetidas à desidratação em sequência de diluição em álcool etílico crescente (30, 50, 70, 90, 100, 100 e 100%). Após o processo de desidratação, foram pré-infiltradas em solução etanol:resina (1:1, v/v) por 48 horas, e em seguida em historesina pura por 72 horas para posterior polimerização e formação dos blocos. Os blocos foram cortados em micrótomo rotatório manual ('820' Spencer Microtome, American Optical Corporation) de modo a obter secções de 5µm de espessura, que foram dispostas sobre lâminas histológicas e coradas com azul de toluidina (0,05%) (O'BRIEN et al., 1964). A observação em microscópio de luz, foi registrada com auxílio de câmera digital acoplada e software específico.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos (porta-enxertos) e 9 repetições, totalizando 405 plantas em avaliação. Para as análises destrutivas o delineamento foi o mesmo, totalizando 100 plantas em avaliação. Os dados coletados foram avaliados através do software SAS®, onde foram realizados testes para adequação das pressuposições da análise da variância (ANOVA) e por fim os tratamentos comparados entre si, considerado um nível de 5 % de significância, pelo teste de Tukey. Por fim foram realizadas análises de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento (AG) considerando as variáveis IVE, H, D, Enxertos fixados aos 90 dias, MSPA, NF, AF, MSSR, CTSR, ASSR, DMSR e VSR.

3. Resultados e Discussão

Nos dois anos de avaliação, a porcentagem de emergência de todos os porta-enxertos foi superior a 90% após 90 dias da semeadura. Esses valores estão dentro do observado na literatura para sementes de abacates de diversas origens, como 'Collinson', 'Creole' ou ainda de plantas matrizes não enxertadas (francos) (PAIXÃO et al., 2016; SOUZA et al., 2020; MEJÍA-JARAMILLO et al., 2022).

Alguns autores relataram associação direta entre o tamanho das sementes e maior porcentagem de germinação (MEJÍA-JARAMILLO et al., 2022). Esta relação ocorreria devido ao fato de sementes maiores apresentarem quantidades superiores de reservas que atuariam como fonte energética para o desenvolvimento do embrião (TESFAY et al., 2012).

Neste estudo, foi possível observar em ambos os anos, índices de velocidade de emergência (IVE) maiores, e estatisticamente superiores aos demais, para os porta-enxertos oriundos de sementes de 'Quintal' (Tabela 1), enquanto, no segundo ano experimental

(2021/2022), as sementes de ‘Margarida’ apresentaram os menores valores de velocidade de emergência.

As sementes do porta-enxerto ‘Hass’, naturalmente menores que as demais, devido ao tamanho dos frutos, apresentaram taxas de germinação elevadas apesar do baixo tamanho das sementes e do IVE. Os porta-enxertos ‘Margarida’, mesmo com sementes de maior tamanho, não diferiram do porta-enxerto ‘Hass’ aos 90 dias após a semeadura. A literatura científica mostra que existem muitas correlações positivas entre tamanho de semente e qualidade de plântula, mas isso não foi observado em 100% dos casos neste trabalho, possivelmente indicando que a relação entre o tamanho das sementes e a porcentagem de sementes germinadas seja mais complexa (MEJÍA-JARAMILLO et al., 2022).

Como consequência da maior velocidade de emergência, os porta-enxertos de ‘Quintal’ foram os que apresentaram os maiores valores de altura de planta. No primeiro ano (2020/2021), as sementes de ‘Quintal’ foram similares apenas ao porta-enxerto ‘Franco’ para esta variável, enquanto no segundo ano (2021/2022), apresentaram altura estatisticamente superior a todos os outros porta-enxertos estudados (Figura 1A e 1B). Já para o diâmetro do caule, os porta-enxertos ‘Hass’ foram os que apresentaram os menores valores em ambos os anos (Figuras 1C e 1D).

O efeito da velocidade de emergência no desenvolvimento vegetativo das plantas também foi observado por Sombra et al. (2019) para altura e diâmetro de porta-enxertos de citros. Segundo Martins et al. (1999), elevados valores de IVE são vantajosos aos seedlings, pois permite o rápido estabelecimento do sistema radicular e da parte aérea, reduzindo o tempo de exposição destes às variações climáticas. Além disso, um rápido processo germinativo acelera o processo de produção das mudas, reduzindo seu tempo nos viveiros (MEJÍA-JARAMILLO et al., 2022), o que reduz os custos de produção.

Tabela 1. Índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem total de emergência de sementes, aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura de diferentes porta-enxertos de abacateiros. Cordeirópolis, São Paulo, 2020/2021 e 2021/2022.

2020/2021				
Porta-enxerto	IVE	Emergência de sementes (%)		
		30 dias	60 dias	90 dias
Fortuna	0,131 b	0,00	51,86 bc	97,53 ab
Franco	0,133 b	0,00	69,15 ab	90,13 b
Hass	0,125 b	0,00	28,37 c	97,53 ab
Margarida	0,137 b	0,00	65,44 ab	97,53 ab
Quintal	0,158 a	0,00	83,96 a	100,00 a
Média	0,137	0,00	59,76	96,05
CV (%)	8,08	0,00	29,83	6,38
Valor-p	<0,001	-	<0,0001	0,0187
2021/2022				
Porta-enxerto	IVE	Emergência de sementes (%)		
		30 dias	60 dias	90 dias [#]
Fortuna	0,137 b	0,00	40,71 bc	96,30 a
Franco	0,139 b	0,00	48,16 b	92,60 ab
Hass	0,126 bc	0,00	28,38 c	93,83 a
Margarida	0,115 c	0,00	40,71 bc	83,35 b
Quintal	0,184 a	0,00	93,83 a	97,53 a
Média	0,14	0,00	50,36	92,72
CV (%)	10,14	0,00	25,29	1,89
Valor-p	<0,0001	-	<0,0001	0,00

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. [#] Dados transformados de acordo com a função $f(x) = \log_{10}(x)$.

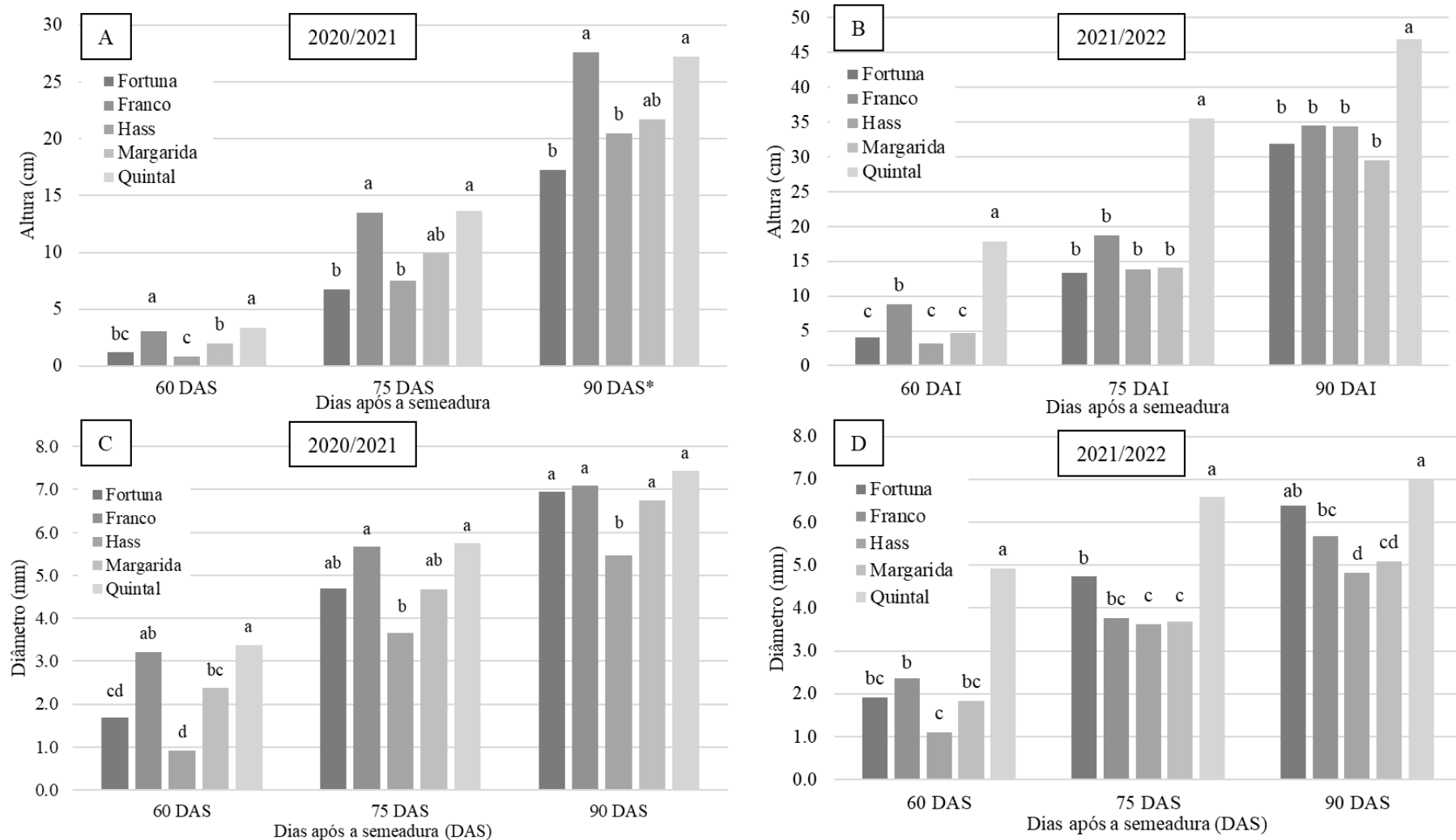


Figura 1. Altura (A e B) e diâmetro (C e D) dos porta-enxertos de diferentes seedlings de abacateiros aos 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS). Cordeirópolis, São Paulo, 2020/2021 e 2021/2022. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. *Dados transformados pela equação $f(x) = \log(x)$.

Ainda a respeito da biometria (altura e diâmetro) e emergência dos porta-enxertos de abacateiro, é importante ressaltar que outros fatores, como os inerentes as sementes e as características genéticas de cada embrião podem influenciar diretamente no desenvolvimento dos porta-enxertos (GÁLVEZ-CENDEGUI et al., 2016). Destaque para a elevada heterozigose desta espécie (LAHAV; LAVI, 2013) ocasionada pela polinização aberta e ocorrência de dicogamia protogínica (CANÃS-GUTIÉRREZ et al., 2022).

Após a enxertia, em ambos os anos, foi possível observar que a porcentagem de enxertos fixados reduziu com o passar do tempo, até a data das análises destrutivas. No primeiro ano (2020/2021), as mudas formadas sobre porta-enxertos ‘Hass’ apresentaram as maiores taxas de sucesso de enxertia ao final do período experimental, 65,4%, diferindo estatisticamente do ‘Quintal’, com 24,7%. A enxertia precoce em porta-enxertos ‘Quintal’ poderia ter garantido maiores valores de fixação para esta cultivar. Os mesmos porta-enxertos diferiram entre si para o número de brotos por enxerto e quanto ao comprimento do maior broto (Tabela 2).

No segundo ano (2021/2022), ao final de 90 dias após a enxertia não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os porta-enxertos avaliados. Entretanto, o porta-enxerto ‘Hass’ manteve os níveis de sucesso acima de 60%, em detrimento dos demais porta-enxertos com pouco mais de 50%. Novamente, as mudas enxertadas sobre ‘Hass’ apresentaram um maior comprimento de brotos em relação as mudas enxertadas sobre ‘Quintal’ (Tabela 2).

Os valores médios de fixação de enxertos observados neste trabalho foram similares aos obtidos para a cultivar ‘Hass’ quando enxertados na mesma época do ano (OLIVEIRA et al., 2008) e também para outras cultivares (TRIPATHI; KARUNAKARAN, 2019) utilizando a mesma técnica de enxertia, por garfagem em fenda cheia.

Em ambos os anos, os porta-enxertos de ‘Hass’, que tinham os menores diâmetros de caule no momento da enxertia, foram os que apresentaram os maiores sucessos na fixação dos enxertos. Há certa divergência na literatura no que diz respeito ao diâmetro ideal para realização da enxertia do abacateiro. Enquanto alguns autores sugerem que o diâmetro médio do caule seja de 8 a 10 mm no momento da enxertia (MINDÉLLO NETO et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2008), outros consideram suficiente, o diâmetro mínimo acima de 4,5 mm (GÁLVEZ-CENDEGUI et al., 2016).

Tabela 2. Porcentagem de fixação de enxertos ‘Hass’, número médio de brotos por enxerto e comprimento do maior broto após 90 dias da enxertia em diferentes seedlings de abacateiros. Cordeirópolis, São Paulo, Brasil, 2020/2021 e 2021/2022.

Porta-enxerto	2020/2021			Nº de brotos por enxerto	Comprimento do maior broto (cm)
	Enxertos fixados (%)				
	30 dias	60 dias	90 dias		
Fortuna	93,8	60,5 ab	44,4 ab	0,43 ab	9,28 ab
Franco	88,9	66,7 ab	46,9 ab	0,47 ab	13,41 a
Hass	91,4	75,3 a	65,4 a	0,65 a	15,61 a
Margarida	92,6	46,9 bc	39,5 ab	0,40 ab	9,39 ab
Quintal	100,0	27,2 c	24,7 b	0,25 b	4,09 b
Média	93,3	55,1	44,2	0,44	10,23
CV (%)	1,2	30,6	45,4	46,2	49,04
Valor-p	0,10	<0,001	0,0029	0,0033	0,0003
Porta-enxerto	2021/2022			Nº de brotos por enxerto	Comprimento do maior broto
	Enxertos fixados (%)				
	30 dias*	60 dias	90 dias		
Fortuna	81,50 ab	55,6	54,3	0,56	13,12 ab
Franco	64,21 bc	56,8	54,3	0,57	14,47 ab
Hass	70,39 bc	60,5	60,5	0,67	18,16 a
Margarida	58,03 c	45,7	44,4	0,48	14,55 ab
Quintal	92,60 a	54,3	44,4	0,46	7,85 b
Média	73,3	54,6	51,6	0,55	13,61
CV (%)	34,88	31,4	35,42	37,2	40,62
Valor-p	<0,0001	0,46	0,27	0,2249	0,0073

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. *Dados transformados de acordo com a função $f(x) = x^2$

De forma geral, os aspectos mais importantes a serem considerados para a fixação de enxertos são a compatibilidade de diâmetros do porta-enxerto e do enxerto, e o nível de maturidade (lignificação) dos tecidos (ERNST et al., 2013), que está diretamente relacionado com a época de coleta dos enxertos. Oliveira et al. (2008), na região de Jaboticabal, SP, observaram que os meses de novembro a dezembro foram os mais apropriados para a coleta e enxertia de abacateiros ‘Hass’ e ‘Fortuna’, pois garantiram maior sucesso na fixação de enxertos, que variaram de 40 a 70%.

No Brasil, a ausência de manutenção de plantas matrizes destinadas exclusivamente para a coleta de enxertos faz com que a produção de mudas dependa da disponibilidade de material vegetativo em pomares comerciais. Isso varia de acordo com o clima, mas na maioria das regiões produtoras (Sul/Sudeste) ocorre após a maturação da brotação que cresce acima da panícula de flor, entre os meses de novembro e dezembro (SILVA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2013).

Outro fator importante que deve ser levado em consideração está relacionado aos aspectos anatômicos intrínsecos de cada espécie, os quais podem interferir no sucesso da enxertia (RIBEIRO et al., 2015). Imagens de secções caulinares de cada porta-enxerto utilizado foram obtidas, sendo possível observar algumas diferenças anatômicas entre eles (Figura 2).

De forma geral, os porta-enxertos de abacateiro estudados apresentaram características anatômicas em conformidade com as descrições reportadas na literatura (PHAW; AYE, 2017). Apesar de apresentarem muitas semelhanças entre si, algumas características distintas foram observadas, como em relação ao metaxilema, em que há maior presença de elementos de vaso para os porta-enxertos ‘Franco’ e ‘Margarida’ (Figuras 5C, D, G e H, indicados com setas cheias) em comparação com os demais.

Reyes-Santamaría et al. (2002) ao analisar as características anatômicas de enxertos de ‘Hass’ e de representantes das três raças botânicas dos abacateiros: Antilhana (A), Guatemalense (G) e Mexicana (M), observaram que o primeiro apresenta maior quantidade de elementos de vaso e ainda vasos de maior diâmetro médio. De forma contrária, Fassio et al. (2009), também observando secções transversais de enxertos de ‘Hass’, verificaram elementos de vaso de menor calibre, mas em maior quantidade quando comparados aos porta-enxertos ‘Duke 7’ (M) e ‘Toro Canyon’ (M x G).

Sabe-se que existem diferenças significativas entre os representantes das três raças botânicas quanto a densidade de células elementos de vasos observados por área, sendo sua ocorrência mais frequente para a raça Mexicana, Antilhana e Guatemalense, respectivamente (REYES-SANTAMARÍA et al., 2002; CASTILLO-ARGAEZ et al., 2022).

Portanto, esperava-se que o porta-enxerto ‘Hass’, como híbrido de Guatemalense (G) com Mexicano (M), apresentasse maior densidade de células de elementos de vaso quando comparado aos demais porta-enxertos, já que estes tratam-se de híbridos da raça Antilhana (A/WI) com Guatemalense (G), o que não aconteceu. Tal diferença poderia ser explicada pela maior expressão de genes dos parental guatemalense sobre o mexicano, já que o ‘Hass’ conta com apenas 10 a 15% de genes da raça mexicana (BERGH; ELLSTRAND, 1986).

Outro ponto relevante a ser considerado, é que neste trabalho foram analisadas secções caulinares dos seedlings destas cultivares e não dos enxertos, o que resulta em elevada variabilidade genética (LAHAV e LAVI, 2013). Além disso, as divergências observadas por outros autores podem ser atribuídas ao uso de diferentes porta-enxertos, já que estes podem influenciar na anatomia dos vasos de xilema dos enxertos (CASTILLO-ARGAEZ et al., 2022).

Outra característica a ser destacada é a maior presença de fibras de esclerênquima no parênquima cortical do porta-enxerto ‘Margarida’ (Figura 2H, setas vazias), as quais também são visíveis em outros porta-enxertos, como o ‘Fortuna’ e ‘Franco’, porém em menor quantidade.

O tecido esclerenquimático, quando completamente maduro é composto primariamente de celulose e lignina, apresenta função estrutural e de suporte para as plantas (CARRILLO-LÓPEZ; YAHIA, 2018). A presença de tecido esclerenquimático está normalmente relacionada à dificuldades no processo de enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2018), que para a propagação clonal do abacateiro é contornada através da técnica de estiolamento (ESTAY et al., 2016).

Pelas figuras anatômicas dos porta-enxertos ‘Hass’ e ‘Quintal’ é possível observar o câmbio vascular com maior número de camadas de células quando comparado aos demais porta-enxertos (Figuras 2F e J, estrela cheia). A presença do câmbio vascular é um dos pré-requisitos para o sucesso da enxertia (HARTMANN et al., 2018). O câmbio vascular é um tecido meristemático que atua na formação de células parenquimáticas e do tecido vascular xilema e floema. Estas atuam no processo de aderência e posteriormente no reestabelecimento do fluxo vascular da planta (RASOOL et al., 2020).

Portanto, o correto alinhamento dos câmbios, do enxerto e porta-enxerto, é essencial para o sucesso da enxertia (MELNYK, 2017). Câmbios vasculares com maior número de células deveriam facilitar o processo de alinhamento, garantindo maiores chances de cicatrização. Esse fato foi observado para o porta-enxerto ‘Hass’ mas não para o porta-enxerto ‘Quintal’, que resultaram em maiores e menores valores de fixação dos enxertos, indicando que há outros fatores envolvidos no sucesso da enxertia além das características anatômicas (WULF; REID; FOO, 2020).

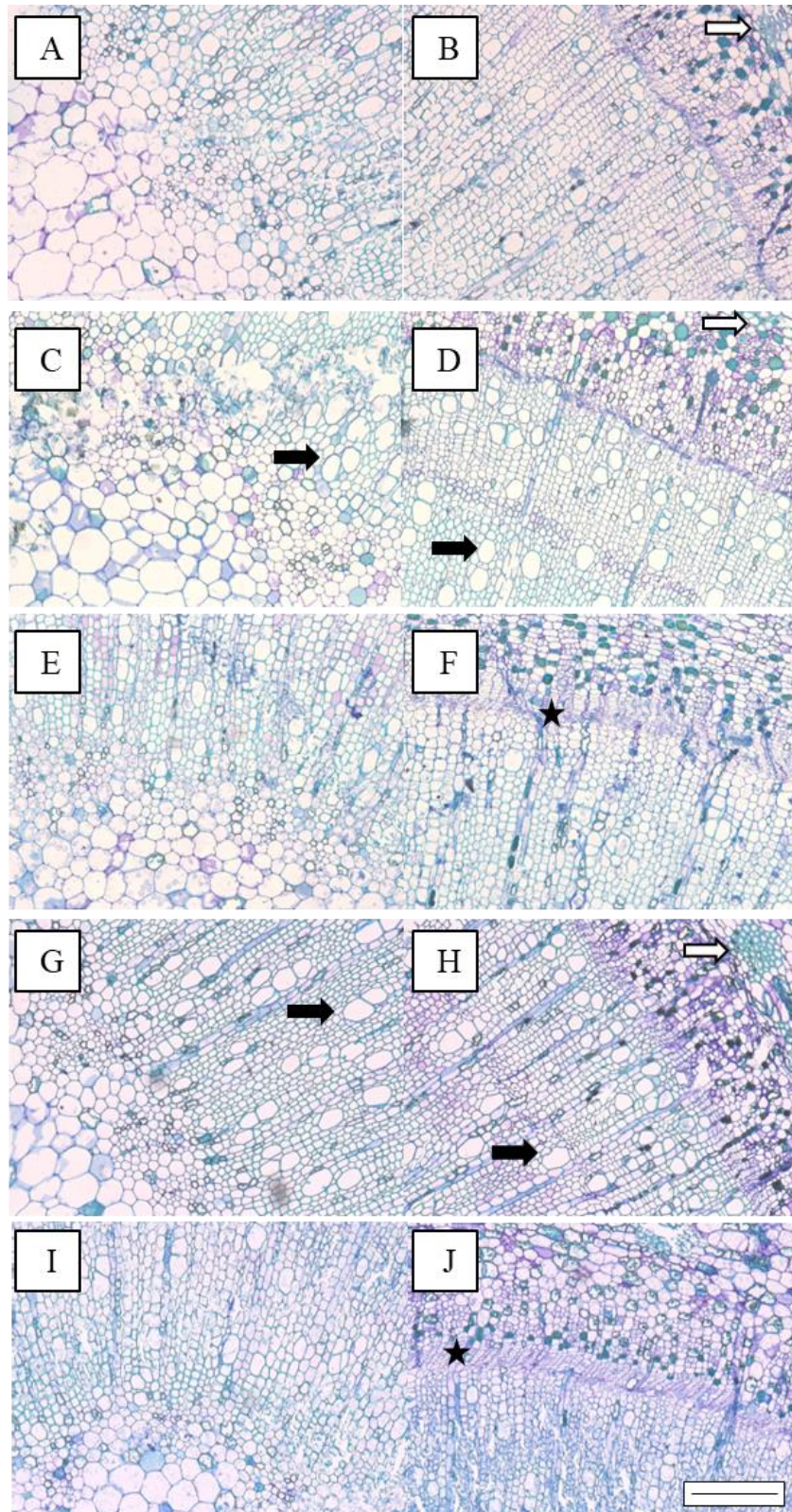


Figura 2. Corte transversal de secção caulinar de diferentes porta-enxertos de abacateiros (*Persea americana* Mill.), ‘Fortuna’ (A) e (B), ‘Franco’ (C) e (D), ‘Hass’ (E) e (F), ‘Margarida’ (G) e (H) e ‘Quintal’ (I) e (J), corados com azul de toluidina (0,05%) apresentando diferenças entre densidade de elementos de vaso do xilema (seta cheia), quantidade de tecido esclerenquimático (seta vazia) e largura do câmbio vascular (estrela cheia). Escala = 200 μ m.

Quanto as variáveis das análises destrutivas, ao final dos 90 dias após a enxertia do primeiro ano (2020/2021), todas apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os porta-enxertos (Tabela 3).

Os porta-enxertos ‘Franco’ e ‘Margarida’ apresentaram os maiores valores de massa seca da parte aérea (MSPA) e área foliar (AF). O ‘Franco’ também se destacou como o porta-enxerto com maior número de folhas. Os demais porta-enxertos apresentaram valores intermediários, para algumas variáveis, como área foliar e o porta-enxerto ‘Quintal’ apresentou as menores médias (Tabela 3).

Uma maior área foliar garante maior interceptação de radiação solar e produção de fotoassimilados, conseqüentemente maior acúmulo de carbono levando ao aumento da massa seca das plantas (NUNES et al., 2013). Estudos com diferentes combinações copa/porta-enxerto em plantas cítricas destacaram a importância do uso da variável massa seca como indicador para seleção de genótipos superiores para serem utilizados com porta-enxertos (SOARES et al., 2015).

No segundo ano (2021/2022), o porta-enxerto ‘Quintal’ apresentou as menores médias para as variáveis massa fresca, seca e área foliar, diferindo estatisticamente do ‘Fortuna’, ‘Franco’ e ‘Margarida’ (Tabela 3). Novamente foi observada a influência e importância da área foliar para o ganho de massa seca.

Apesar do rápido desenvolvimento do porta-enxerto ‘Quintal’, proporcionado pelo índice de velocidade de emergência (IVE), os níveis de fixação dos enxertos e os aspectos de parte aérea do enxerto fixado não apresentaram bons resultados em ambos os anos. Isso pode ter ocorrido pelo fato dos porta-enxertos dessa cultivar terem atingido o ponto de enxertia antes dos demais porta-enxertos, estando no momento da enxertia com um nível muito elevado de lignificação, o que desfavoreceu o processo de união do enxerto com o porta-enxerto.

O índice de qualidade de Dickson (IQD), que engloba variáveis da parte aérea e do sistema radicular, mostrou-se significativo apenas no primeiro ano (2020/2021), onde as mudas de ‘Hass’ enxertadas sobre os porta-enxertos ‘Margarida’ e ‘Quintal’ diferiram estatisticamente das mudas enxertadas sobre ‘Hass’, sendo esta última, a de menor valor. Apesar desta variável não ter apresentado diferenças significativas entre os porta-enxertos no segundo ano (2021/2022), as plantas enxertadas sobre o porta-enxerto ‘Hass’ ainda apresentaram a menor média.

Tabela 3. Médias das variáveis da parte aérea de mudas de abacateiros ‘Hass’ enxertadas sobre diferentes porta enxertos 90 dias após a enxertia. Cordeirópolis, São Paulo, 2020/2022.

2020/2021					
Porta-enxerto	IQD	MFPA	MSPA	NF*	AF
		(g)			(cm ²)
Fortuna	2,16 bc	33,55 ab	5,94 ab	12,89 b	736,90 ab
Franco	2,14 bc	39,08 a	7,55 a	17,89 a	853,27 a
Hass	1,78 c	32,26 ab	5,43 b	13,70 b	704,39 ab
Margarida	2,96 a	36,81 ab	7,72 a	13,10 b	831,39 a
Quintal	2,49 ab	28,73 b	5,82 ab	11,37 b	619,91 b
Média	2,306	34,086	6,958	13,79	749,17
Valor-p	<0,0001	0,0286	0,0048	0,0003	0,009
CV (%)	31,31	30,51	35,97	10,84	29,29
2021/2022					
Porta-enxerto	IQD**	MFPA	MSPA	NF***	AF
		(g)			(cm ²)
Fortuna	3,79	42,48 a	11,64 a	17,20	886,25 a
Franco	3,50	41,59 a	11,29 a	15,40	817,14 a
Hass	3,04	38,56 ab	10,48 ab	16,10	733,52 ab
Margarida	3,61	44,75 a	11,96 a	18,05	854,05 a
Quintal	3,53	31,46 b	8,73 b	15,15	575,99 b
Média	3,49	39,76	10,81	16,38	773,38
Valor-p	0,10	0,0006	0,0032	0,44	0,0002
CV (%)	25,03	24,87	25,88	29,42	29,37

Índice de Qualidade de Dickson (IQD); Massa fresca da parte aérea (MFPA); massa seca da parte aérea (MSPA), número de folhas (NF) e área foliar (AF). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Dados transformados pela função, *f(x) = log(x), **f(x) = x^{1/2} e ***f(x) = x⁻¹.

O IQD é uma variável capaz de ponderar diversos parâmetros morfológicos importantes e indica a robustez e o equilíbrio de distribuição de biomassa das mudas, portanto, maiores valores deste índice indicam maior padrão de qualidade da muda (MARQUES et al., 2018).

No primeiro ano (2020/2021) de análise das variáveis do sistema radicular, o porta-enxerto ‘Hass’ apresentou médias inferiores aos demais porta-enxertos, diferindo estatisticamente dos demais de acordo com a variável observada (Tabela 4). Já o porta-enxerto ‘Margarida’ apresentou tendência inversa, sempre superior e estatisticamente significativa para a maioria das variáveis analisadas.

O porta-enxerto ‘Quintal’ apresentou a maior média de volume e diâmetro médio do sistema radicular, diferindo do ‘Fortuna’ e ‘Hass’. Entretanto, apesar de apresentar o maior volume do sistema radicular, foi o porta-enxerto ‘Margarida’ que apresentou o maior acúmulo de massa seca do sistema radicular (MSSR) e o ‘Franco’ da parte aérea (MSPA). Esses

resultados indicam que pode haver diferenças na forma de distribuição recursos (água e nutrientes) e alocação de carbono para os diferentes porta-enxertos estudados.

Essa diferença de alocação de nutrientes já foi observada para outros porta-enxertos de abacateiro, como o ‘Mexicola’ e ‘Dusa®’. Beyer et al. (2021) verificaram que o porta-enxerto ‘Mexicola’ tem maior tendência de alocar recursos para a parte aérea enquanto o ‘Dusa®’ tem desempenho contrário. Neste ano, considerando o IQD, o ‘Margarida’ parece ter uma melhor e balanceada capacidade de distribuição. Entretanto, outros estudos precisam ser realizados a fim de confirmar os resultados observados neste trabalho.

Tabela 4. Médias das variáveis do sistema radicular de mudas de abacate ‘Hass’ enxertadas sobre diferentes porta enxertos 90 dias após a enxertia. Cordeirópolis, São Paulo, 2020/2022.

Porta-enxerto	2020/2021					
	MFSR (g)	MSSR	CTSR* (cm)	ASSR* (cm ²)	DMSR (cm)	VSR (cm ³)
Fortuna	27,25 b	2,87 b	2.097,69 ab	603,02 ab	0,92 b	13,88 b
Franco	29,46 ab	3,08 b	2.042,51 ab	639,05 a	0,94 ab	14,84 ab
Hass	23,77 b	2,51 b	1.806,12 b	470,63 b	0,83 c	9,85 c
Margarida	34,77 a	4,04 a	2.503,94 a	681,97 a	0,87 bc	14,89 ab
Quintal	27,57 b	3,07 b	2.296,05 ab	713,94 a	1,01 a	17,97 a
Média	28,57	3,11	2.149,262	617,05	0,91	14,28
Valor-p	0,0002	<0,0001	0,01	0,0003	<0,0001	<0,0001
CV (%)	25,30	26,08	3,88	4,27	10,26	28,42
Porta-enxerto	2021/2022					
	MFSR* (g)	MSSR	CTSR (cm)	ASSR (cm ²)	DMSR (cm)	VSR* (cm ³)
Fortuna	29,74 a	6,03 bc	1.839,97 a	523,15 a	0,92 ab	11,94 a
Franco	27,78 a	6,48 ab	1.657,71 ab	437,78 ab	0,91 ab	10,00 abc
Hass	20,28 b	6,07 b	1.451,09 b	387,68 b	0,86 b	8,32 c
Margarida	28,76 a	7,08 a	1.523,44 ab	422,91 b	0,89 b	9,48 bc
Quintal	30,33 a	5,16 c	1.501,04 b	418,44 b	1,00 a	10,49 ab
Média	27,37	6,16	1.594,7	438,4	0,92	10,4
Valor-p	<0,0001	<0,0001	0,0109	0,0007	0,0016	0,0004
CV (%)	7,26	16,48	13,23	22,48	11,23	24,86

Massa fresca do sistema radicular (MFSR); massa seca do sistema radicular (MSSR), comprimento total do sistema radicular (CTSR), área superficial do sistema radicular (ASSR), diâmetro médio do sistema radicular (DMSR) e volume do sistema radicular (VSR). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. *f(x) = log(x).

No segundo ano (2021/2022) a tendência observada para o porta-enxerto ‘Hass’ foi similar, apresentando as menores médias para a maioria das variáveis estudadas do sistema radicular. No que diz respeito ao DMSR, novamente o porta-enxerto ‘Quintal’ apresentou

média superior. Já o porta-enxerto ‘Fortuna’ apresentou as maiores médias de CTSR, ASSR e VSR.

Observou-se pouca relação entre o VSR e o acúmulo de MSSR. O porta-enxerto ‘Margarida’ superou o ‘Fortuna’ em massa seca mesmo não apresentando o maior volume de raízes. Segundo Beyer et al. (2021) apesar de um grande volume de raízes ser uma vantagem em situações adversas, não necessariamente é indicativo de adequada absorção de água e nutrientes.

Outros autores reportaram que uma melhor capacidade de absorção de água e nutrientes está normalmente associada a maior área superficial, e conseqüentemente ao menor diâmetro do sistema radicular (ATUCHA et al. 2013). Esse fato não foi observado neste trabalho, onde os porta-enxertos ‘Hass’ apresentaram as menores médias de acúmulo de massa seca, mesmo com os menores valores de ASSR e DMSR.

O uso da análise de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento (AG) para avaliar porta-enxertos de abacateiros é uma ferramenta amplamente difundida e facilita a observação e interpretação dos resultados (BEYER et al., 2021; BEYER et al., 2022).

A análise de componentes principais (ACP) do primeiro ano (2020/2021) levou a formação de dois componentes principais que explicaram 86,3% da variação observada no experimento. Neste cenário, as variáveis de maior peso no primeiro componente principal (CP I) foram FIX90 (fixação de enxertos aos 90 dias), DMSR e VSR, e no segundo componente principal (CP II) foram o NF, AF seguido da MSPA (Anexo A).

Na plotagem destes componentes (I x II), o primeiro e quarto quadrantes evidenciam os porta-enxertos que apresentaram baixos valores de fixação de enxertos, porém com médias interessantes das variáveis do sistema radicular, principalmente DMSR e VSR. O segundo e terceiro quadrantes apresentam o oposto. Pensando nos efeitos do CP II, os quadrantes 1 e 2, englobam os porta-enxertos que apresentam as melhores médias de NF, AF e MSPA, enquanto os quadrantes 3 e 4, o contrário (Figura 3A).

Combinando essas informações pode-se concluir que o primeiro quadrante engloba os porta-enxertos que apresentaram as melhores características para as mudas de abacateiro, tanto de parte aérea quanto de sistema radicular. Neste quadrante encontra-se o porta-enxerto ‘Margarida’, o que corrobora aos valores de IQD observados neste trabalho.

O deslocamento dos porta-enxertos ‘Hass’ e ‘Quintal’ para os quadrantes 3 e 4, respectivamente, diz respeito à elevada influência das variáveis FIX90 e IVE sobre estes porta-

enxertos, uma vez que o ‘Hass’ obteve os maiores valores de fixação de enxertos e o ‘Quintal’ a maior velocidade de emergência.

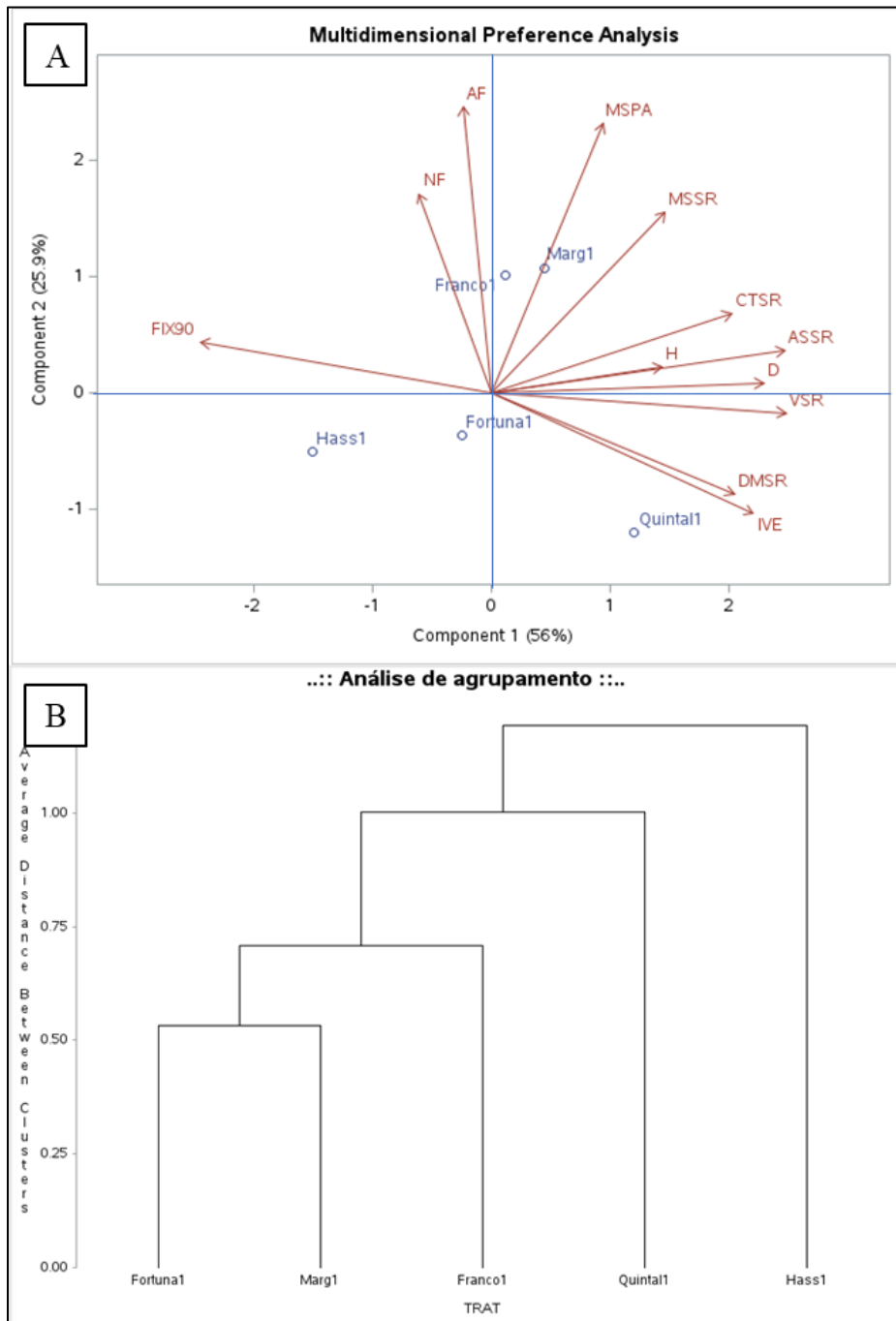


Figura 3. (A) Distribuição dos tratamentos (porta-enxertos) e influência das variáveis nos componentes principais CP I e CP II. (B) Análise de agrupamento (AG) com base nas distâncias multivariadas. Cordeirópolis, São Paulo, 2020/2021.

Na análise de agrupamento (AG), os porta-enxertos são agrupados de acordo com as distâncias multivariadas existentes entre eles, portanto, quanto maior a similaridade

multivariada, mais rápido se agrupam. No primeiro ano, os porta-enxertos ‘Fortuna’ e ‘Margarida’ foram os que apresentaram a menor distância multivariada entre si e, portanto, os mais similares. O porta-enxerto ‘Hass’, seguido do ‘Quintal’, apresentaram as maiores diferenças em relação aos demais porta-enxertos avaliados neste trabalho, devido as variáveis citadas anteriormente (Figura 3B).

De forma similar, a análise do segundo ano (2021/2022) também com dois componentes principais foi capaz de explicar 92,4% da variância observada. As variáveis de maior influência no primeiro componente (CP I) foram o IVE, DMSR contrastado com a AF, enquanto para o segundo componente (CP II) foram a AF e D (Anexo A).

Com base na plotagem destes dois componentes (I x II), os quadrantes 1 e 4 contaram com valores positivos no CP I, e, portanto, maior AF e menores valores de DMSR e IVE. Outras variáveis têm peso relativamente elevado neste componente, como H e D, também contrastando com AF. Já o CP II, mostra os porta-enxertos com maior D e AF nos quadrantes 1 e 2, enquanto variáveis do sistema radicular como CTSR, ASSR e VSR, também tem participação relativamente forte e positiva neste componente (Figura 4A).

Dos cinco porta-enxertos avaliados neste trabalho, apenas o ‘Quintal’ aparece no terceiro quadrante, com valores negativos para o CPI. Isto ocorreu pelo fato deste porta-enxerto ter apresentado as maiores médias de IVE, DMSR, H e D. Os porta-enxertos ‘Fortuna’ e ‘Franco’ encontram-se no primeiro quadrante, com pequena distância no CP I e grande distância no CP II, resultado da superioridade de ‘Fortuna’ nos parâmetros do sistema radicular (CTSR, ASSR e VSR). Por fim, ‘Margarida’ e ‘Hass’ encontram-se no quarto quadrante, também separados em sua maioria pelas diferenças nos parâmetros do sistema radicular.

A análise de agrupamento (AG) do segundo ano apresenta os porta-enxertos ‘Fortuna’ e ‘Franco’ como os mais similares entre si, formando o primeiro cluster (Figura 4B). Com um nível de similaridade um pouco menor, temos ‘Hass’ e ‘Margarida’ formando o segundo cluster e por fim ‘Quintal’ como o porta-enxerto com menor similaridade aos demais.

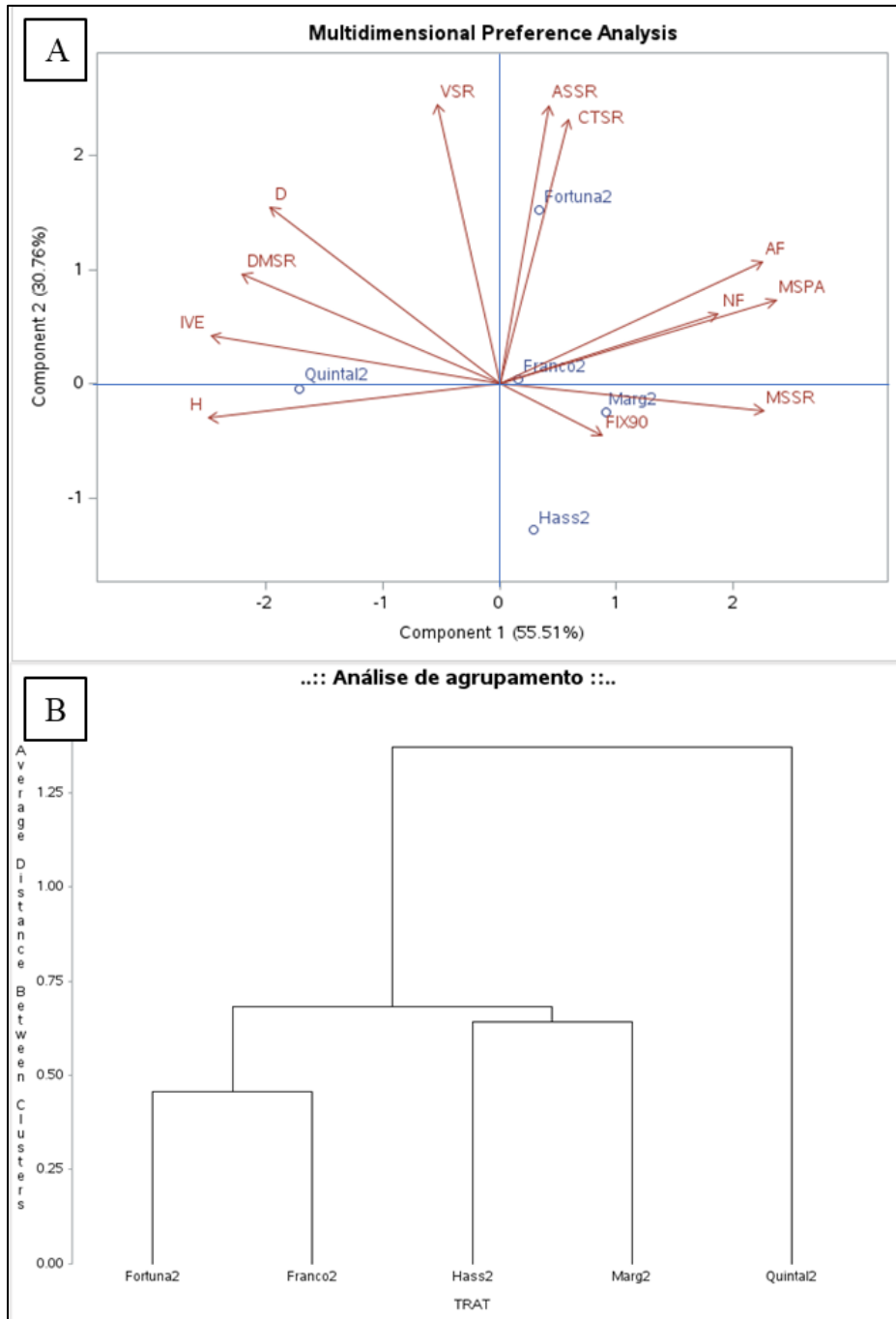


Figura 4. (A) Distribuição dos tratamentos (porta-enxertos) e influência das variáveis nos componentes principais CP I e CP II. (B) Análise de agrupamento (AG) com base nas distâncias multivariadas. Cordeirópolis, São Paulo, 2021/2022.

4. Conclusões

- Porta-enxertos oriundos de sementes de ‘Quintal’ podem antecipar a enxertia do abacateiro ‘Hass’ pela rápida emergência e desenvolvimento inicial.
- O sistema radicular de porta-enxertos de sementes de ‘Hass’ apresentam menor comprimento total, diâmetro médio e volume que os demais porta-enxertos estudados neste trabalho.
- Sementes de cultivares copa de polinização aberta podem ser utilizadas como porta-enxertos para a cultivar ‘Hass’, porém a variabilidade genética torna difícil prever como será a qualidade das mudas formadas em cada ano.
- Existem similaridades e diferenças entre os porta-enxertos avaliados que devem ser utilizadas à favor da produção de mudas de abacateiro.

Referências

- ALBERTI, M.F.; BROGIO, B.A.; SILVA, S.R.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; FASSIO, C. Avances en la propagación del aguacate. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 40, p. 1 – 18, 2018.
- ATUCHA, A.; MERWIN, I.A.; BROWN, M.G.; GARDIAZABAL, F.; MENA, F.; ADRIAZOLA, C.; LEHMANN, J. Root distribution and demography in an avocado (*Persea americana*) orchard under groundcover management systems. **Amaya. Plant Soil**, n.368, p.393 – 406, 2013.
- ASHTON, O.B.O.; WONG, M.; MCGHIE, T.K.; VATHER, R.; WANG, Y.; REQUEJO-JACKMAN, C. RAMANKUTTY, P. WOOLF, A.B. Pigments in avocado tissue and oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n.26, p.10151 – 10158, 2006.
- BERGH, B.; ELLSTRAND, N. Taxonomy of the Avocado. **Calif. Avocado Soc. Yearb.**, v. 70, p. 135–146, 1986.
- BEYER, C.P.; BARRIENTOS-SANHUEZA, C.; PONCE, E.; PEDRESCHI, R.; CUNEO, I.F.; ALVARO, J.E. Differential hydraulic properties and primary metabolism in fine root of avocado trees rootstocks. **Plants**, v. 11, p.1059, 2022.
- BEYER, C.P.; CUNEO, I.F.; ALVARO, J.E.; PEDRESCHI, R. Confronting the differential physiology of “Hass” avocado grafted onto two different rootstocks in a controlled environment. **Acta Hort.**, v. 1327, p. 129–136, 2021.
- CAÑAS-GUTIÉRREZ, G.P.; SEPULVEDA-ORTEGA, S.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, F.; NAVAS-ARBOLEDA, A.A.; CORTÉS, A.J. Inheritance of yield components and morphological traits in avocado cv. Hass from “Criollo” “Elite Trees” via half-sib seedling rootstocks. **Front. Plant Sci.**, v.13, p. 1–17, 2022.
- CARRILLO-LÓPEZ, A.; YAHIA, E.M. Morphology and anatomy. *In*: YAHIA, E.M.; CARRILLO-LÓPEZ, A. (ed.). **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**, Woodhead Publishing, p. 113–130, 2018.
- CASTILLO-ARGAEZ, R.; VAZQUEZ, A.; KONKOL, J.L.; VARGAS, A.I.; PLOETZ, R.C., SCHAFFER, B. Laurel wilt susceptibility of three avocado (*Persea americana* Mill.) ecotypes in relation to xylem anatomy, sap flow and leaf gas exchange. **Trees**, v. 36, p. 1649–1663, 2022.

- DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960.
- DORIZZOTTO, C.D.A.; SANTORO, M.B. Produção de mudas em viveiros comerciais. *In*: SAMPAIO, A. C.; WHATELY, M. C. (ed.). **Abacaticultura Sustentável**. Atena Editora, p. 31–49, 2022.
- ERNST, A. A.; WHILEY, A. W.; BENDER, G. S. Propagation. *In*: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N.; WHILEY, A.W. (ed.). **The avocado: botany, production and uses**. Wallingford: CAB International Press, 2013.
- ESTAY, C.; CAUTÍN, R.; NEAMAN, A.; CASTRO, M. Clonal propagation of the avocado: effects of the rooting step on graft union formation and development. **Cien. Inv. Agr.**, v. 43, p. 233–241, 2016.
- FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. UFPel: Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil, 2008.
- FASSIO, C.; HEATH, R.; ARPAIA, M.L.; CASTRO, M. Sap flow in “Hass” avocado trees on two clonal rootstocks in relation to xylem anatomy. **Sci. Hortic. (Amsterdam)**, v. 120, p. 8–13, 2009.
- FAOSTAT [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. **Crop and livestock products: Avocado**. FAO, Rome, Italy, 2022.
- GÁLVEZ-CENDEGUI, L.; PEÑALOZA, P.; OYANEDEL E.; CASTRO, M. Caracterización del tamaño de semilla nodriza de aguacate Esther y el desarrollo de sus plántulas. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 39, n. 1, p. 79 – 85, 2016.
- GOLUKCU, M.; OZDEMIR, F. Changes in phenolic composition of avocado cultivars during harvesting time. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 46, n. 1, p. 112–115, 2010.
- HABERMAN, A.; TSROR, L.; LAZARE, S.; HAZANOVSKY, M.; LEBIUSH, S.; ZIPORI, I.; BUSATN, A.; SIMENSKI, E.; DAG, A. Management of verticillium wilt of avocado using tolerant rootstocks. **Plants**, v. 9, p. 2–11, 2020.
- HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES, F.T.; GENEVE, R.L.; WILSON, S.B. **Hartmann & Kester’s plant propagation: principles and practices**, Nona Edição. Ed. Pearson, Nova Iorque, Nova Iorque, 2018.
- HURTADO-FERNÁNDEZ, E.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; CARRASCO-PANCORBO, A. Avocado Fruit – *Persea Americana*. *In*: RODRIGUES, S.; SILVA, E.O; BRITO, E. S. **Exotic fruits: reference guide**. Elsevier, p.37 – 46, 2018.
- IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022
- LAHAV, E.; LAVI, U. Genetics and Breeding. *In*: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N.; WHILEY, A.W. (Eds.). **Avocado: Botany, Production and Uses**. Croydon: CABI; 2013; p. 200-233.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v.1, n.1, p.176-177, 1962.
- MARQUES, A.R.F.; OLIVEIRA, V.D.S.; BOLIGON, A.A.; VESTENA, S. Produção e qualidade de mudas de *Psidium cattleianum* var. *cattleianum* Sabine (*Myrtaceae*) em diferentes substratos. **Acta Biológica Catarinense**, v.5, p. 5–13, 2018.
- MARTINS, C.C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M.L. Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial das plântulas de palmito-vermelho (*Euterpe espirotosantensis* Fernandes – Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, p. 164–173, 1999.
- MEJÍA-JARAMILLO, L.; BARRERA-SÁNCHEZ, C.; CÓRDOBA-GAONA, O. Effect of the seed weight on the growth of young avocado rootstock seedlings. **Bioagro**, v. 34, p. 183–194, 2022.

- MELNYK, C.W. Plant grafting: insights into tissue regeneration. **Regeneration**, v. 4, p. 3–14, 2017
- MINDÊLLO NETO, U.R., TORRES, A.N.L., HIRANO, E., BALBINOT JÚNIOR, A.A., BREY, I.O., PETERS, E. Influência da proteção do enxerto na produção de mudas de abacate. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 26, p.189–190, 2004.
- MORAES, A.F.G.; MICHELETTI, L.B.; SANTORO, M.B.; SANTOS, N. T; AVILÉS, T.C.; SILVA, S.R. Horticultural performance of ‘Hass’ avocado grafted onto seedling and clonal rootstocks under tropical wet-dry climate conditions. **Sci. Hortic.**, v. 302, 2022.
- NUNES, J.L.S.; SOUZA, P.V.D.; MARODIN, G.A.B.; FACHINELLO, J.C. Desenvolvimento de plântulas de pessegueiro “Okinawa” inoculadas com micorrizas arbusculares isoladas de pomares de pessegueiros e de vinhedos. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 35, p. 845–852, 2013.
- O’BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M.E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, v. 59, p. 368–373, 1964.
- OLIVEIRA, I.V.M.; CAVALCANTE, Í.H.L.; FRANCO, D.; MARTINS, A.B.G. Influência da época do ano no sucesso da enxertia nas variedades de abacateiro Hass e Fortuna. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 30, p. 1162–1166, 2008.
- PAIXÃO, M.V.S.; LOPES, J.C.; SCHMILDT, E.R.; ALEXANDRE, R.S.; MENEGHELLI, C.M. Avocado seedlings multiple stems production. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 38, e-221, 2016.
- PAULL, R. E.; DUARTE, O. Avocado. In: PAULL, R. E.; DUARTE, O. (Eds.). **Tropical Fruits (Crop Production Science in Horticulture)**. CABI Publishing, Wallingford, p. 153 – 184, 2010.
- PHAW, N.A.S.; AYE, S.M. Morphological and anatomical studies on *Persea americana* Miller. cultivars from Pyin Oo Lwin Area. **J. Myanmar Acad. Arts Sci.**, 2017.
- RASOOL, A.; MANSOOR, S.; BHAT, K.M.; HASSAN, G.I.; BABA, T.R.; ALYEMENI, M.N.; ALSAHLI, A.A.; EL-SEREHY, H.A.; PARAY, B.A.; AHMAD, P. Mechanisms underlying graft union formation and rootstock scion interaction in horticultural plants. **Front. Plant Sci.**, v. 11, 2020.
- REYES-SANTAMARÍA, I.; TERRAZAS, T.; BARRIENTOS-PRIEGO, A.F.; TREJO, C. Xylem conductivity and vulnerability in cultivars and races of avocado. **Sci. Hortic. (Amsterdam)**, v. 92, p. 97–105, 2002.
- SOARES, L.A.A., BRITO, M.E.B., FERNANDES, P.D., LIMA, G.S., FILHO, W.S.S., OLIVEIRA, E.S. Crescimento de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.**, v. 19, p. 211–217, 2015.
- SOUZA, J.A.C.; PRATES, G.C.; FERREIRA, J.T.; CASTRO, G.D.M.; SALOMÃO, L.C.C. Avocado: Is it possible to produce two seedlings with one seed? **Rev. Ceres**, v. 67, p. 152–155, 2020.
- TESFAY, S. Z.; BERTLING, I.; BOWER, J.P.; LOVATT, C. The quest for the function of ‘Hass’ avocado carbohydrates: clues from fruit and seed development as well as seed germination. **Australian Journal of Botany**, v. 60, n. 1, p. 79-86, 2012.
- TRIPATHI, P.C.; KARUNAKARAN, G. Standardization of time and method of propagation in avocado. **J. Appl. Hortic.**, v. 21, p. 67–69, 2019.
- VILLA-RODRÍGUEZ, J.A.; MOLINA-CORRAL, F.J.; AYALA-ZAVALA, J.F.; OLIVAS, G.I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of “Hass” avocado. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1231–1237, 2011.
- WULF, K.E.; REID, J.B.; FOO, E. What drives interspecies graft union success? Exploring the role of phylogenetic relatedness and stem anatomy. **Physiol. Plant.**, v. 170, p. 132 – 147, 2020.

Anexos

Anexo A. Autovetores referentes ao componentes principais formados para as variáveis nos dois anos experimentais. Cordeirópolis, São Paulo, Brasil, 2020/2021 e 2021/2022.

Variável	Autovetores			
	2020/2021		2021/2022	
	CP I	CP II	CP I	CP II
IVE	0,25	-0,11	0,58	0,09
H	0,11	0,15	0,33	-0,13
D	0,31	0,18	0,34	0,46
FIX90	-0,53	0,01	-0,11	-0,13
MSPA	0,03	0,27	-0,20	0,17
NF	-0,16	0,67	-0,16	0,15
AF	-0,11	0,59	-0,44	0,51
MSSR	0,05	0,10	-0,15	0,01
CTSR	0,22	0,08	-0,03	0,34
ASSR	0,31	0,16	-0,01	0,35
DMSR	0,45	0,03	0,36	0,26
VSR	0,39	0,11	0,05	0,35

Índice de velocidade de emergência (IVE), altura (H), diâmetro no colo (D), enxertos fixados aos 90 dias (FIX90), massa seca da parte aérea (MSPA), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca (MSSR), comprimento total (CTSR), área superficial (ASSR), diâmetro médio (DMSR) e volume (VSR) do sistema radicular.

CAPÍTULO 2. INFLUÊNCIA DE *Phytophthora cinnamomi* SOBRE DIFERENTES SEEDLINGS DE CULTIVARES COPA COMERCIAIS DE ABACATEIROS PARA USO COMO PORTA-ENXERTOS

Resumo

Podridão radicular, causada pelo patógeno *Phytophthora cinnamomi* Rands é considerada o principal fator que limita a produção de abacates em todo o mundo. No Brasil, por não haver legislação específica para produção e comercialização de mudas de abacateiros, os porta-enxertos utilizados são obtidos de sementes, de plantas não enxertadas (Francos) o que resulta em elevada variabilidade. O uso de sementes de cultivares copa, como 'Fortuna', 'Hass', 'Margarida' e 'Quintal' para a formação de porta-enxertos pode representar possível solução para esse problema, uma vez que a progênie destas cultivares pode apresentar resistência/tolerância ao patógeno. Para investigar essa possibilidade, o objetivo deste trabalho foi avaliar (i) a patogenicidade de diferentes isolados de *P. cinnamomi*, (ii) diferentes formas de inoculação do patógeno e (iii) o potencial uso de seedlings das principais cultivares comerciais copa como porta-enxertos. Para isso, foram realizados três experimentos no decorrer de dois anos consecutivos. Foram avaliados tamanho de lesão, danos causados ao sistema radicular e parte aérea e clorofila. Como resultado, todos os isolados avaliados mostraram-se patogênicos e a inoculação direta no sistema radicular garantiu maiores danos aos seedlings de abacateiros e redução do crescimento. Os seedlings das diferentes cultivares mostraram-se igualmente sensíveis ao patógeno, com exceção dos seedlings de 'Fortuna' que apresentaram desenvolvimento ligeiramente superior aos demais, mesmo na presença do patógeno.

Palavras-chave: Podridão radicular; resistência; tolerância, isolados, inoculação.

Abstract

Root rot, caused by the pathogen *Phytophthora cinnamomi* Rands, is considered the main limiting factor for avocado production worldwide. In Brazil, there is no specific legislation for the production and commercialization of avocado trees, so the rootstocks used come from seeds of non-grafted plants (Francos), leading to high variability. The use of seeds from scion cultivars such as 'Fortuna', 'Hass', 'Margarida' and 'Quintal' as rootstocks may be a possible solution to this problem, since the progeny of these cultivars could present resistance to the pathogen. To investigate this possibility, the aim of this study was to assess (i) the pathogenicity of different isolates of *P. cinnamomi*, (ii) different forms of inoculation of the pathogen and (iii) the potential use of seedlings of the main commercial canopy cultivars as rootstocks. To this end, three trials were carried out over two consecutive years. Lesion size, root system and shoot damage, and chlorophyll were assessed. As results, all isolates assessed proved to be pathogenic, while direct inoculation in the root system ensured greater damage to the avocado seedlings and reduced growth. The seedlings of the different cultivars proved to be equally susceptible to the pathogen, with the exception of the 'Fortuna' seedlings, which showed slightly greater development than the others, even in the presence of the pathogen.

Key words: Root rot; resistance; tolerance; isolates; inoculation.

1. Introdução

O Membro da família Lauraceae, o abacateiro (*Persea americana* Mill.) é uma espécie arbórea nativa da Meso-América (México, América Central e Guatemala) (KURBETLI et al., 2020; HENAO et al., 2017). Dentro da espécie é possível distinguir três diferentes raças, a mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*) (M), a guatemalense (*Persea americana* var. *guatemalensis*) (G) e a antilhana (ou West Indian) (*Persea americana* var. *americana*) (A/WI), cada uma com características e hábitos de crescimento e florescimento diferentes (PAULL; DUARTE, 2010).

O processo de hibridação entre as raças possibilitou que o cultivo do abacateiro fosse amplamente difundido, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais (KURBETLI et al., 2020; MENGE et al., 2012). Atualmente o México é o maior produtor mundial da fruta, com aproximadamente 2,3 milhões de toneladas equivalente a cerca de 30% do total mundial. O Brasil aparece na sétima posição, com cerca de 330 mil toneladas produzidas em 18 mil hectares, concentrados nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná (FAOSTAT, 2022; IBGE, 2022).

A doença mais importante que afeta os cultivos de abacateiros em todo mundo, em campo e também em viveiros, é a podridão radicular, causada pelo patógeno *Phytophthora cinnamomi* Rands (FISCHER et al., 2020), encontrado de forma natural nos solos e capaz de infectar uma grande quantidade de hospedeiros, desde espécies nativas até cultivos agrícolas. É reportado como um fator limitante à produção de abacates em diversos países (Austrália, Brasil, Estados Unidos, México e África do Sul) (ANDRADE-HOYOS et al., 2020; LONGMUIR et al., 2018; PLOETZ et al., 2002).

O patógeno é um oomiceto que ataca o sistema radicular do abacateiro, principalmente as radículas, causando necrose (SANCHÉZ-PÉREZ et al., 2009). Isso causa interrupção da absorção de água e nutrientes pela planta causando murcha, amarelecimento e abscisão foliar, redução do tamanho de frutos e produtividade (SILVA et al., 2016), com declínio progressivo que pode levar a morte da planta (SMITH et al., 2011).

Entre as formas de controle, prioriza-se o controle químico (HENAO et al., 2017; DANN et al., 2013), entretanto, seu uso indiscriminado pode levar a resistência do patógeno (DANN et al., 2013) e por isso o uso de práticas culturais como o gesso agrícola, culturas de cobertura (SILVA et al., 2016), mudas de qualidade (FISCHER et al., 2020) e porta-enxertos

resistentes (SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2019; CRANE et al., 2013; SMITH et al., 2011) é essencial.

O Brasil ainda não possui legislação estruturada para padronização, produção e comercialização de mudas de abacateiros (DORIZZOTTO; SANTORO, 2022). Utiliza porta-enxertos obtidos de sementes (SOUZA et al., 2020), que são extremamente heterozigotas (LAHAV e LAVI, 2013; ALBERTI et al., 2018) o que dificulta a preservação de qualquer característica genética, principalmente quando oriundas de plantas não enxertadas, também chamadas de pés-francos.

Alguns viveiros mais tecnificados da região Sudeste passaram a utilizar sementes de cultivares copa, como ‘Fortuna’, ‘Hass’, ‘Margarida’ e ‘Quintal’, para a formação de porta-enxertos, entretanto pouco se sabe sobre o desempenho destas plantas em viveiro e no campo. Segundo Ploetz et al. (2002) seedlings de cultivares híbridas das raças antilhana e guatemalense (A x G) apresentam quantidades consideráveis de indivíduos resistentes a *P. cinnamomi* quando comparado a progênes de outras hibridações e/ou raças puras.

Como as cultivares copas brasileiras são híbridas das raças antilhana e guatemalense (MARTINS et al., 2011), podem apresentar progênie com resistência/tolerância ao patógeno. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi entender se existem diferenças de patogenicidade dos isolados, entre as formas de inoculação do patógeno e o desenvolvimento dos diferentes porta-enxertos de abacateiro na presença do mesmo.

2 Material e Métodos

Os três experimentos descritos abaixo, foram realizados em viveiro telado pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’ (ESALQ/USP), em Piracicaba, São Paulo, Brasil (23°42’29”S, 47°37’45”O, 780 metros, clima Cwa).

2.1 Avaliação da patogenicidade de isolados de *Phytophthora cinnamomi* Rands

Para a avaliação da patogenicidade de *P. cinnamomi*, foram utilizados diferentes isolados oriundos de cultivos comerciais e viveiros de abacateiros do Estado de São Paulo pertencentes à micoteca "Dra. Victoria Rossetti", do Centro Apta Regional de Sorocaba (SP).

Os isolados disponíveis (Tabela 1) foram obtidos de plantas sintomáticas do solo da região de cultivo ou viveiro de produção de mudas. Tais isolados foram previamente caracterizados morfológicamente no Laboratório Regional de Sorocaba (LRS) da Agência

Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) e análises moleculares foram realizadas pelo Laboratório de Biologia Molecular da Estação de Recursos Genéticos “José Haroldo” (ERJOH) da CEPLAC em Marituba, Pará, Brasil.

Tabela 1. Isolados de *Phytophthora cinnamomi* provenientes da micoteca "Dra. Victoria Rossetti", do Centro Apta Regional de Sorocaba (SP) utilizados no teste de patogenicidade em seedlings de abacateiros ‘Hass’. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2019.

Isolado	Data de isolamento	Procedência	Município
LRS 05/12	02/2012	Viveiro comercial	Severínia – SP
LRS 06/12	02/2012	Viveiro comercial	Severínia – SP
LRS 01/11	08/2009	Pomar comercial	Bauru – SP
LRS 02/11	08/2009	Pomar comercial	Bauru – SP
LRS 14/11	03/2011	Pomar comercial	Limeira – SP
LRS 15/11	03/2011	Pomar comercial	Limeira – SP

Para este experimento, os isolados foram inoculados em caules de mudas obtidas de sementes de abacateiros ‘Hass’, por serem reconhecidas como suscetíveis ao patógeno (GIL et al., 2014; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2019a). Mudas não-enxertadas de 10 meses de idade foram cortadas a uma altura de 10 cm do solo e 3 meses após foi realizado o procedimento de inoculação no caule dos rebrotos.

Foi realizado um corte no caule de cada muda, com aproximadamente 2 mm de profundidade, no qual foi inserido um disco de ágar de 6 mm de diâmetro contendo micélio de cada isolado de *P. cinnamomi*, o qual foi recoberto com algodão umedecido e parafilme a fim de fixar o disco e evitar sua desidratação (HENAO et al., 2017).

Após a inoculação, com o auxílio de uma régua graduada em milímetros, foram realizadas avaliações de comprimento das lesões causadas pelo patógeno, acima e abaixo da inoculação. Estas foram realizadas diariamente, durante o período de 14 dias, após o aparecimento dos sintomas. Com base nos valores obtidos de comprimento das lesões, foi calculada a área abaixo da curva de progressão da doença (AACPD), segundo a fórmula (Madden et al., 2007):

$$AACPD = \sum_{j=1}^{N_j-1} \left(\frac{y_j + y_{j+1}}{2} \right) (t_{j+1} + t_j)$$

Onde Y_j é a leitura realizada (Y) para cada tempo (j) e N_j é o número total de leituras realizadas no tempo.

O delineamento experimental utilizado neste experimento foi o inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos (isolados) e quatro repetições de uma planta cada, totalizando 24 plantas em avaliação.

2.2 Resposta de seedlings de abacateiros utilizados como porta-enxertos à diferentes isolados e formas de inoculação

Para este experimento, sementes de abacateiros ‘Hass’ foram extraídas de frutos de pomares comerciais de polinização aberta e pré-geminadas em recipientes de isopor contendo areia de textura média. Após a sua emergência, os seedlings foram transplantados para vasos plásticos (5L) contendo o substrato comercial Tropstrato[®] HT Hortaliças (Vidaverde). A areia, assim como o substrato a base de casca de pinus, foram autoclavados a 121°C (ZAUZA et al., 2007) por 30 minutos.

Quando os porta-enxertos atingiram 4 meses de idade foram submetidos ao processo de inoculação com o patógeno *P. cinnamomi* de duas formas: no caule, do mesmo modo que o relatado no experimento anterior, e no sistema radicular utilizando sementes de trigo colonizada com micélio dos isolados de maior atividade patogênica identificados no primeiro experimento (LRS 06/12 e LRS 14/11).

Para o preparo do inóculo, os isolados foram cultivados em placas de Petri (9 mm) contendo meio V8 e incubadas à 25°C com regime de 12h de luz seguido de 12h de escuro. O inóculo foi preparado adicionando volumes iguais de sementes de trigo com água destilada e autoclavando a mistura duas vezes, a 121°C por 30 minutos. Sacolas individuais contendo 200g das sementes autoclavadas de trigo receberam 15 discos de micélio dos isolados testados e foram incubadas nas mesmas condições por 28 dias. Durante este período, as sacolas foram agitadas a cada 3 a 5 dias a fim de homogeneizar o crescimento do micélio (FISCHER et al., 2020).

Para a inoculação dos seedlings, cada vaso recebeu 1% massa/volume (m/v) de sementes de trigo colonizado. Estes foram distribuídos igualmente ao redor da planta em quatro orifícios de aproximadamente 8 cm de profundidade. Após finalizada a inoculação, os vasos foram saturados e envoltos com sacolas plásticas e alocados sobre bandejas, a fim de manter as plantas sob condição de encharcamento por 72 horas, para favorecer o processo de infecção (SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2019a).

No dia anterior a inoculação, e aos 30 e 60 dias após, foram realizadas medições de altura e diâmetro do caule no colo da planta. Durante os primeiros 14 dias após a inoculação foi

avaliado o índice de clorofila com auxílio de um medidor eletrônico Clorofilog (modelo CFL1030, Falker) em folha completamente madura e expandida a cada 2 dias.

Após 60 dias da inoculação foram realizadas as análises finais e as plantas seguiram para análise destrutiva, onde foi mensurado o número de folhas (NF) área foliar (AF, cm²), a massa fresca e seca (em gramas) do sistema radicular (MFSR e MSSR) e da parte aérea (MFPA e MSPA).

Para as avaliações de altura e diâmetro foram utilizados régua milimetrada e paquímetro digital (Zass[®] Precision). A massa fresca e seca foi obtida por pesagem em balança de precisão (Ohaus[®] Explorer), sendo a massa seca avaliada após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. A área foliar foi mensurada com auxílio do medidor de área foliar LICOR[®], modelo LI-3100.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado no esquema fatorial 3 x 2, com três isolados (LRS 06/12, LRS 14/11 e controle não inoculado) e duas formas de inoculação (na raiz e no caule). Cada parcela experimental teve quatro repetições com duas plantas cada, totalizando 48 plantas em avaliação. Esse experimento foi conduzido nos anos 2020/2021 e 2021/2022.

2.3 Resposta dos seedlings de cultivares comerciais brasileiras à *Phytophthora cinnamomi* Rands. quando utilizados como porta-enxertos

Neste experimento, sementes das cultivares comerciais copa ‘Fortuna’, ‘Hass’, ‘Margarida’ e ‘Quintal’ foram obtidas de pomares comerciais do município de Piraju (SP), enquanto as sementes de ‘Franco’ foram obtidas de plantas do município de Cordeirópolis (SP). Todas as sementes foram pré-germinadas, transplantadas e inoculadas com sementes de trigo colonizado com *P. cinnamomi* seguindo a mesma metodologia descrita anteriormente no segundo experimento, utilizando apenas o isolado LRS 06/12. Além do encharcamento inicial de 72 horas, os seedlings foram submetidos a outros dois períodos de encharcamento de mesma duração, aos 30 e 45 dias após a inoculação.

As medições de altura, diâmetro do caule no colo da planta foram realizadas com auxílio de régua milimetrada e paquímetro digital (Zass[®] Precision) e o teor de clorofila (A, B e total) utilizando o medidor eletrônico Clorofilog (modelo CFL1030, Falker). As mensurações foram realizadas igualmente ao experimento anterior.

Ao final do período experimental, 60 dias após a inoculação, procedeu-se as análises destrutivas onde foram mensurados o número de folhas (NF), a área foliar (AF, cm²), a massa

fresca e seca (em gramas) do sistema radicular (MFSR e MSSR) e da parte aérea (MFPA e MSPA). Além disso, outras variáveis do sistema radicular como comprimento total (CTSR, cm), diâmetro médio (DMSR, cm), área superficial (ASSR, cm²) e volume (VSR, cm³) também foram avaliadas. A área foliar foi mensurada com auxílio do integrador de área foliar LICOR[®], modelo LI-3100 e o sistema radicular avaliado por meio de digitalização de imagem em scanner Epson[®] (modelo XL10000) e uso do software WinRhizo[®] (Regent Instruments Inc., 2013).

O delineamento estatístico utilizado neste experimento foi o de blocos casualizados (DBC) no esquema fatorial 2 x 5, com cinco porta-enxertos (cultivares), duas formas de inoculação (inoculado e controle) e quatro repetições (blocos) com 3 plantas em cada parcela experimental, totalizando 120 plantas em avaliação. Esse experimento também foi conduzido nos anos 2020/2021 e 2021/2022.

2.4 Análise dos resultados

Os dados obtidos em todos os experimentos foram analisados através do software SAS[®], onde foram realizados testes para adequação das pressuposições da análise da variância (ANOVA) e por fim comparação de médias pelo teste de Tukey, considerado um nível de 5% de significância.

3 Resultados e Discussão

3.1 Avaliação da patogenicidade de isolados de *Phytophthora cinnamomi* Rands

Os seis isolados de *P. cinnamomi* avaliados causaram sintomas típicos da doença nos caules de abacateiros ‘Hass’. Apesar de não terem sido observadas diferenças estatísticas significativas entre as médias, os isolados que apresentaram os maiores valores de comprimento da lesão foram o LRS 14/11, o LRS 05/12 e o LRS 06/12 (Tabela 1). Após 17 dias da inoculação com o disco de micélio destes isolados, os caules dos abacateiros apresentavam lesões médias de 6,4, 6,1 e 5,7 centímetros, respectivamente, assim como os maiores valores numéricos para a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

Os valores referentes ao tamanho da lesão e AACPD são similares aos observados por Fischer et al. (2020) que utilizaram os mesmos isolados do patógeno, porém em caule de seedlings de ‘Margarida’ Para esses autores, o isolado LRS 05/12 apresentou lesões médias de 3,4 cm, enquanto neste trabalho o mesmo isolado apresentou comprimento médio de lesão de 6,3 cm. O contrário foi observado para o isolado LRS 15/11, que neste trabalho apresentou

lesões pequenas, de 2,9 cm, e para os mesmo autores, lesões maiores, com 5,2 cm. Já o trabalho de Kurbetli et al. (2020) verificou lesões de menor tamanho, de 3 cm em média, na cultivar ‘Topa-Topa’ inoculada com isolados locais de *P. cinnamomi*, o que mostra a ocorrência de variações entre o efeito dos isolados, condições ambientais ou ainda duração do período experimental.

Tabela 1. Comprimento da lesão (cm) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) causada por *Phytophthora cinnamomi* em caules de abacateiros. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2019.

Isolados	Dias após a inoculação							AACPD*
	4	6*	9	11*	13*	15*	17*	
LRS 01/11	3,56	3,65	3,98	4,20	4,28	4,28	4,30	59,53
LRS 02/11	3,66	3,28	3,35	3,43	3,50	3,68	3,68	49,70
LRS 05/12	5,12	5,58	5,73	5,91	6,03	6,13	6,13	85,88
LRS 06/12	5,02	5,40	5,65	5,68	5,70	5,70	5,70	82,59
LRS 14/11	5,36	5,85	6,10	6,28	6,30	6,35	6,38	90,18
LRS 15/11	2,26	2,47	2,57	2,83	2,87	2,87	2,93	34,47
Média	4,16	4,37	4,56	4,72	4,78	4,83	4,85	67,06
CV (%)	32,08	60,02	35,79	54,73	54,28	50,18	49,80	10,41
P-valor	0,06	0,15	0,05	0,22	0,24	0,30	0,05	0,05

CV: Coeficiente de variação. *Dados transformados pela equação $f(x) = \log(x)$.

A inexistência de diferenças significativas entre os isolados, também confirmado por outros autores (FISCHER et al., 2020), permitiu a escolha dos isolados LRS 14/11 e LRS 06/12 para os experimentos subsequentes, devido ao fato de que tais isolados causaram as maiores lesões nos caules dos abacateiros.

3.2 Resposta de seedlings de abacateiros utilizados como porta-enxertos à diferentes isolados e formas de inoculação

No primeiro ano (2020/2021), não foram verificadas diferenças estatísticas significativas para as variáveis número de folhas e área foliar, nem para os valores de massa seca do sistema radicular e parte aérea. Entretanto, para a variação no crescimento da planta, foi possível observar diferenças estatísticas significativas para a altura da planta, mas não para o diâmetro do caule (Tabela 2).

Em geral, os seedlings de ‘Hass’ inoculados no sistema radicular apresentaram uma variação de altura 12,8% inferior aos inoculados no caule, o que indica maior ação do patógeno sobre o crescimento da planta quando inoculado diretamente no sistema radicular. Isso acontece pois o estresse combinado da inoculação com o período de encharcamento age de forma sinérgica sobre os seedlings (RAMÍREZ-GIL et al., 2020), já que o encharcamento intensifica a severidade da doença (REEKSTING et al., 2014).

Além disso, o abacateiro é uma espécie sensível ao encharcamento (REEKSTING et al., 2014) e suas radículas são sensíveis à condições anaeróbicas (SCHAFFER et al., 2013). Apesar da redução significativa da altura das plantas inoculadas no sistema radicular para ambos os isolados (LRS 14/11 e LRS 06/12) quando comparadas às plantas controle (não inoculadas) e também das plantas inoculadas no caule, essa ação sinérgica não foi muito evidente no primeiro ano experimental. Também não foram observadas diferenças para os diferentes isolados utilizados.

Outro ponto importante a ser destacado é que a infestação com o patógeno *P. cinnamomi* em abacateiros leva ao fechamento estomático, que, conseqüentemente, reduz a condutância estomática, a assimilação de CO₂ e a taxa fotossintética da planta (PLOETZ e SCHAFFER, 1989). Essa redução da taxa fotossintética influencia diretamente nas quantidades de reservas energéticas dos seedlings, prejudicando o seu desenvolvimento, como observado neste trabalho.

Tabela 2. Número de folhas, área foliar (cm²), massa seca do sistema radicular e parte aérea, variação de altura e diâmetro de porta-enxertos oriundos de sementes de ‘Hass’ após 60 dias da inoculação no sistema radicular e no caule por dois isolados de *P. cinnamomi* e controle. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2020/2021.

Isolado	Número de folhas			Área foliar (cm ²)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	Raiz	Caule		Raiz	Caule	
Controle	39,38	37,63	38,5	3.847,74	3.509,64	3.678,89
LRS 06/12	33,13	34,71	33,87	2.856,19	3.141,66	2.998,92
LRS 14/11	33,50	35,88	34,69	3.414,64	3.401,07	3.407,85
Média	35,33	36,13	35,72	3.372,86	3.350,79	3.361,82
P-valor	0,16			0,13		
CV	14,86			21,17		
Isolado	Massa seca sistema radicular			Massa seca parte aérea		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	Raiz	Caule		Raiz	Caule	
Controle	12,36	13,95	13,15	44,38	42,6	43,49
LRS 06/12	10,10	13,77	11,93	36,67	41,04	38,85
LRS 14/11	9,28	13,32	11,30	36,78	39,33	38,06
Média	10,58	13,68	12,13	39,28	40,99	40,05
P-valor	0,17			0,51		
CV	36,35			23,22		
Isolado	Variação altura (cm)			Variação diâmetro (mm)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	Raiz	Caule		Raiz	Caule	
Controle	58,25 Aa	57,40 Aa	57,82 A	4,69	4,28	4,48
LRS 06/12	39,62 Bb	51,28 Aa	45,45 B	4,19	4,61	4,40
LRS 14/11	40,97 Bb	50,62 Aa	45,80 B	4,10	4,83	4,48
Média	46,28 b	53,10 a	49,69	4,33	4,58	4,46
P-valor	0,0002			0,35		
CV	18,1			18,36		

Médias seguidas de letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

No decorrer do período experimental, foi possível observar uma tendência de crescimento do valor de clorofila total nas folhas (Figura 1) e redução da relação clorofila a/b (Figura 2). Diferenças estatísticas significativas entre os fatores testados foram observadas aos 28 e 63 dias após a inoculação (D28 e D63) para clorofila total e aos 28 dias para a relação entre as clorofilas a/b.

Para a clorofila total, a diferença foi significativa para os isolados utilizados (Anexo A), onde o isolado LRS 06/12 apresentou índices de clorofila total menores que o isolado LRS 14/11 e o controle, tanto para inoculação no caule quanto no sistema radicular. Menores valores de clorofila total estão diretamente associados ao amarelecimento das folhas de abacateiro, um dos principais sintomas da podridão radicular de *Phytophthora* (PLOETZ, 2013) ou ainda de excesso de água, conforme relatado por Cantuarias-Avilés et al. (2019).

Aos 28 dias após a inoculação, foram observadas diferenças significativas entre os isolados para a relação clorofila a/b. Ao final do período experimental também foram observadas diferenças, entretanto, o fator determinante foi a forma de inoculação, onde a inoculação no sistema radicular ocasionou maior redução nessa relação.

O declínio da relação clorofila a/b ocorreu pela redução dos valores de clorofila a, mas principalmente pelo aumento dos valores da clorofila b. Esse mesmo processo foi observado por outros autores que o consideram como o principal causador da redução da eficiência fotossintética de plantas de *Elaeis guineensis* (Dendezeiro) inoculadas com *P. cinnamomi* (MORENO-CHACÓN et al., 2013).

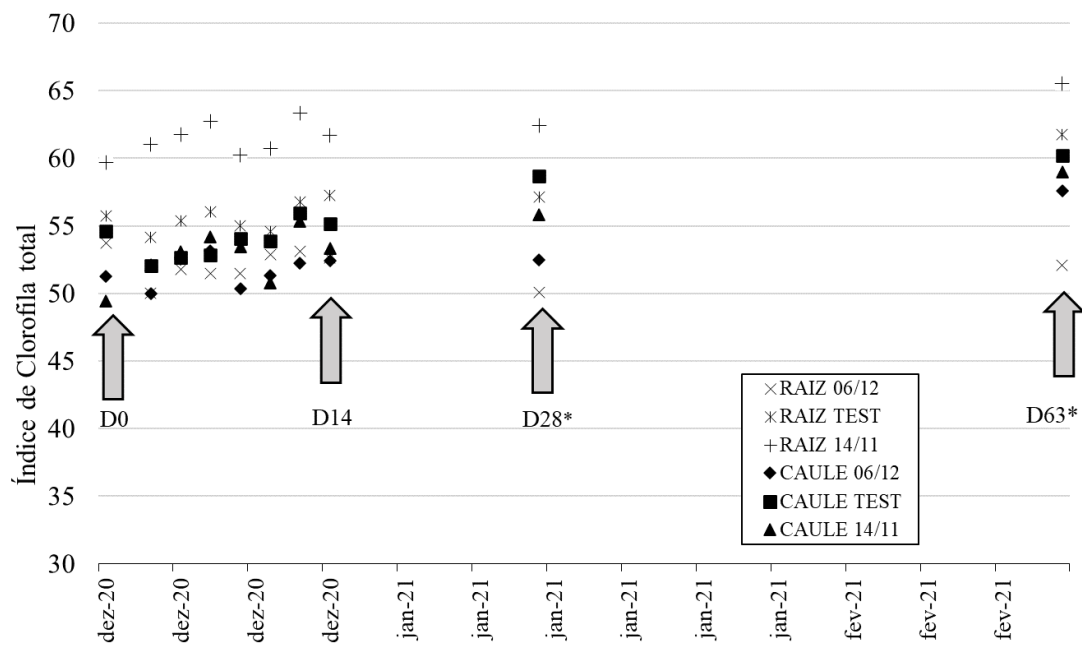


Figura 1. Índice de Clorofila Total Falker avaliado em folhas de porta-enxertos oriundos de sementes de ‘Hass’ antes e semanalmente após a inoculação no caule e sistema radicular com diferentes isolados de *P. cinnamomi*. *Diferenças significativas entre as médias observadas. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2020/2021.

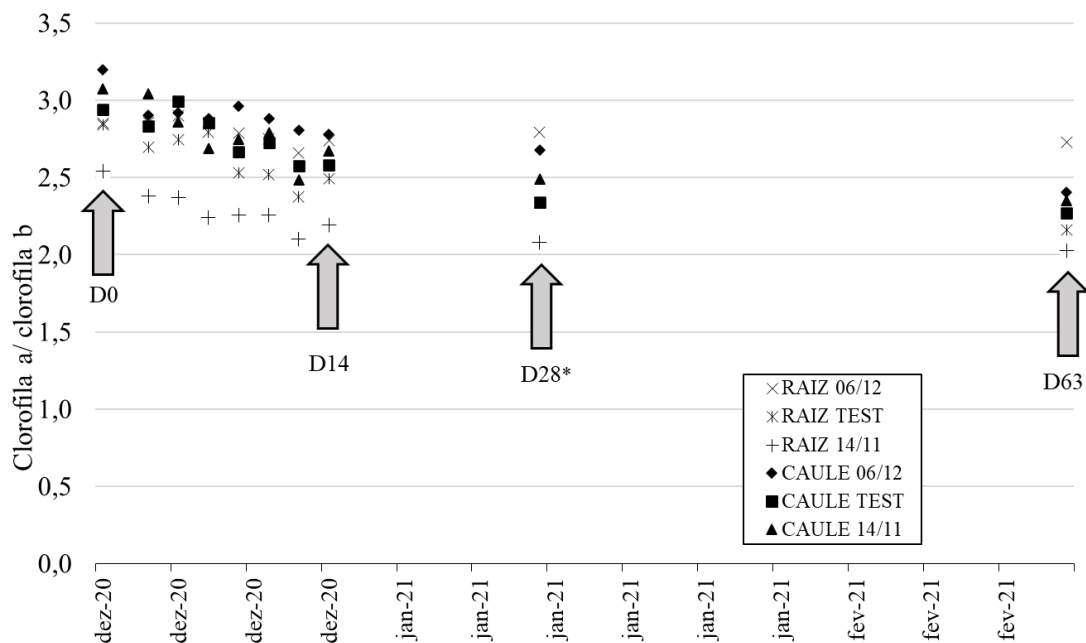


Figura 2. Relação clorofila a/b avaliado em folhas de porta-enxertos oriundos de sementes de ‘Hass’ antes e semanalmente após a inoculação no caule e sistema radicular com diferentes isolados de *P. cinnamomi*. *Diferenças significativas entre as médias observadas. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2020/2021.

No segundo ano (2021/2022), foram observadas mais diferenças estatísticas significativas para as variáveis estudadas do que no primeiro ano. As variáveis massa seca do sistema radicular, variação da altura e do diâmetro do caule apresentaram diferenças estatísticas significativas para o fator forma de inoculação, onde as médias observadas para a inoculação no sistema radicular foram inferiores à inoculação no caule (Tabela 3). Já para o número de folhas (NF) foram observadas diferenças estatísticas entre os isolados (e controle) enquanto a área foliar e massa seca da parte aérea não apresentaram diferenças significativas (Tabela 3).

Os seedlings de 'Hass' inoculados no sistema radicular apresentaram redução de 24,5 e 23,8% para as variáveis altura e diâmetro quando comparados aos seedlings inoculados no caule. Esta redução da altura foi duas vezes maior a observada no primeiro ano, o que evidencia maior influência do patógeno quando inoculado diretamente no sistema radicular.

No entanto, a ausência de diferenças estatísticas significativas entre os isolados e o controle, reforça a importância e os efeitos negativos causados pelo encharcamento no sistema radicular nas plantas de abacateiro não inoculadas (SCHAFFER et al., 2013; REEKSTING et al., 2014).

Apesar da complexidade do assunto, alguns estudos identificaram que as condições de encharcamento afetam a expressão de genes relacionados com os sistemas de defesa dos abacateiros, o que explica a maior suscetibilidade das plantas ao patógeno quando em regime de encharcamento (REEKSTING et al., 2016). Outros autores também verificaram sintomas típicos de *Phytophthora*, como murcha, em plantas encharcadas mas não inoculadas com o patógeno (REEKSTING et al., 2014). Apesar dos danos que o encharcamento pode causar mesmo na ausência do patógeno, este é necessário para a avaliação experimental, uma vez que promove a liberação e movimentação dos zoósporos (PLOETZ, 2013).

Tabela 3. Número de folhas, área foliar (cm²), massa seca do sistema radicular e parte aérea, variação de altura e diâmetro de porta-enxertos oriundos de sementes de ‘Hass’ após 60 dias da inoculação no sistema radicular e no caule por dois isolados de *P. cinnamomi* e controle. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2021/2022.

Isolado	Número de folhas			Área foliar (cm ²)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	Raiz	Caule		Raiz	Caule	
Controle	27,57	27,35	27,47 AB	2.300,11	2.187,40	2.243,76
LRS 06/12	29,12	21,87	25,50 B	2.322,33	1.713,48	2.017,91
LRS 14/11	31,00	29,37	30,18 A	2.466,89	1.713,48	2.107,18
Média	29,23	26,21	27,72	2.363,11	1.882,78	2.199,17
P-valor	0,02			0,27		
CV	18,82			36,76		
Isolado	Massa seca sistema radicular			Massa seca parte aérea		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	Raiz	Caule		Raiz	Caule	
Controle	3,85	6,41	5,22	22,95	22,24	22,58
LRS 06/12	3,62	5,08	4,36	25	18,39	21,7
LRS 14/11	3,31	5,76	4,54	24,5	17,54	21,02
Média	3,59 b	5,75 a	4,69	24,2	19,4	21,75
P-valor	0,004			0,1		
CV	37,38			28,92		
Isolado	Variação altura (cm)			Variação diâmetro (mm)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	Raiz	Caule		Raiz	Caule	
Controle	29,3	37,51	33,17	2,86	3,75	3,28
LRS 06/12	24,9	41,40	36,4	2,47	3,35	2,92
LRS 14/11	28,1	38,68	33,39	2,91	3,73	3,32
Média	29,63 b	39,27 a	34,35	2,75 b	3,61 a	3,17
P-valor	0,012			0,0082		
CV	24,79			23,74		

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas, e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

No que diz respeito ao índice de clorofila total e a relação clorofila a/b, as tendências observadas foram as mesmas do primeiro ano experimental, onde o índice de clorofila total aumentou e sua relação diminuiu (Figuras 3 e 4). Novamente, o aumento da clorofila total foi majoritariamente devido ao aumento dos valores da clorofila b. Valores da relação clorofila a/b baixos foram observados em folhas de abacateiros adaptados à sombra, considerados mais

eficientes para captura de luz, porém menos eficientes para assimilação de CO₂ (REED et al., 2012).

Variações do índice de clorofila e na relação entre as clorofilas a/b foram considerados como bons indicadores da baixa assimilação de carboidratos e nitrogênio devido à translocação ineficiente de nutrientes (RASOOL et al., 2020) bem como a ocorrência de estresses, como metais pesados (ÖNCEL et al., 2000) e salinidade (RIBEIRO et al., 2020) e no caso deste trabalho, o estresse biótico com o patógeno e o encharcamento.

Com base nos resultados obtidos nestes dois anos, para o experimento subsequente, optou-se por realizar o processo de inoculação de *P. cinnamomi* utilizando o isolado LRS 06/12 diretamente no sistema radicular, para facilitar o aparecimento de sintomas.

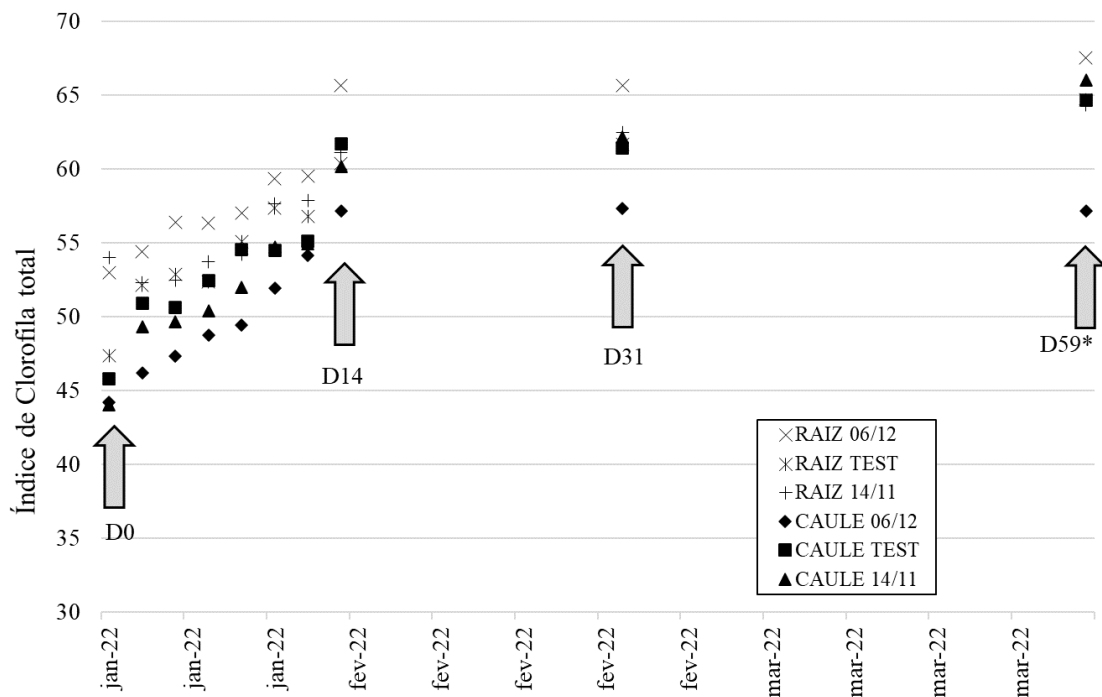


Figura 3. Índice de Clorofila Total Falker avaliado em folhas de porta-enxertos oriundos de sementes de 'Hass' antes e semanalmente após a inoculação no caule com diferentes isolados de *P. cinnamomi*. *Diferenças significativas entre as médias observadas. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2021/2022.

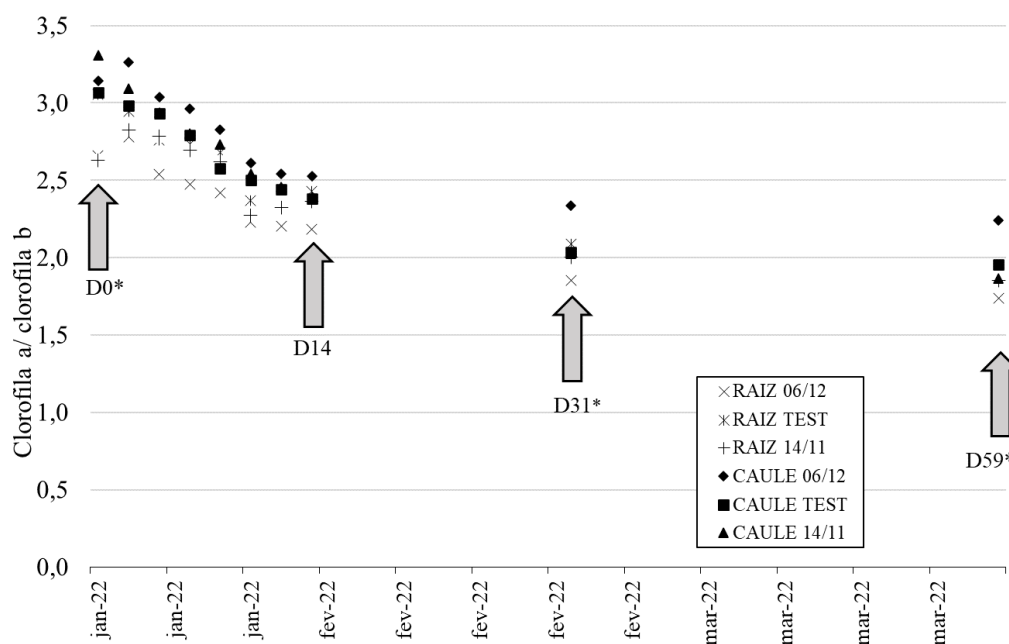


Figura 4. Relação clorofila a/b avaliada em folhas de porta-enxertos oriundos de sementes de ‘Hass’ antes e semanalmente após a inoculação no caule e sistema radicular com diferentes isolados de *P. cinnamomi*. *Diferenças significativas entre as médias observadas. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2021/2022.

3.3 Resposta dos seedlings de cultivares comerciais brasileiras à *Phytophthora cinnamomi* Rands. quando utilizados como porta-enxertos

Ao final do primeiro ano experimental (2020/2021), todas as variáveis estudadas apresentaram diferenças estatísticas significativas para os fatores testados (inoculação e cultivares), o que não ocorreu para a interação entre eles.

Foram evidentes os efeitos negativos causados pela presença do patógeno nos porta-enxertos de abacateiros avaliados (Tabela 4). Reduções de 41,57 para 34,47 folhas (17%) e de 4.629,48 para 3.027,91 cm² (34,6%), foram observadas, respectivamente, para as variáveis número de folhas e área foliar entre as plantas inoculadas e não inoculadas.

Os valores de massa seca, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, foram reduzidos em cerca de 40% devido à presença do patógeno. Os porta-enxertos oriundos de sementes de ‘Fortuna’ foram os que apresentaram as maiores médias de massa seca do sistema radicular, 12,85 g, mostrando-se superior aos seedlings de ‘Quintal’, com 9,53 g.

A variação em altura dos porta-enxertos foi a variável mais afetada, apresentando uma redução de 56% em relação às plantas controle. Porta-enxertos oriundos de sementes de ‘Quintal’ foram os que apresentaram menor crescimento em altura quando comparados aos

demais, diferindo estatisticamente dos porta-enxertos oriundos de sementes de ‘Hass’ e de ‘Franco’.

Os resultados observados neste trabalho corroboram com os observados por Fischer et al. (2020) que, trabalhando com porta-enxertos ‘Margarida’ e ‘Hass’, verificaram reduções similares para os valores de massa seca da parte aérea e sistema radicular, e reduções ainda maiores no que diz respeito à variação da altura das plantas, de 60 a 70%. Outros autores também observaram a redução da massa total e do sistema radicular de plantas de abacateiros na presença do patógeno (MESSENGER et al., 2007).

Ao analisar as variáveis relacionadas ao sistema radicular, as diferenças entre as plantas submetidas à inoculação e o controle ficaram ainda mais evidentes, sendo as inoculadas de 40 a 60% inferiores ao controle dependendo do parâmetro observado.

Entre os porta-enxertos avaliados, foi possível observar uma tendência, aqueles oriundos de sementes de ‘Fortuna’ foram os que apresentaram valores significativamente superiores em relação a maioria dos porta-enxertos avaliados. Apesar da interação entre os fatores não ter sido significativa, os parâmetros do sistema radicular dos porta-enxertos ‘Fortuna’ foram superiores aos demais mesmo na presença do patógeno, chegando à 30% no que diz respeito ao volume do sistema radicular (Tabela 5).

Tabela 4. Área foliar (AF), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA) e sistema radicular (MSSR), variação da altura e diâmetro de porta-enxertos oriundos de sementes de diferentes cultivares após 60 dias da inoculação com *P. cinnamomi* e o controle não inoculado. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2020/2021.

Porta-enxerto	AF (cm ²)			NF		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	+	Controle		+	Controle	
Fortuna	3.127,01	4.726,91	3.926,96 ab	33,17	40,25	36,71 b
Franco	3.205,22	4.832,61	4.018,91 ab	37,17	44,17	40,67 a
Hass	3.388,67	5.266,77	4.327,72 a	37,17	42,08	39,63 ab
Margarida	2.766,87	4.306,59	3.536,73 b	32,33	41,25	36,79 b
Quintal	2.651,79	4.014,54	3.333,16 b	31,10	40,08	31,59 b
Média	3.027,91 B	4.629,48 A	3.828,70	34,47 B	41,57 A	38,08
P-valor	<0,0001			<0,0001		
CV	22,86			12,38		
Porta-enxerto	MSPA (g)			MSSR (g)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	+	Controle		+	Controle	
Fortuna	40,10	63,70	51,39	9,63	16,06	12,85 a
Franco	40,68	65,86	53,27	8,98	14,94	11,96 ab
Hass	45,12	64,41	54,76	7,74	13,38	10,59 ab
Margarida	35,89	63,62	49,75	7,10	12,06	11,07 ab
Quintal	32,48	63,77	47,45	7,11	11,96	9,53 b
Média	38,86 B	64,29 A	51,36	8,11 B	14,28 A	11,19
P-valor	<0,0001			<0,0001		
CV	23,78			35,23		
Porta-enxerto	Variação altura (cm)			Variação diâmetro (mm)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	+	Controle		+	Controle	
Fortuna	23,36	42,52	32,94 bc	3,44	4,60	4,02 b
Franco	26,29	47,87	37,08 ab	3,93	4,68	4,30 ab
Hass	29,89	59,08	44,48 a	4,30	5,28	4,79 a
Margarida	19,54	47,13	33,34 bc	3,03	5,03	3,99 b
Quintal	16,89	36,47	26,26 c	2,89	4,81	3,85 b
Média	23,20 B	46,78 A	34,89	3,52 B	4,88 A	4,19
P-valor	<0,0001			<0,0001		
CV	28,47			21,43		

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas, e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 5. Volume (VSR), comprimento total (CTSR), área superficial (ASSR) e diâmetro médio (DMSR) do sistema radicular de porta-enxertos oriundos de sementes de diferentes cultivares após 60 dias da inoculação com *P. cinnamomi* e o controle não inoculado. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2020/2021.

Porta-enxerto	CTSR (cm)			VSR (cm ³)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	+	Controle		+	Controle	
Fortuna	5.129,86	9.079,40	7.104,80 a	52,00	94,03	73,01 a
Franco	2.585,04	7.027,99	4.806,52 b	34,54	67,36	50,95 b
Hass	2.916,20	7.587,02	5.103,11 ab	26,64	64,04	45,34 b
Margarida	2.373,17	7.382,33	4.877,75 b	24,85	67,40	46,12 b
Quintal	2.441,93	6.336,63	4.389,28 b	28,41	64,67	46,54 b
Média	3.029,84 B	7.482,74 A	5.256,29	33,29 B	71,50 A	52,39
P-valor	<0,0001			<0,0001		
CV	50,09			48,99		
Porta-enxerto	ASSR (cm ²)			DMSR (cm)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	+	Controle		+	Controle	
Fortuna	1.814,64	3.250,07	2.532,36 a	1,70	3,03	2,37 a
Franco	1.053,92	2.429,81	1.741,87 b	1,55	2,39	1,97 ab
Hass	932,4	2.463,69	1.698,05 b	1,16	2,31	1,73 ab
Margarida	857,51	2.488,28	1.672,89 b	1,15	2,26	1,70 ab
Quintal	926,36	2.245,82	1.586,09 b	1,27	2,09	1,68 b
Média	1.116,96 B	2.575,53 A	1.846,25	1,37 B	2,42 A	1,89
P-valor	<0,0001			<0,0001		
CV	48,59			45,27		

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas, e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os valores superiores das variáveis do sistema radicular dos seedlings de ‘Fortuna’ podem indicar maior vigor e crescimento de raízes. Sabe-se que, a capacidade regenerativa de raízes é um dos principais mecanismos de defesa dos abacateiros contra a *P. cinnamomi* (SÁNCHEZ-PEREZ et al., 2009; VAN DER BERG et al., 2021).

Entretanto, além da resistência à este patógeno ser poligênica (DOUHAN et al., 2011, VIOLI et al., 2006) a capacidade regenerativa por si só não significa boa performance em áreas de elevada infestação do mesmo. Outros mecanismos de defesa, como diferentes níveis de atratividade de zoósporos, deposição de barreiras (caloses e tiloses) e a ativação de rotas

bioquímicas de defesa em resposta ao processo de infecção são de extrema importância (NIELSEN, 2016).

Sabe-se que a seleção de porta-enxertos resistentes à patógenos não exclui a sensibilidade dos mesmos à outros fatores, como é o caso do ‘Duke 7’, que apesar de apresentar resistência a *Phytophthora*, é sensível a condições de encharcamento. E por este motivo, é necessário realizar a seleção de genótipos que contemplem resistência/tolerância a diferentes estresses combinados (RAMÍREZ-GIL et al., 2020).

Genótipos da raça Antilhana (A/WI) são frequentemente associados à melhor adaptabilidade à elevada umidade (encharcamento) e menores danos ocasionados pelo patógeno *P. cinnamomi* (FISCHER et al., 2020; RAMÍREZ-GIL et al., 2020). Os seedlings de cultivares copa brasileiras utilizados neste trabalho (‘Fortuna’, ‘Margarida’ e ‘Quintal’) são oriundos da hibridação entre os genótipos Antilhano (A/WI) e Guatemalense (G) e portanto, era esperado um maior grau de similaridade entre estes genótipos, principalmente quando comparados com os seedlings da cultivar ‘Hass’.

O ‘Hass’ trata-se de uma cultivar híbrida dos genótipos Mexicano (M) e Guatemalense (G) (RAMÍREZ-GIL et al., 2020) que devido à baixa expressão de genes da raça mexicana acaba sendo filogeneticamente associado à raça guatemalense (BERGH; ELLSTRAND, 1986; MARTINS et al., 2011). Na literatura científica, os relatos sobre os níveis de suscetibilidade da cultivar ‘Hass’ quando utilizada como porta-enxertos são controversos. Muitos autores consideram os seedlings dessa cultivar como suscetíveis ao patógeno (GIL et al., 2014; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2019; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2019b) entretanto, outros afirmam que quando multiplicados de forma vegetativa mantêm-se saudáveis em solos infestados pelo patógeno (SMITH et al., 2011), que não é o caso deste trabalho.

A melhor resposta dos seedlings de ‘Fortuna’ em relação aos demais quando na presença do patógeno, evidencia a complexidade do assunto, que pode ser explicada em parte pela elevada variabilidade genética presente nas sementes (LAHAV; LAVI, 2013).

Ao observarmos os índices de clorofila total nas plantas inoculadas e não inoculadas foi verificada uma redução dos teores de clorofila para todos os seedlings avaliados (Figuras 5A e 5B). Essas diferenças foram significativas apenas aos 60 dias após a inoculação para o fator inoculação, para a comparação dos seedlings inoculados e o controle (Anexo B).

Assim como reportado no experimento de patogenicidade, a redução dos teores de clorofila das folhas de abacateiros indica o amarelecimento das mesmas. Este mesmo processo de redução do teor de clorofila foi observado em abacateiros que estavam sob condições de

excedente hídrico (CANTUARIAS-AVILÉS et al., 2019). Vale ressaltar que neste trabalho, os seedlings foram submetidos a 3 ciclos de encharcamento e isso poderia explicar a redução observada mesmo nas plantas controle.

Para a relação entre os índices de clorofila a/b os seedlings inoculados apresentaram pouca variação na relação (Figura 5D). Foi observado um declínio e posterior aumento dos valores, principalmente para os seedlings não inoculados (controle) (Figura 5C). Aos 60 dias após a inoculação, essas diferenças foram estatisticamente significativas para o fator inoculação (Anexo B).

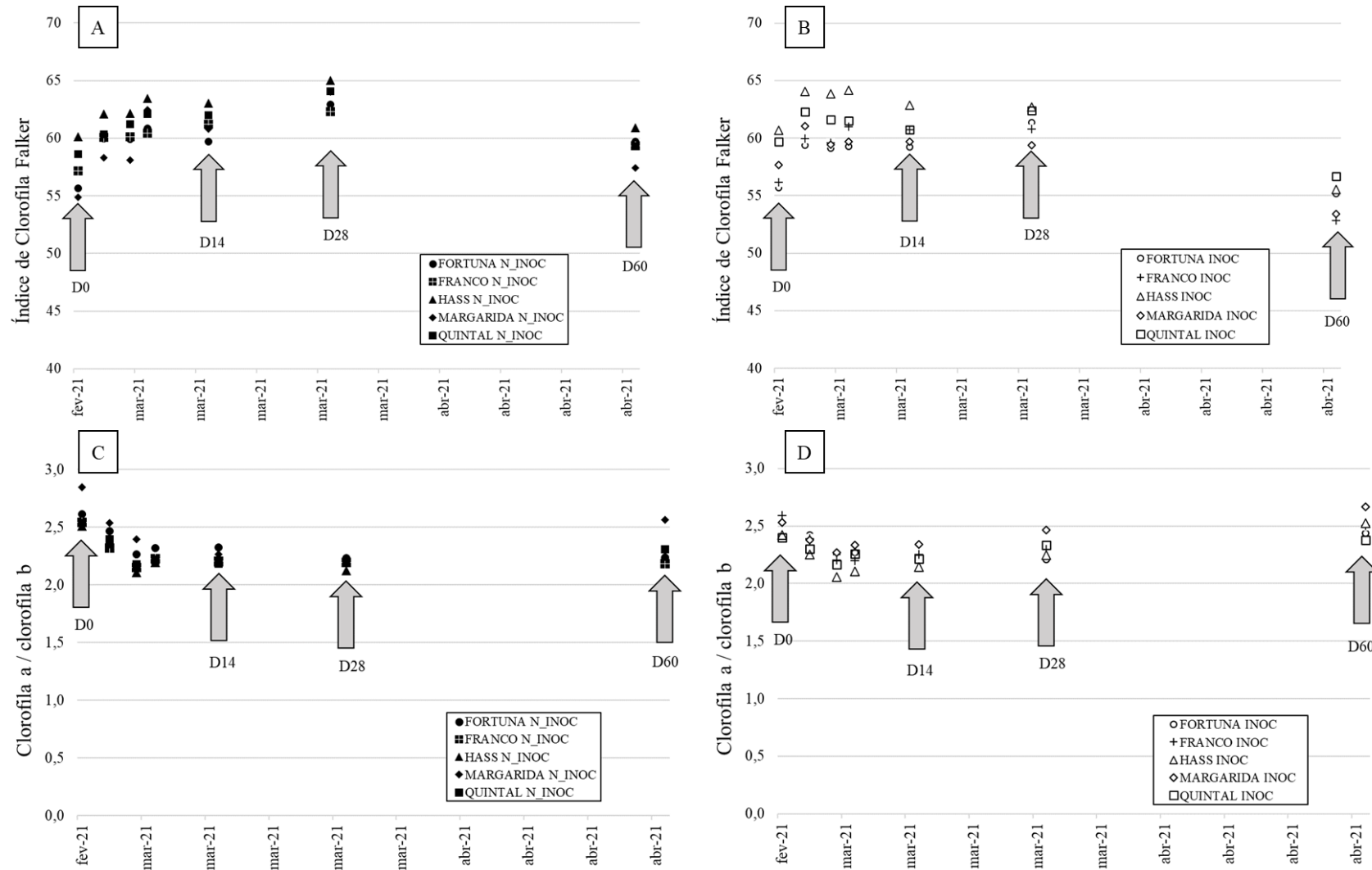


Figura 5. Índice de Clorofila Total Falker avaliado em folhas de porta-enxertos oriundos de sementes de diferentes porta-enxertos, em plantas controle (A) e inoculadas (B) e relação clorofila a/b em plantas controle (C) e inoculadas (D). Legenda: Setas indicam dias após a inoculação: 0, 14, 28 e 60. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2020/2021.

No decorrer do segundo ano experimental (2021/2022), as diferenças observadas para as variáveis da parte aérea (AF, NF, variação da altura e diâmetro) foram mais evidentes para o fator cultivares do que para o fator inoculação (Tabela 6). Os seedlings de ‘Quintal’ quando utilizados como porta-enxertos apresentaram as menores médias de área foliar, variação de altura e diâmetro quando comparados ao demais.

No que diz respeito às variáveis do sistema radicular (Tabela 7) as diferenças entre seedlings inoculados com o patógeno e o controle foram significativas, chegando até 30%, embora inferiores às observadas no primeiro ano de realização do experimento. Em ambos os anos, seedlings de ‘Fortuna’ apresentaram maiores valores dessas variáveis mesmo quando inoculados.

A variação observada nos danos causados pelo patógeno nos dois anos experimentais pode estar relacionada à variabilidade existente entre as sementes coletadas de um ano para outro, uma vez que são oriundas de polinização aberta (ANDRADE-HOYOS et al., 2015). Além disso, é possível que tenham ocorrido variações na patogenicidade dos isolados ou ainda que interação planta-patógeno tenha afetado a expressão da doença (SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2019).

No que diz respeito aos porta-enxertos, os seedlings oriundos da cultivar ‘Fortuna’ novamente apresentaram as melhores características de sistema radicular mesmo inoculados com *P. cinnamomi*, reforçando a hipótese de que estes seedlings podem apresentar maior capacidade regenerativa das raízes quando comparados aos demais.

A ausência de diferenças estatísticas significativas entre seedlings de ‘Franco’, ‘Margarida’ e ‘Quintal’ e os seedlings de ‘Hass’ pode indicar que todos são suscetíveis ao patógeno (HENAO et al., 2017; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2019). Entretanto, estudos moleculares verificaram similaridades genéticas entre ‘Fortuna’ e ‘Margarida’ (MARTINS et al., 2011) e portanto esperava-se maior similaridade entre os seedlings de tais cultivares, o que não foi observado.

Tabela 6. Área foliar (AF), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA) e sistema radicular (MSSR), variação da altura e diâmetro de porta-enxertos oriundos de sementes de diferentes cultivares após 60 dias da inoculação com *P. cinnamomi* e o controle não inoculado. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2021/2022.

Porta-enxerto	AF (cm ²)			NF		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	+	Controle		+	Controle	
Fortuna	3.215,60	3.282,41	3.249,00 a	34,17	34,50	34,33 a
Franco	3.490,51	3.894,92	3.692,71 a	34,25	37,08	35,67 a
Hass	3.293,78	3.565,44	3.429,61 a	30,33	29,58	29,96 b
Margarida	3.425,04	3.504,86	3.466,69 a	35,00	33,33	34,17 a
Quintal	2.653,26	2.488,35	2.570,80 b	33,75	32,08	32,92 ab
Média	3.212,19	3.347,19	3.280,21	33,50	33,32	33,41
P-valor	0,0002			0,01		
CV	22,15			14,71		
Porta-enxerto	MSPA (g)			MSSR (g)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	+	Controle		+	Controle	
Fortuna	37,12	38,68	37,90	9,68	10,85	10,26 a
Franco	40,93	38,51	39,72	7,70	8,36	8,03 bc
Hass	37,76	37,54	37,65	7,03	8,53	7,78 bc
Margarida	41,76	40,07	40,91	9,48	9,63	9,55 ab
Quintal	31,99	33,68	32,84	6,91	8,09	7,50 c
Média	37,91	37,70	37,80	8,16 B	9,09 A	8,62
P-valor	0,28			<0,0001		
CV	27,71			25,80		
Porta-enxerto	Variação altura (cm)			Variação diâmetro (mm)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	+	Controle		+	Controle	
Fortuna	25,33	26,24	25,79 c	4,13 Aab	5,12 Aa	4,65 a
Franco	36,03	41,73	38,88 a	4,33 Aab	4,93 Aa	4,63 a
Hass	32,58	34,10	33,34 ab	5,05 Aa	4,47 Aa	4,76 a
Margarida	33,53	31,03	32,28 b	5,10 Aa	4,66 Aa	4,88 a
Quintal	23,34	27,27	25,30 c	3,40 Ab	4,03 Aa	3,71 b
Média	30,17	32,07	31,12	4,41	4,64	4,52
P-valor	<0,0001			0,0001		
CV	24,36			19,47		

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas, e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 7. Volume (VSR), comprimento total (CTSR), área superficial (ASSR) e diâmetro médio (DMSR) do sistema radicular de porta-enxertos oriundos de sementes de diferentes cultivares após 60 dias da inoculação com *P. cinnamomi* e o controle não inoculado. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2021/2022.

Porta-enxerto	CTSR (cm)			VSR (cm ³)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	+	Controle		+	Controle	
Fortuna	5.677,97	8.786,18	7.232,08 a	52,02	75,28	63,65 a
Franco	4.442,47	6.563,53	5.503,00 b	35,92	50,26	43,09 b
Hass	4.498,72	6.777,07	5.637,90 b	34,26	53,07	43,67 b
Margarida	4.754,04	6.432,63	5.593,34 b	38,77	58,44	48,61 b
Quintal	5.455,95	6.714,52	6.085,74 ab	39,57	53,93	46,75 b
Média	4.965,83 B	7.054,99 A	6.010,41	40,11 B	58,20 A	49,15
P-valor	<0,0001			<0,0001		
CV	27,35			27,45		
Porta-enxerto	ASSR (cm ²)			DMSR (cm)		
	Inoculação		Média	Inoculação		Média
	+	Controle		+	Controle	
Fortuna	1.917,74	2.874,60	2.396,17 a	1,08	1,04	1,06
Franco	1.409,81	2.025,96	1.717,88 b	1,02	1,00	1,01
Hass	1.384,84	2.117,67	1.751,25 b	0,99	1,00	0,99
Margarida	1.513,50	2.154,20	1.833,85 b	1,03	1,10	1,06
Quintal	1.639,34	2.117,22	1.878,28 b	0,96	1,02	0,99
Média	1.573,05 B	2.257,93 A	1.915,49	1,02	1,03	1,02
P-valor	<0,0001			0,05		
CV	25,52			9,67		

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas, e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para as variáveis índice de clorofila total e também para a relação clorofila a/b não foram observadas diferenças estatísticas significativas ao final do período experimental (Figuras 6 A a D, Anexo B), diferente do observado no primeiro ano experimental. A não detecção do aparecimento de um dos sintomas clássicos do patógeno, o amarelecimento (RAMÍREZ-GIL et al., 2020), reforça a hipótese de que a variabilidade dos resultados pode estar relacionada à variação existente nas sementes.

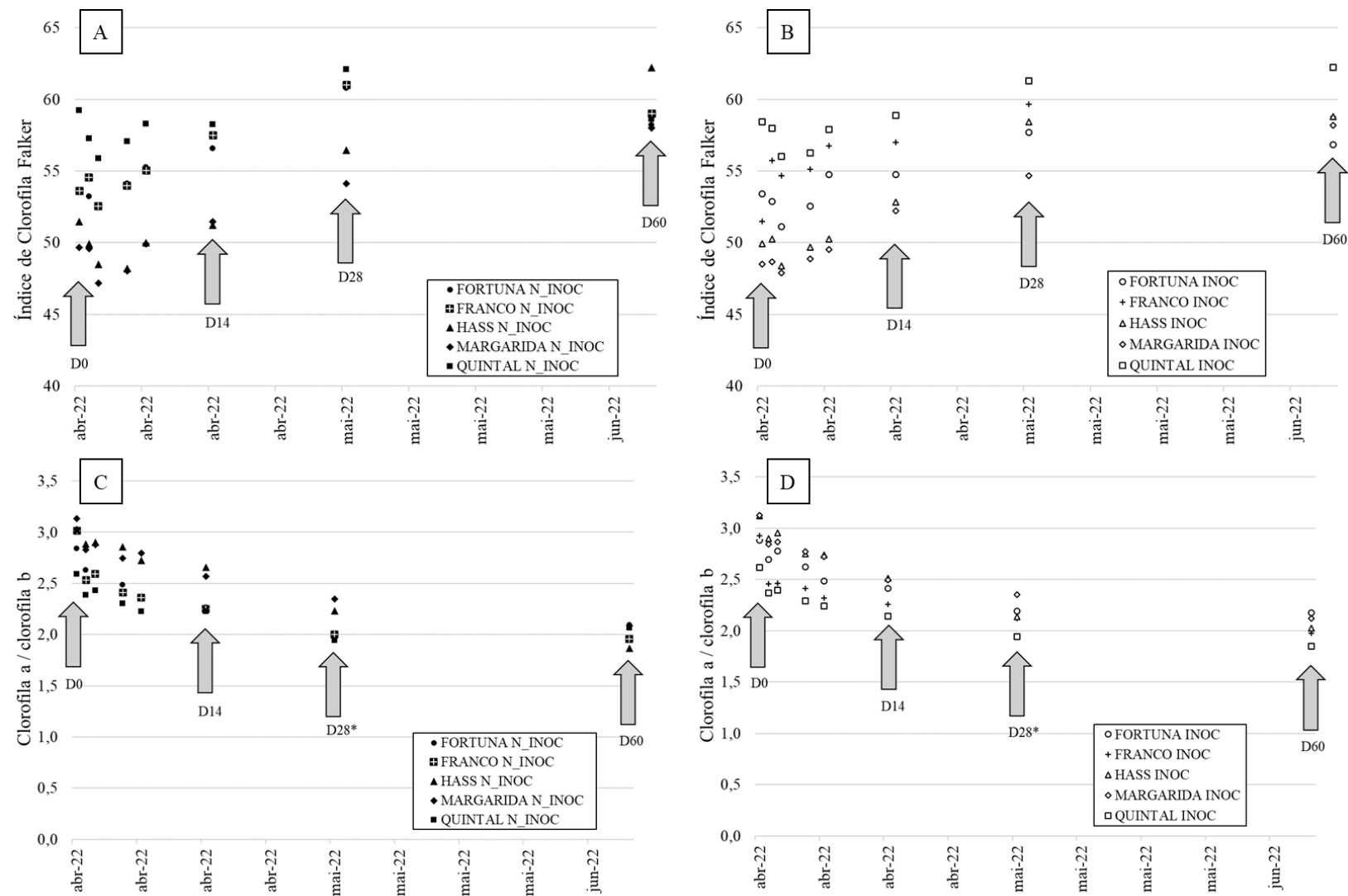


Figura 6. Índice de Clorofila Total Falker avaliado em folhas de porta-enxertos oriundos de sementes de diferentes porta-enxertos, em plantas controle (A) e inoculadas (B) e relação clorofila a/b em plantas controle (C) e inoculadas (D). Legenda: Setas indicam dias após a inoculação: 0, 14, 28 e 60. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2021/2022.

4 Conclusões

- Diferentes isolados de *P. cinnamomi* mostraram-se igualmente patogênicos e capazes de causarem danos a seedlings de abacateiros em caules e raízes.
- A inoculação do patógeno diretamente no sistema radicular ocasiona danos mais severos aos seedlings de abacateiro.
- O patógeno causa danos e prejudica o desenvolvimento dos seedlings de todas as cultivares avaliadas, incluindo o ‘Franco’.
- Seedlings oriundos de sementes da cultivar ‘Fortuna’ apresentaram menos danos no sistema radicular quando inoculados com *P. cinnamomi*.

Referências

- ALBERTI, M. F.; BROGIO, B. A.; SILVA, S. R.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; FASSIO, C. Avances en la propagación del aguacate. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 6, p. 1–18, 2018.
- ANDRADE-HOYOS, P.; LEÓN, C.; GAYOSSO, E. M.; BARQUERA, M. C. E.; ROSALES, D. A.; JIMÉNEZ, A. L. Totipotencialidad en plántulas de aguacate en la resistencia a *Phytophthora cinnamomi*. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 6, n. 2, p. 361–373, 2015.
- ANDRADE-HOYOS, P.; SILVA-ROJAS, H. V.; ROMERO-Arenas, O. Endophytic Trichoderma species isolated from *Persea americana* and *Cinnamomum verum* roots reduce symptoms caused by *Phytophthora cinnamomi* in avocado. **Plants**, v. 9, n. 9, p. 1–17, 2020.
- ASHTON, O. B. O.; WONG, M.; MCGHIE, T. K.; VATHER, R.; WANG, Y.; REQUEJO-JACKMAN, C.; RAMANKUTTY, P.; WOOLF, A. B. Pigments in avocado tissue and oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 26, p. 10151–10158, 2006.
- CANTUARIAS-AVILÉS, T.; SILVA, S. R.; ANGOLINI, S. F.; BROGIO, B. A.; BAPTISTA, E. G.; MICHELETTI, L. B. Water status and productivity of “Hass” avocado trees in response to supplemental irrigation during winter. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019.
- CRANE, J. H.; DOUHAN, G.; FABER, B. A.; ARPAIA, M. L.; BENDER, G. S.; BALERDI, C. F.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F. Cultivars and rootstocks. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N.; WHILEY, A.W. (Eds.). **The Avocado: Botany, Production and Uses**, Croydon: CABI; 2013.
- DANN, E. K.; PLOETZ, R. C.; COATES, L. M.; PEGG, K. G. Foliar, fruit and soilborne diseases. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N.; WHILEY, A.W. (Eds.). **The Avocado: Botany, Production and Uses**, Croydon: CABI; 2013; p. 380–422.
- DORIZZOTTO, C.D.A.; SANTORO, M.B. Produção de mudas em viveiros comerciais. In: SAMPAIO, A. C.; WHATELY, M. C. (Ed.). **Abacaticultura Sustentável**. Atena Editora, p. 31–49, 2022.
- DOUHAN, G. W.; FULLER, E.; MCKEE, B.; POND, E. Genetic diversity analysis of avocado (*Persea americana* Miller) rootstocks selected under greenhouse conditions for tolerance to phytophthora root rot caused by *Phytophthora cinnamomi*. **Euphytica**, v.182, p. 209–217, 2011.
- FAOSTAT [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. **Crop and livestock products: Avocado**. FAO, Rome, Italy, 2022.

- FISCHER, I. H.; SAMPAIO, A. C.; BERTANI, R. M. A.; GONÇALVES, B. H. L.; FEICHTENBERGER, E. Aggressiveness of *Phytophthora cinnamomi* in avocado seedlings and effect of pathogen inoculum concentration and substrate flooding periods on root rot and development of the plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 6, p. 1–10, 2020.
- GIL, J. G. R.; SÁNCHEZ, D. A. C.; OSORIO, J. G. M. Estudios etiológicos de la marchitez del aguacate en Antioquia-Colombia. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 50–61, 2014.
- HABERMAN, A.; TSROR, L.; LAZARE, S.; HAZANOVSKY, M.; LEBIUSH, S.; ZIPORI, I.; BUSATN, A.; SIMENSKI, E.; DAG, A. Management of Verticillium wilt of avocado using tolerant rootstocks. **Plants**, v. 9, n. 4, p. 2 – 11, 2020.
- HENAO, E. R.; ARANA, Á. C.; VALENCIA, A. L. E.; FLOREZ, J. E. M. Evaluation of tolerance to *Phytophthora cinnamomi* Rands in avocado germplasm *Persea americana* Miller. **Acta Agronomica**, v. 66, n. 1, p. 128–134, 2017.
- IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022
- KURBETLI, İ.; SÜLÜ, G.; AYDOĞDU, M.; WOODWARD, S.; BAYRAM, S. Outbreak of *Phytophthora cinnamomi* causing severe decline of avocado trees in southern Turkey. **Journal of Phytopathology**, v. 168, n. 9, p. 533 – 541, 2020.
- LAHAV, E.; LAVI, U. Genetics and Breeding. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N.; WHILEY, A.W. (Eds.). **Avocado: Botany, Production and Uses**. Croydon: CABI; 2013; p. 200-233.
- LONGMUIR, A. L.; BEECH, P. L.; RICHARDSON, M. F. Draft genomes of two Australian strains of the plant pathogen, *Phytophthora cinnamomi*. **F1000 Research**, v. 6, p. 1–13, 2018.
- MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; BOSCH, F. Temporal Analysis I: Quantifying and Comparing Epidemics. In: MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; BOSCH, F. (Eds.), **The Study of Plant Disease Epidemics**. The American Phytopathological Society, 2007.
- MARTINS, A. B. G.; RODRIGUES, M. G. F.; PAULA, D. R.; MENDES, H. S. J.; ARANTES, F. C.; SILVA, C. L. S. P. Caracterização molecular e diversidade genética de diferentes variedades de abacate por marcadores microssatélites. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1178–1184, 2011.
- MENGE, J. A.; DOUHAN, G. W.; MCKEE, B.; POND, E.; BENDER, G. S.; FABER, B. Three New Avocado Rootstock Cultivars Tolerant to *Phytophthora* Root Rot: ‘Zentmyer’, ‘Uzi’, and ‘Steddom.’ **HortScience**, v. 47, n. 8, p. 1191–1194, 2012.
- MESSENGER, B. J.; MENGE, J. A.; POND, E. Effects of Gypsum Soil Amendments on Avocado Growth, Soil Drainage, and Resistance to *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Disease**, v. 84, n. 6, p. 612–616, 2007.
- MORENO-CHACÓN, A. L.; CAMPEROS-REYES, J. E.; ÁVILA DIAZGRANADOS, R. A.; ROMERO, H. M. Biochemical and physiological responses of oil palm to bud rot caused by *Phytophthora palmivora*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 70, 246–251, 2013.
- ÖNCEL, I.; KELEŞ, Y.; ÜSTÜN, A. S. Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. **Environmental Pollution**, v. 107, n. 3, p. 315–320, 2000.
- PLOETZ, R. C. *Phytophthora* root rot of avocado. In: LAMOUR, K. **Phytophthora: a global perspective** (Issue 1). UK, Oxfordshire: CABI, 2013; p. 1097 – 203.
- PLOETZ, R.; SCHNELL, R. J.; HAYNES, J. Variable response of open-pollinated seedling progeny of avocado to *Phytophthora* root rot. **Phytoparasitica**, v. 30, n. 3, p. 262–268, 2002.
- RAJJOU, L.; DUVAL, M.; GALLARDO, K.; CATUSSE, J.; BALLY, J.; JOB, C.; JOB, D. Seed Germination and Vigor. **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, n. 1, p. 507–533, 2012.

- RAMÍREZ-GIL, J. G.; HENAO-ROJAS, J. C.; MORALES-OSORIO, J. G. Mitigation of the Adverse Effects of the El Niño (El Niño, La Niña) Southern Oscillation (ENSO) Phenomenon and the Most Important Diseases in Avocado cv. Hass Crops. **Plants**, v. 9, n. 6, 2020.
- REEKSTING, B. J.; OLIVIER, N. A.; BERG, N. Transcriptome responses of an ungrafted *Phytophthora* root rot tolerant avocado (*Persea americana*) rootstock to flooding and *Phytophthora cinnamomi*. **BMC Plant Biology**, v. 16, n. 1, p. 1–19, 2016.
- REEKSTING, B. J.; TAYLOR, N. J.; BERG, N. Flooding and *Phytophthora cinnamomi*: Effects on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in shoots of non-grafted *Persea americana* (Mill.) rootstocks differing in tolerance to *Phytophthora* root rot. **South African Journal of Botany**, v. 95, p. 40 – 53, 2014.
- RIBEIRO, J. E. S.; SOUSA, L. V.; SILVA, T. I.; NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; BRUNO, R. L. A.; DIAS, T. J.; ALBUQUERQUE, M. B. *Citrullus lanatus* morphophysiological responses to the combination of salicylic acid and salinity stress. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, p. 1 – 13, 2020.
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, E. I.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.; OCHOA-ASCENCIO, S.; GUTIÉRREZ-SOTO, J. G.; OLIVARES-SÁENZ, E.; GUTIÉRREZ-DÍEZ, A. Assessment of resistance to *Phytophthora cinnamomi* Rands in Mexican race avocado genotypes by electrical conductivity. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 39, n. 2, p. 6426 – 6434, 2019.
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, E. I.; GUTIÉRREZ-SOTO, J. G.; OLIVARES-SÁENZ, E.; GUTIÉRREZ-DÍEZ, A.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.; OCHOA-ASCENCIO, S. Screening progenies of Mexican race avocado genotypes for resistance to *Phytophthora cinnamomi* rands. **HortScience**, v. 54, n. 5, p. 809 – 813, 2019.
- SÁNCHEZ-PÉREZ, J. D. L.; JAIMES-LARA, M. G.; SALGADO-GARCIGLIA, R.; LÓPEZ-MEZA, J. E. Root extracts from Mexican avocado (*Persea americana* var. *drymifolia*) inhibit the mycelial growth of the oomycete *Phytophthora cinnamomi*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 124, n. 4, p. 595 – 601, 2009.
- SCHAFFER, B.; GIL, P. M.; MICKELBART, M. V.; WHILEY, A. W. Ecophysiology *In*: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N.; WHILEY, A.W. (Eds.). **Avocado: Botany, Production and Uses**. Croydon: CABI; 2013, p. 168–199.
- SILVA, S. R.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; BREMER NETO, H.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; MEDINA, R. B. Management of root rot in avocado trees. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, 2016.
- SMITH, L. A.; DANN, E. K.; PEGG, K. G.; WHILEY, A. W.; GIBLIN, F. R.; DOOGAN, V.; KOPITKE, R. Field assessment of avocado rootstock selections for resistance to *Phytophthora* root rot. **Australasian Plant Pathology**, v. 40, n. 1, p. 39–47, 2011.
- SOUZA, J. A. C.; PRATES, G. C.; FERREIRA, J. T.; CASTRO, G. D. M.; SALOMÃO, L. C. C. Avocado: Is it possible to produce two seedlings with one seed? **Revista Ceres**, v. 67, n. 2, p. 152–155, 2020.
- BERG, N.; SWART, V.; BACKER, R.; FICK, A.; WIENK, R.; ENGELBRECHT, J.; PRABHU, S. A. Advances in understanding defense mechanisms in *Persea americana* against *Phytophthora cinnamomi*. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, n. 123, 2021.
- VIOLI, H.; BORRONE, J.; PLOETZ, R.; SCHNELL, R.; OLANO, C. Development of phytophthora root rot-resistant avocado rootstocks for the Caribbean. **State Hort. Soc**, v. 119, p. 41–44, 2006.
- ZAUSA, E. A. V.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. Esterilização, preparo de meios de cultura e fatores associados ao cultivo de fitopatógenos. *In*: ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. (Eds.). **Métodos em fitopatologia**. Editora UFV: Viçosa, 2007; p. 23–51.

Anexos

Anexo A. Valores F e significância obtidas das variáveis teor de clorofila total e relação clorofila a/b, para o primeiro experimento nos anos de 2020/2021 e 2021/2022.

Diferentes isolados e formas de inoculação de seedlings de abacateiro utilizados como porta-enxertos								
Clorofila total (2020/2021)								
Fonte de variação	D0		D14		D28		D63	
Isolado	0,59	ns	2,61	ns	8,19	**	4,31	*
Inoculação	4,78	*	3,69	ns	0,27	ns	0,15	ns
Isolado x Inoculação	1,82	ns	1,8	ns	2,81	ns	2,51	ns
Clorofila a/b (2020/2021)								
Fonte de variação	D0		D14		D28		D63	
Isolado	0,6	ns	1,82	ns	5,58	**	0,35	ns
Inoculação	5,89	*	3,92	ns	1,17	ns	5,93	*
Isolado x Inoculação	1,76	ns	2,54	ns	2,93	ns	2,78	ns
Clorofila total (2021/2022)								
Fonte de variação	D0		D14		D31		D59	
Isolado	0,61	ns	0,05	ns	0,12	ns	0,96	ns
Inoculação	12,42	**	2,08	ns	3,29	ns	2,51	ns
Isolado x Inoculação	1,86	ns	2,28	ns	2,75	ns	4,97	*
Clorofila a/b (2021/2022)								
Fonte de variação	D0		D14		D31		D59	
Isolado	0,31	ns	0,01	ns	0,35	ns	0,35	ns
Inoculação	9,38	**	1,2	ns	3,39	ns	5,93	**
Isolado x Inoculação	2,12	ns	1,74	ns	4,86	*	2,78	ns

ns = não significativo, * = significativo ao nível de 5 %, ** = significativo ao nível de 1%.

Anexo B. Valores F e significância obtidas das variáveis teor de clorofila total e relação clorofila a/b, para o segundo experimento nos anos de 2020/2021 e 2021/2022.

Tolerância de seedlings de cultivares comerciais brasileiras à <i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands. quando utilizados como porta-enxertos									
Clorofila total (2020/2021)									
Fonte de variação	D0		D14		D28		D63		
Bloco	0,79	ns	0,43	ns	0,66	ns	0,22	ns	
Cultivar	1,44	ns	0,55	ns	0,86	ns	0,66	ns	
Inoculação	0,22	ns	0,04	ns	1,54	ns	11,8	**	
Cultivar x Inoculação	0,17	ns	0,78	ns	1,07	ns	0,24	ns	
Clorofila a/b (2020/2021)									
Fonte de variação	D0		D14		D28		D63		
Bloco	0,4	ns	0,64	ns	0,66	ns	0,58	ns	
Cultivar	1,06	ns	0,34	ns	0,99	ns	1,59	ns	
Inoculação	1,35	ns	0,21	ns	2,17	ns	5,85	*	
Cultivar x Inoculação	0,69	ns	0,8	ns	1,42	ns	0,45	ns	
Clorofila total (2021/2022)									
Fonte de variação	D0		D14		D28		D63		
Bloco	0,33	ns	0,24	ns	0,29	ns	0,38	ns	
Cultivar	4,44	**	5,92	**	4,69	**	1,24	ns	
Inoculação	0,56	ns	0,02	ns	0,2	ns	0,04	ns	
Cultivar x Inoculação	0,34	ns	0,27	ns	0,53	ns	1,12	ns	
Clorofila a/b (2021/2022)									
Fonte de variação	D0		D14		D28		D63		
Bloco	1,11	ns	0,18	ns	0,33	ns	1,15	ns	
Cultivar	5,37	**	5,31	**	5,86	**	1,65	ns	
Inoculação	0,02	ns	0,29	ns	0,73	ns	0,05	ns	
Cultivar x Inoculação	0,12	ns	0,46	ns	0,91	ns	1,1	ns	

ns = não significativo, * = significativo ao nível de 5 %, ** = significativo ao nível de 1%.

CAPÍTULO 3. DESEMPENHO DE ABACATEIROS 'HASS' SOBRE DIFERENTES SEEDLINGS COMO PORTA-ENXERTOS EM CAMPO

Resumo

Apesar da expansão da produção de abacates 'Hass' no Brasil ainda não há legislação vigente sobre quais cultivares porta-enxertos podem ser utilizados na produção de mudas. Isto resulta em variabilidade genética e desuniformidade das plantas e conseqüentemente dos pomares. Nos últimos anos, alguns viveiristas e produtores passaram a utilizar sementes de cultivares comerciais copa, como 'Fortuna', 'Margarida', 'Quintal' e 'Hass' como porta-enxertos. Porém, pouco se sabe sobre como esses materiais genéticos influenciam o desenvolvimento das plantas em campo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de abacateiros 'Hass' enxertados sobre seedlings de diferentes cultivares copa e de sementes de frutos de plantas não enxertadas ('Franco'). Durante quatro safras, entre o 3º e 6º ano após o plantio, as plantas tiveram suas copas mensuradas, volume de copa calculado, colheitas registradas e frutos avaliados quanto à massa média, comprimento e diâmetro para classificação de acordo com os calibres de comercialização. Foi possível observar um maior crescimento da copa de plantas enxertadas sobre porta-enxertos 'Fortuna'. Plantas enxertadas sobre 'Franco', 'Margarida' e 'Quintal' apresentaram maiores produções acumuladas neste período. A maior eficiência produtiva e frutos de menor tamanho ocorreu para plantas enxertadas sobre seedlings de 'Franco', e os frutos mais alongados quando enxertados sobre 'Fortuna', 'Hass', 'Margarida' e 'Quintal'.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill.; volume de copa; eficiência produtiva, produção acumulada; formato de frutos; calibre.

Abstract

Despite the expansion of 'Hass' avocado production in Brazil, there is still no legislation to determine which rootstocks should be used in the production of avocado trees. This results in genetic variability and a lack of uniformity in the trees and, consequently, in the orchards. In recent years, some nurseries and growers have started using seeds from commercial canopy cultivars such as 'Fortuna', 'Margarida', 'Quintal' and 'Hass' as rootstocks. However, there is little knowledge about how these genetic materials influence the development of the plants in the field. Therefore, the aim of this study was to assess the performance of 'Hass' avocado trees grafted onto seedlings of different scion cultivars and fruit seeds from non-grafted plants ('Franco'). During four harvests, between the 3rd and 6th year after planting, the plants had their canopies measured, canopy volume calculated, yields recorded and fruit evaluated in terms of average mass, length and diameter for classification according to market sizes. It was possible to observe greater canopy growth on plants grafted onto 'Fortuna' rootstock. Plants grafted onto 'Franco', 'Margarida' and 'Quintal' had higher accumulated yields during this period. The greatest production efficiency and the smallest fruit size occurred for plants grafted onto 'Franco' rootstock, and the most elongated fruit when grafted onto 'Fortuna', 'Hass', 'Margarida' and 'Quintal'.

Key words: *Persea americana* Mill.; canopy volume; production efficiency; accumulated production; fruit shape; commercial size.

1 Introdução

A produção mundial de abacates vem crescendo nos últimos anos, e segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), alcançou 8,8 milhões de toneladas em 2021. Neste cenário, o Brasil encontra-se na sétima posição do ranking com pouco mais de 330 mil toneladas da fruta (FAO, 2023; IBGE, 2022).

Grande parte da produção brasileira de abacates resulta de cultivares comerciais tropicais, selecionadas regionalmente, como ‘Geada’, ‘Fortuna’, ‘Quintal’, ‘Margarida’, ‘Breda’ todas híbridas das raças antilhana e guatemalense (A x G) (SILVA et al., 2017). Entretanto, nos últimos anos, a produção do abacate ‘Hass’ tem aumentado significativamente, graças a possibilidade de exportação da fruta para o mercado Europeu no período de entressafra do Hemisfério Norte (FISCHER et al., 2011).

Entre os fatores que afetam o aumento da produção de abacates no Brasil, destaque para a importância da escolha de porta-enxertos adequados (HABERMAN et al., 2020), que podem garantir efeitos benéficos sobre as copas neles enxertadas, como resistência a patógenos e controle de crescimento vegetativo (CRANE et al., 2013; HARTMAN et al., 2018).

Na produção brasileira de mudas de abacateiros, utiliza-se porta-enxertos oriundos de sementes (SOUZA et al., 2020; DORIZZOTTO; SANTORO, 2022), muitas vezes de plantas não enxertadas, denominadas ‘Francos’, altamente heterozigóticas, o que resulta em elevada variabilidade genética (LAHAV; LAVI, 2013) e conseqüentemente em heterogeneidade na formação das mudas e dos pomares.

Embora alguns viveiros mais tecnificados da região Sudeste do país utilizem sementes de cultivares-copa, como ‘Fortuna’, ‘Margarida’, ‘Quintal’ e ‘Hass’ para a formação de porta-enxertos, no intuito de facilitar a formação de mudas pela maior disponibilidade de sementes, não existem informações sobre o efeito desses materiais genéticos como porta-enxertos para a copa de ‘Hass’, principal cultivar plantada em todo o mundo (DORIZZOTTO; SANTORO, 2022).

Por esse motivo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de abacateiros ‘Hass’ enxertados sobre seedlings de diferentes cultivares copa e de sementes de frutos de plantas não enxertadas.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em pomar comercial de abacateiros cv. 'Hass', localizado na Fazenda Santa Cecília, no município de Bernardino de Campos, sudoeste paulista. O pomar foi implantado em novembro 2016 no espaçamento de 7 x 4 metros, em latossolo vermelho-distrófico de textura argilosa, profundo e com drenagem lenta, em camalhões de 80 cm de altura, 1,2 metros de largura e 2,0 metros de base, sem irrigação.

Seedlings das cultivares 'Fortuna', 'Margarida', 'Quintal', 'Hass' e também de plantas não enxertadas (Franco) foram os tratamentos utilizados como porta-enxertos para a copa de 'Hass'. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições de 5 plantas por tratamento, totalizando 100 plantas avaliadas durante 4 safras, entre o 3º e 6º ano após o plantio.

O desenvolvimento da parte aérea foi mensurado pela medição da altura (H, em metros), diâmetro perpendicular (m) e paralelo (m) à linha de plantio de cada planta, com auxílio de uma mira de alumínio de 5 metros. Com estes valores foi possível calcular o volume da copa (V, m³), através da fórmula $V = \pi/6.a.b.c$, onde a é a altura da planta, b o diâmetro perpendicular e o c o diâmetro paralelo à linha de plantio (MICKELBART et al., 2007; BROGIO et al., 2018). As avaliações foram realizadas trimestralmente, ao fim de cada estação do ano, com início em outubro de 2019 e finalizadas após a colheita. Nos anos de 2022 e 2023 essas avaliações ocorreram somente após a colheita. Realizou-se o cálculo da variação do volume da copa por estação do ano. As plantas do experimento foram podadas após a colheita do ano de 2022.

No mês de abril de cada ano, após a maturação do crescimento vegetativo de verão, foram coletadas 5 folhas completamente expandidas de ramos sem frutos, do terço médio da copa de cinco plantas selecionadas aleatoriamente. Estas foram enviadas para análise nutricional em laboratório especializado. Na mesma data foram coletadas amostras de solo em duas profundidades (0 – 20 e 20 – 40 cm), que também foram encaminhadas para análise (GOODALL et al., 1981; MICKELBART et al., 2007; MICKELBART et al., 2012).

As plantas foram colhidas totalmente quando os frutos atingiram, em média, o mínimo de 23% de matéria seca da polpa. Apesar da legislação brasileira não apresentar normas quanto aos valores considerados adequados para a colheita da cultivar 'Hass', a literatura internacional indica que o mínimo observado seja de 20,8% (GAMBLE et al., 2010). Entretanto, alguns países exportadores, como é o caso do Brasil e do México, utilizam de valores de matéria seca superiores, de 21,5% a 23% (HERRERA-GONZÁLEZ et al., 2020).

Foi registrada a produção total (kg/planta) e o número de total de frutos colhidos por planta e com base nos resultados de produção e volume de copa, foi calculada a eficiência produtiva (EP) de cada tratamento (porta-enxerto) através da equação:

$$EP = \text{produção total (kg.planta}^{-1}) / \text{Volume de copa (m}^3\text{)};$$

O tamanho e formato dos frutos também foram avaliados após a colheita, em 100 frutos por tratamento (porta-enxerto), amostrados aleatoriamente, os quais foram individualmente pesados (em gramas), com auxílio de balança digital de campo, e medidos com auxílio de paquímetro digital, o comprimento (C) e o diâmetro equatorial (D), em milímetros. A partir desses dados foi calculada a relação C:D que caracteriza o formato do fruto. Com base nos dados de massa individual foi calculado o calibre individual e a distribuição de calibres na amostra aleatória de 100 frutos, utilizando a classificação de calibres utilizada na comercialização de abacate ‘Hass’ no mercado europeu (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de calibres de abacates ‘Hass’ destinados ao mercado europeu.

Calibre	Massa do fruto (g)
10	366 – 450
12	306 – 365
14	266 – 305
16	236 – 265
18	211 – 235
20	191 – 210
22	171 – 190
24	156 – 170
26	146 – 155
28	136 – 145
30	126 – 135
32	100 – 125

Adaptado de Hofman, Fuchs e Milne (2002).

Os dados coletados foram analisados através do software SAS[®], realizados testes para adequação das pressuposições da análise da variância (ANOVA) e por fim comparação de médias utilizando os testes mais adequados para cada tipo de variável, considerado um nível de 10 e 5% de significância, respectivamente.

3 Resultados e Discussão

Os resultados referentes ao desenvolvimento das plantas são apresentados no Anexo A e mostram crescimento crescente ao longo dos anos de avaliação. Verificou-se que, de forma geral no decorrer dos anos, os abacateiros ‘Hass’ enxertados sobre seedlings de ‘Fortuna’ apresentaram volume de copa superior aos demais, enquanto aqueles enxertados sobre seedlings de ‘Franco’ apresentaram menor volume de copa em todas as datas de avaliação.

Mesmo com a realização da poda após a colheita do ano de 2022, foi possível observar diferenças estatísticas significativas para a variável volume de copa entre os porta-enxertos avaliados e ao fim do período experimental, no ano de 2023, que os volumes de copa proporcionados pelos seedlings de ‘Fortuna’, ‘Margarida’ e ‘Quintal’ foram diferentes entre si, todos com aproximadamente 60 m³ de copa. Esses valores são similares aos observados na literatura para ‘Hass’ enxertado sobre porta-enxertos clonal ‘G1033’ (MICKELBART et al., 2007) de origem Guatemalense (EL-HAMALAWI; MENGE; GUILLEMET, 1994) de idade semelhante.

Outros autores verificaram em pomar de ‘Hass’ de quatro anos de idade, enxertados sobre seedlings de origem desconhecida, volumes de copa médios de 40 m³ (CANTUARIAS-AVILÉS et al., 2019), superior ao observado neste trabalho, considerando cultivo irrigado e maior densidade (246 pl.ha⁻¹), que garante vantagem para o desenvolvimento das plantas do estudo.

A primavera e o verão foram as estações que garantiram maior variação no volume de copa das plantas (Tabela 2), pela maior disponibilidade de água e temperaturas médias mais elevadas, como pode ser observado nos dados climáticos obtidos da região (Figura 1).

No verão de 2020/2021 foi observada a maior variação de crescimento para todos os porta-enxertos avaliados, com um ganho médio de 12,9 m³, liderados pelo ‘Hass’ que resultou 14,7 m³ no volume da copa, que apesar não apresentar diferenças significativas retrata o ganho expressivo desta variável. No inverno de 2020, os seedlings de Hass e Franco propiciaram a maior média de crescimento, sendo as plantas enxertadas sobre ‘Fortuna’ as que menos se desenvolveram (Tabela 2, Anexo A).

Outros autores já relataram a ocorrência de fluxos de crescimento vegetativo para ‘Hass’ na primavera e no verão (SILVA et al., 2017), entretanto, na Califórnia, não foram observadas variações no volume das copas enxertadas sobre diferentes porta-enxertos (MICKELBART et al., 2012). Diferentes cultivares podem apresentar variações no

desenvolvimento. A cultivar ‘Gem’, do tipo Hass, apresentou maiores taxas de crescimento vegetativo no inverno e primavera, que no verão (MICHELETTI et al., 2021).

Além disso, diferenças no volume de copa das plantas podem ser resultado não apenas do vigor proporcionado pelos porta-enxertos, mas também pela arquitetura das brotações (THORP; SEDGLAYM 1993), o que pode ser observado nas diferenças significativas entre as médias dos diâmetros paralelo e perpendicular das plantas (Anexo A).

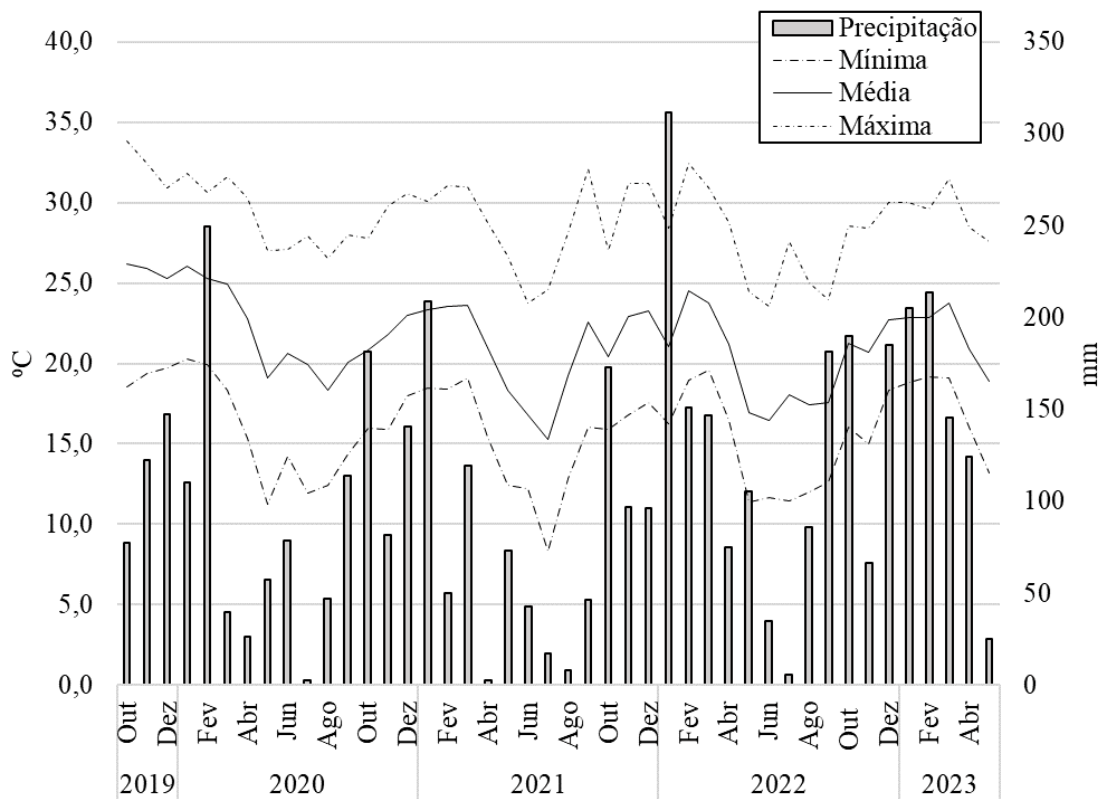


Figura 1. Temperatura mínima, média e máxima registradas durante o período experimental na região de Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil, 2019 a 2023.

Tabela 2. Variação do volume de copa de abacateiros ‘Hass’ enxertados sobre seedlings de diferentes cultivares em diferentes estações do ano. Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil, 2019 a 2023.

Cultivar	Variação do volume de copa (m ³)									
	2019 Primavera ¹	2019/2020 Verão ²	2020 Outono ¹	2020 Inverno	2020/2021 Primavera	2020/2021 Verão	2021 Outono ³	2021 Inverno ⁴	2021/2022 Primavera ⁴	2021/2022 Verão
Fortuna	1,20 a	6,16 a	1,26 b	0,07 c	2,72 ab	13,57	3,95 a	1,43	5,58	12,85 a
Franco	0,62 bc	2,99 c	0,95 ab	1,67 a	1,18 c	10,95	0,41 bc	1,50	4,00	4,58 c
Hass	0,88 ab	3,24 bc	1,38 ab	1,47 a	1,78 bc	14,70	0,31 c	2,66	5,91	6,46 bc
Margarida	1,45 a	3,27 c	1,62 ab	1,04 ab	2,10 bc	12,12	1,07 bc	2,02	6,84	5,03 c
Quintal	0,37 c	4,75 ab	2,16 a	0,45 bc	3,33 a	12,92	1,99 b	2,03	7,02	8,62 b
Média	0,91	4,15	1,49	0,90	2,26	12,85	1,58	1,93	5,93	7,54
CV	37,40	37,97	52,91	80,78	55,89	33,94	35,2	30,66	29,07	45,03
Valor-p	<0,0001	<0,0001	0,027	<0,0001	<0,0001	0,12	<0,0001	0,06	0,05	<0,0001

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Dados transformados pela equação ¹f(x) = √y; ²f(x) = log₁₀(x); ³f(x) = 1/√(y+0,5) e ⁴ f(x) = √(y+0,5).

No primeiro ano de avaliação da produção (safra 2019/2020), a média obtida foi de 4,5 kg.pl⁻¹ (1,6 t.ha⁻¹), chegando a 74,96 kg.pl⁻¹ (26,8 t.ha⁻¹) na última colheita (safra 2022/23) (Tabela 3). Nos dois primeiros anos de avaliação deste trabalho, foi possível observar uma tendência das plantas enxertadas sobre seedlings de ‘Fortuna’ apresentarem menor produção, de 2,91 e 7,41 kg.pl⁻¹, valores estatisticamente inferiores a produção observada para os demais porta-enxertos. Já no terceiro ano não foram observadas diferenças e no último ano, as plantas enxertadas sobre seedlings de ‘Hass’ apresentaram a menor produção por planta, 58,51 kg.pl⁻¹ (20,9 t.ha⁻¹).

A produção acumulada no período 2019 – 2023 foi estatisticamente superior para as plantas enxertadas sobre seedlings de ‘Franco’, ‘Margarida’ e ‘Quintal’, com valores de 130,03, 126,0 e 126,47 kg.pl⁻¹, respectivamente. As plantas enxertadas sobre ‘Hass’ não diferiram estatisticamente do ‘Fortuna’, mas apresentaram o menor valor registrado, que foi de 94,21 kg.pl⁻¹. A média de produção acumulada observada neste trabalho, considerando todos os porta-enxertos, é similar à média observada por outros autores para a cultivar Hass sobre porta-enxertos obtidos de seedlings e dos clonais ‘Dusa’ (MORAES et al., 2022), ‘Toro Canyon’, ‘Topa Topa’ e ‘Duke 7’ (MICKELBART et al., 2007).

Analisando a eficiência produtiva (EP, kg.m⁻³) das plantas no decorrer dos anos, pode-se observar que as plantas enxertadas sobre ‘Margarida’ e ‘Franco’ foram as que apresentaram as melhores médias (Tabela 3). Na última colheita (2022/23), não houve diferença estatística significativa na produção por planta e EP desses porta-enxertos, embora o volume de copa do ‘Margarida’ tenha sido superior (Anexo A).

Os valores de EP encontrados neste trabalho são similares aos observados na literatura científica para esta cultivar. Entretanto, vale ressaltar que as condições experimentais influenciam fortemente esses valores. Cantuarias-Avilés et al. (2019) observaram médias superiores, de 2,0 kg.m⁻³, quando o pomar de ‘Hass’ foi irrigado durante períodos críticos para a cultura do abacateiro, durante as fases de pré-florescimento e florescimento.

Valores mais baixos como 0,36 e 0,45 kg.m⁻³ foram observados por Moraes et al. (2022), mesmo em plantas irrigadas, cultivadas em regiões de clima mais quente e solos arenosos. Mickelbart et al. (2007) também observaram grandes variações nos valores de eficiência produtiva de abacateiros ‘Hass’ sobre diferentes porta-enxertos e ressaltaram que esta variável está intimamente ligada à produção e a alternância produtiva. A ocorrência dessa última não foi observada neste trabalho, uma vez que as plantas se encontram em fase de produção crescente.

Tabela 3. Produção (kg.pl⁻¹), produção acumulada e eficiência produtiva (EP, kg.m⁻³) de abacateiros ‘Hass’ enxertados sobre seedlings de diferentes porta-enxertos. Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil.

Cultivar	Ano/Idade				Acumulada **
	2019/2020 (3º ano * ¹)	2020/2021 (4º ano **)	2021/2022 (5º ano ²)	2022/2023 (6º ano*)	
	Produção (kg/planta)				
Fortuna	2,91 b	7,41 c	14,95	77,61 a	102,89 bc
Franco	-	25,92 a	28,78	75,33 a	130,03 a
Hass	4,67 a	15,52 b	15,52	58,51 b	94,21 c
Margarida	5,71 a	17,30 b	22,60	80,93 a	126,00 ab
Quintal	4,90 a	17,87 b	20,64	83,06 a	126,47 ab
Média	4,55	16,52	20,24	74,96	115,48
CV	48,93	51,64	50,38	37,95	39,80
Valor-p	0,07	<0,0001	0,31	0,06	0,03
	Eficiência produtiva (kg/m ³)				
Cultivar	2019/2020 (3º ano ¹)	2020/2021 (4º ano)	2021/2022 (5º ano ²)	2022/2023 (6º ano)	
Fortuna	0,25 b	0,27 c	0,52	1,21 b	
Franco	-	1,14 a	1,05	1,86 a	
Hass	0,58 ab	0,60 bc	0,58	1,24 b	
Margarida	0,76 a	0,71 b	0,94	1,39 ab	
Quintal	0,53 ab	0,66 b	0,74	1,36 b	
Média	0,53	0,66	0,75	1,39	
CV	28,93	59,50	48,47	39,88	
Valor-p	0,01	<0,0001	0,14	0,01	

Para produção: médias seguidas de letras diferentes nas colunas indicam diferenças estatísticas pelo teste DMS de Fischer * ao nível de 10% e ** 5% de significância. Dados transformados pela equação: ${}^1f(x) = \sqrt{x}$ e ${}^2f(x) = \sqrt{(x+0,5)}$. Para EP: médias seguidas de letras diferentes nas colunas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Dados transformados pela equação: ${}^1f(x) = \sqrt{(x)^{0,25}}$ e ${}^2f(x) = \sqrt{(x)}$.

Foram poucas as diferenças observadas na quantidade de frutos produzidos por planta. Apenas em 2020/2021 as plantas enxertadas sobre ‘Franco’ apresentaram número de frutos estatisticamente superior aos demais. Em contrapartida, nos anos de 2020/21 e 2022/23, os frutos produzidos em plantas enxertadas sobre o mesmo porta-enxerto apresentaram menor peso médio, de 187,35 e 221,14 g, valores estatisticamente inferiores aos demais. (Tabela 4). Essa variação no peso médio do fruto influencia diretamente na distribuição de calibres dos mesmos (Tabela 5), que definem o mercado no qual o produto será comercializado, de acordo com a preferência dos consumidores (COHEN et al., 2022).

Mesmo não sendo observada todos os anos, a ocorrência de variações no número e tamanho dos frutos pelos porta-enxertos pode estar associada a alterações na produção (kg.planta⁻¹) (MICKELBART et al., 2007, 2012).

Entretanto, tais variáveis também podem ser influenciadas pelos manejos realizados nos pomares (MORAES et al., 2022) o que não aconteceu neste estudo. Outros autores afirmaram que em determinadas condições de cultivo, não há efeito dos porta-enxertos na quantidade e massa dos frutos produzidos pela copa (COHEN et al., 2022).

Tabela 4. Número e peso médio de frutos (g) de abacateiros ‘Hass’ enxertados sobre seedlings de diferentes porta-enxertos. Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil, 2019 a 2023.

Cultivar	Ano/Idade				Acumulada**
	2019/2020 (3º ano ¹)	2020/2021 (4º ano ²)	2021/2022 (5º ano ³)	2022/2023 (6º ano)	
Número de frutos					
Fortuna	22,2	42,25 c	79,80	360,60	504,85
Franco	-	167,35 a	120,76	357,76	645,88
Hass	32,65	95,85 b	74,25	251,35	454,10
Margarida	38,65	103,85 b	105,15	361,45	609,10
Quintal	33,65	95,75 b	97,50	332,50	559,40
Média	31,79	98,96	94,71	331,95	551,85
CV	26,46	30,28	52,47	41,06	41,33
Valor-p	0,1405	<0,0001	0,57	0,06	0,07
Peso médio fruto (g)					
Cultivar	2019/2020 (3º ano)	2020/2021 (4º ano ⁴)	2021/2022 (5º ano)	2022/2023 (6º ano)	
Fortuna	173,34	214,15 ab	229,86 c	246,97 a	
Franco	-	187,35 c	265,44 a	221,14 c	
Hass	184,36	204,83 b	256,37 ab	247,15 a	
Margarida	180,83	220,17 a	256,22 ab	230,15 bc	
Quintal	180,90	217,52 ab	248,74 b	241,30 ab	
Média	179,09	208,80	251,33	237,33	
CV	27,47	3,29	14,32	16,92	
Valor-p	0,209	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Dados transformados pela equação: ¹f(x) = $\sqrt{(x)^{0,25}}$, ²f(x) = $\sqrt{(x)}$, ³f(x) = $\sqrt{(x+0,5)}$ e ⁴f(x) = $\log_{10}(x)$.

Os frutos produzidos sobre seedlings de ‘Franco’ no decorrer dos anos de avaliação apresentaram tendência de menor comprimento, diâmetro e relação C:D (Tabela 5). Os valores de comprimento e diâmetro foram superiores aos obtidos por outros autores para ‘Hass’ sobre seedlings de plantas não enxertadas (BROGIO et al., 2018) e próximos aos valores de comprimento para frutos de abacateiros ‘Gem’ (MICHELETTI et al., 2021).

Para a relação C:D, valores próximos de 1, indica frutos de formato mais arredondado, e essa característica é visível em todos os anos para os frutos produzidos sobre porta-enxertos ‘Franco’. Por outro lado, frutos produzidos sobre seedlings dos demais porta-enxertos avaliados

apresentaram valores maiores, indicando frutos mais alongados, de maior comprimento (Tabela 5).

Outra informação importante diz respeito ao perfil de distribuição dos frutos nas diferentes classes de calibre (Tabela 6). Nos anos iniciais verificou-se para todos os porta-enxertos uma concentração dos frutos nas classes de calibre 18 a 32 (88,5% dos frutos), com menor peso médio. Nas duas últimas colheitas, mais de 50% dos frutos estavam distribuídos nas categorias 10 a 16, de maior peso médio e valor comercial (HOFMANN; BOWER; WOOLF, 2013).

Entre os seedlings dos porta-enxertos avaliados não foram observadas diferenças significativas na distribuição dos calibres nas safras 2020/21 e 2022/23. Em 2019/20, frutos oriundos de ambos os porta-enxertos ‘Fortuna’ e ‘Quintal’ apresentaram 46% de frutos produzidos nas categorias 24 a 32, indicando frutos de menor peso médio quando comparado aos demais. Já em 2021/2022, destaque para os porta-enxertos obtidos dos seedlings ‘Hass’, ‘Franco’ e ‘Margarida’, os quais apresentaram, respectivamente 79%, 77% e 75% de frutos classificados nas categorias de 10 a 12.

Embora os porta-enxertos dos seedlings avaliados tenham resultado na obtenção de frutos de tamanho médio e grande, plantas de ‘Hass’ quando enxertadas sobre o porta-enxerto clonal ‘Dusa’ apresentaram maiores quantidades de frutos nas categorias 10 a 18 (MORAES et al., 2022). Plantas de ‘Gem’ enxertadas sobre seedlings de ‘Franco’ apresentaram grande número de frutos de calibres maiores, com 71 a 91% deles nas categorias 12 a 18, indicando superioridade deste porta-enxerto para esta variável (MICHELETTI et al., 2021).

Tabela 5. Comprimento (C, mm), diâmetro (D, mm), relação C:D e calibre comercial médio de frutos de abacateiros ‘Hass’ enxertados sobre seedlings de diferentes porta-enxertos. Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil, 2020 a 2023.

2019/2020				
Cultivar	Comprimento	Diâmetro	C:D ¹	Calibre médio
Fortuna	84,70	61,56	1,39 a	24,34
Franco	-	-	-	-
Hass	85,89	62,35	1,39 a	22,72
Margarida	82,59	62,04	1,34 b	22,82
Quintal	84,44	62,58	1,36 ab	23,20
Média	84,40	62,13	1,37	23,27
Valor-p	0,1598	0,8188	0,011	0,201
CV	12,29	12,78	4,79	57,01
2020/2021				
Cultivar	Comprimento ²	Diâmetro	C:D ²	Calibre
Fortuna	97,10 a	67,14 ab	1,45 a	19,34 bc
Franco	85,84 c	65,36 c	1,32 c	21,84 a
Hass	92,36 b	66,54 bc	1,39 b	19,94 b
Margarida	95,91 a	68,38 a	1,40 ab	18,62 c
Quintal	95,72 a	67,61 ab	1,42 ab	18,96 bc
Média	93,88	67,00	1,39	19,74
Valor-p	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV	1,99	6,20	24,44	54,21
2021/2022				
Cultivar	Comprimento	Diâmetro	C:D	Calibre
Fortuna	100,00 b	68,03 c	1,48 ab	17,90 a
Franco	105,53 a	71,62 a	1,47 b	15,22 c
Hass	107,85 a	70,72 ab	1,53 a	15,78 bc
Margarida	107,83 a	70,39 ab	1,53 a	15,82 bc
Quintal	105,33 a	69,77 b	1,51 ab	16,54 b
Média	105,32	70,11	1,50	16,25
Valor-p	<0,0001	<0,0001	0,0046	<0,0001
CV	8,63	0,07	8,49	57,01
2022/2023				
Cultivar	Comprimento	Diâmetro	C:D	Calibre
Fortuna	100,04 a	69,53 ab	1,45 a	16,68 b
Franco	93,00 b	67,82 b	1,37 b	18,52 a
Hass	99,57 a	69,81 a	1,43 a	16,60 b
Margarida	95,28 b	68,14 ab	1,40 ab	18,06 ab
Quintal	98,79 a	69,33 ab	1,43 a	17,00 b
Média	97,34	68,92	1,42	17,37
Valor-p	<0,0001	0,008	0,002	<0,0001
CV	8,62	6,88	8,58	54,60

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas indicam diferenças estatísticas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância. Dados transformados pela equação: ${}^1f(x) = \sqrt{(x)}$ e ${}^2f(x) = \log_{10}(x)$.

Tabela 6. Distribuição de calibres (%) de frutos de abacateiros ‘Hass’ enxertados sobre porta-enxertos de diferentes seedlings. Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil, 2020 a 2023.

Cultivar	2019/2020			2020/2021		
	10 a 16	18 a 22	24 a 32	10 a 16	18 a 22	24 a 32
Fortuna	9,0	45,0	46,0 a	29,0	54,0	17,0
Franco	-	-	-	9,0	54,0	37,0
Hass	11,0	49,0	40,0 ab	17,0	71,0	12,0
Margarida	10,0	53,0	37,0 b	30,0	65,0	5,0
Quintal	16,0	38,0	46,0 a	27,0	63,0	10,0
Média	11,5	46,3	42,3	22,4	61,4	16,2
Valor-P	0,23	0,67	0,005	0,79	0,05	0,43
CV	43,8	36,3	14,4	48,5	31,1	4,6
Cultivar	2021/2022			2022/2023		
	10 a 16	18 a 22	24 a 32	10 a 16	18 a 22	24 a 32
Fortuna	45,0 b	48,0 a	7,0	60,0	38,0	2,0
Franco	77,0 a	23,0 b	0,0	29,0	66,0	5,0
Hass	79,0 a	21,0 b	0,0	61,0	37,0	2,0
Margarida	75,0 a	24,0 b	1,0	49,0	39,0	12,0
Quintal	58,0 ab	41,0 b	1,0	60,0	34,0	6,0
Média	66,8	31,4	1,8	51,6	42,8	5,6
Valor-P	0,01	<0,001	0,05	0,22	0,44	0,64
CV	51,6	8,5	0,4	53,2	15,3	1,6

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas indicam diferenças estatísticas pelo teste Friedman ao nível de 5% de significância.

4 Conclusões

- Porta-enxertos oriundos de sementes de ‘Fortuna’ promovem um crescimento acelerado da copa do abacateiro ‘Hass’, sem acréscimos na produção acumulada e resultando em menor eficiência produtiva (EP).
- Apesar de induzir maior eficiência produtiva (EP), porta-enxertos ‘Franco’ reduzem o tamanho de frutos.
- Frutos de ‘Hass’ oriundos de porta-enxertos ‘Fortuna’, ‘Hass’, ‘Margarida’ e ‘Quintal’ apresentaram frutos mais alongados do que os produzidos em seedlings de ‘Franco’.

Referências

CANTUARIAS-AVILÉS, T., SILVA, S. R., ANGOLINI, S. F., BROGIO, B. A., BAPTISTA, E. G., MICHELETTI, L. B. Water status and productivity of “Hass” avocado trees in response to supplemental irrigation during winter. **Pesqui. Agropecuária Bras.**, v. 54, 2019.

COHEN, H., BAR-NOY, Y., IRIHIMOVITCH, V., RUBINOVICH, L. Effects of seedling and clonal West Indian rootstocks irrigated with recycled water on ‘Hass’ avocado yield, fruit weight and alternate bearing. **New Zeal. J. Crop Hortic. Sci.**, v. 51, p. 39–51, 2022

CRANE, J. H., DOUHAN, G., FABER, B. A., ARPAIA, M. L., BENDER, G. S., BALERDI, C. F., BARRIENTOS-PRIEGO, A. F. Cultivars and rootstocks. *In*: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N.; WHILEY, A. W. (Eds.). **The Avocado: Botany, Production and Uses**, Croydon: CABI; p. 200-233, 2013.

EL-HAMALAWI, Z. A., MENGE, J. A., GUILLEMET, F. B. Comparison of Resistance to *Phytophthora citricola* in Nineteen Avocado Rootstocks under Greenhouse Conditions. **Calif. Avocado Soc. Yearb.** v. 78, p. 121–129, 1994.

FAOSTAT [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. **Crop and livestock products: Avocado**. FAO, Rome, Italy, 2022.

FISCHER, I. H., TOZZE, H. J., ARRUDA, M. C., MASSOLA, N. S. Pós-colheita de abacates ‘Fuerte’ e ‘Hass’: características físicas e químicas, danos e controle de doenças. **Semin. Ciências Agrárias**, v. 32, p. 209–220, 2011.

GAMBLE, J., HARKER, F. R., JAEGER, S. R., WHITE, A., BAVA, C., BERESFORD, M., STUBBINGS, B., WOHLERS, M., HOFMAN, P. J., MARQUES, R., WOOLF, A. The impact of dry matter, ripeness and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 57, p. 35–43, 2010.

HABERMAN, A., TSROR, L., LAZARE, S., HAZANOVSKY, M., LEBIUSH, S., ZIPORI, I., BUSATN, A., SIMENSKI, E., DAG, A. Management of verticillium wilt of avocado using tolerant rootstocks. **Plants**, v. 9, p. 2–11, 2020

HARTMANN, H. T., KESTER, D. E., DAVIES, F. T., GENEVE, R. L., WILSON, S. B. **Hartmann & Kester’s plant propagation: principles and practices**, Ninth edition. ed. Pearson, NY, NY, 2018.

HERRERA-GONZÁLEZ, J. A., BAUTISTA-BAÑOS, S., SALAZAR-GARCÍA, S., GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, P. Situación actual del manejo poscosecha y de enfermedades fungosas del aguacate ‘Hass’ para exportación en Michoacán. **Rev. Mex. ciencias agrícolas**, v. 11, p. 1647–1660, 2020.

HOFMAN, P. J., BOWER, J., WOOLF, A. Harvesting, packing, postharvest technology, transport and processing. *In*: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N.; WHILEY, A. W. (Eds.). **The Avocado: Botany, Production and Uses**, Croydon: CABI; 2013; p.489–540.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022

MICHELETTI, L. B., AVILÉS, T. C., BAPTISTA, E. G., ALBERTI, M. F., NACATA, G., AMARAL BROGIO, B., SILVA, S. R. Initial performance of ‘Gem’ avocado trees in the Central-Western region of São Paulo State. **Semin. Ciências Agrárias**, v. 42, p 3123–3134, 2021.

MICKELBART, M. V., BENDER, G. S., WITNEY, G. W., ADAMS, C., ARPAIA, M. L. Effects of clonal rootstocks on “Hass” avocado yield components, alternate bearing, and nutrition. **J. Hortic. Sci. Biotechnol.**, v. 82, p. 460–466, 2007.

MICKELBART, M. V., ROBINSON, P. W., WITNEY, G., ARPAIA, M. L. “Hass” avocado tree growth on four rootstocks in California. II. Shoot and root growth. **Sci. Hortic. (Amsterdam)**, v. 143, p. 205–210, 2012.

MORAES, A. F. G., MICHELETTI, L. B., SANTORO, M. B., SANTOS, N. T., CANTUARIAS-AVILÉS, T., SILVA, S. R. Horticultural performance of ‘Hass’ avocado grafted onto seedling and clonal rootstocks under tropical wet-dry climate conditions. **Sci. Hortic. (Amsterdam)**, v. 302, 2022.

SILVA, S. R., CANTUARIAS-AVILES, T. E., CHIAVELLI, B., MARTINS, M. A., OLIVEIRA, M. S. Modelos fenológicos para a implementação de práticas de manejo em pomares não irrigados de abacateiro. **Pesqui. Agropecu. Trop.**, v. 47, p 321–327, 2017

THORP, T. G., SEDGLEY, M. Manipulation of shoot growth patterns in relation to early fruit set in ‘Hass’ avocado (*Persea americana* Mill.). **Sci. Hortic. (Amsterdam)**, v. 56, p. 147–156, 1993.

Anexos

Anexo A. Altura, diâmetro paralelo e perpendicular de abacateiros ‘Hass’ enxertados sobre porta-enxertos de diferentes seedlings. Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil, 2020 a 2023.

Cultivar	Altura (m)											
	2019		2020				2021			2022	2023	
	Out	Dez	Abr	Jun	Out	Dez	Abr	Jun	Out	Dez	Jun	Mai
Fortuna	2,50 a	2,52	3,01 a	3,07	3,08	3,27	4,27	4,30 a	4,31 a	4,33 a	4,57 ab	5,29 a
Franco	2,34 ab	2,36	2,64 b	2,75	2,96	3,18	3,93	3,93 b	3,93 b	3,95 b	4,09 c	4,68 b
Hass	2,36 ab	2,41	2,71 ab	2,80	2,91	3,01	4,01	4,03 ab	4,06 ab	4,14 ab	4,41 abc	5,08 ab
Margarida	2,23 b	2,27	2,67 ab	2,81	2,95	3,07	3,96	3,97 ab	3,98 ab	4,04 ab	4,25 bc	5,25 a
Quintal	2,48 ab	2,51	2,86 ab	2,91	3,00	3,17	4,17	4,20 ab	4,21 ab	4,24 ab	4,65 a	5,30 a
Média	2,38	2,42	2,78	2,87	2,98	3,14	4,07	4,09	4,10	4,15	4,41	5,14
CV	12,31	12,42	13,9	12,94	11,12	10,17	10,35	9,93	9,84	9,34	9,5	10,53
Valor-p	0,027	0,058	0,0212	0,069	0,541	0,098	0,060	0,029	0,027	0,030	0,001	0,005

Cultivar	Diâmetro paralelo a linha de plantio (m)											
	2019		2020				2021			2022	2023	
	Out	Dez	Abr	Jun	Out	Dez	Abr	Jun	Out	Dez	Jun	Mai
Fortuna	1,95 ab	2,11 a	2,82 a	2,92 a	2,92 a	3,04 a	3,46 ab	3,76 a	3,84 a	4,04 a	4,31 a	4,12 a
Franco	1,70 c	1,82 c	2,18 c	2,28 d	2,45 c	2,56 c	3,38 b	3,40 b	3,44 b	3,71 b	3,89 b	3,54 b
Hass	2,05 a	2,08 ab	2,45 bc	2,61 bc	2,70 abc	2,88 ab	3,76 a	3,78 a	3,84 a	4,05 a	4,14 ab	3,91 ab
Margarida	1,75 c	2,01 abc	2,34 bc	2,50 cd	2,60 bc	2,81 b	3,54 ab	3,57 ab	3,64 ab	3,79 ab	3,97 b	3,86 ab
Quintal	1,83 bc	1,87 bc	2,52 b	2,78 ab	2,82 ab	3,05 a	3,53 ab	3,65 ab	3,71 ab	3,87 ab	4,01 b	4,01 a
Média	1,86	1,98	2,47	2,63	2,70	2,88	3,54	3,64	3,70	3,90	4,07	3,90
CV	11,05	11,61	12,35	10,38	10,95	8,34	9,66	8,88	9,44	7,62	7,71	12,9
Valor-p	<0,0001	0,0004	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,016	0,004	0,005	0,002	0,001	0,010

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Dados transformados pela equação $^1f(x) = \log_{10}(x)$.

Anexo A (Continuação). Altura, diâmetro paralelo e perpendicular de abacateiros ‘Hass’ enxertados sobre porta-enxertos de diferentes seedlings. Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil, 2020 a 2023.

Cultivar	Diâmetro perpendicular a linha de plantio (m)											
	2019		2020				2021				2022	2023
	Out	Dez ¹	Abr	Jun	Out	Dez	Abr	Jun	Out	Dez	Jun	Mai
Fortuna	2,00	2,26 a	2,83 a	2,93 a	2,93	3,18 a	3,89 a	4,02 a	4,10 a	4,48 a	5,23 a	5,66 a
Franco	1,82	1,96 c	2,41 b	2,51 b	2,72	2,76 b	3,36 b	3,40 c	3,57 b	3,87 b	4,09 c	4,32 b
Hass	1,99	2,26 a	2,63 ab	2,74 ab	2,97	3,07 a	3,76 a	3,76 abc	4,08 a	4,46 a	4,80 ab	4,73 b
Margarida	1,84	2,18 ab	2,56 ab	2,69 ab	2,79	2,95 ab	3,53 ab	3,63 bc	3,80 ab	4,34 ab	4,57 bc	5,60 a
Quintal	1,94	2,02 bc	2,62 ab	2,81 a	2,83	3,16 a	3,72 ab	3,84 ab	4,01 a	4,58 a	4,95 ab	5,62 a
Média	1,92	2,14	2,61	2,74	2,85	3,03	3,66	3,74	3,92	4,36	4,75	5,21
CV	11,45	13,63	13,12	11,61	9,88	10,15	12,14	11,66	9,45	12,53	11,92	11,25
Valor-p	0,031	<0,0001	0,0101	0,003	0,059	0,000	0,005	0,001	0,000	0,002	<0,0001	<0,0001
Cultivar	Volume de copa (m ³)											
	2019		2020				2021				2022	2023
	Out ¹	Dez	Abr	Jun	Out	Dez	Abr	Jun ¹	Out ¹	Dez ¹	Jun ¹	Mai
Fortuna	5,12 a	6,33 a	12,49 a	13,75 a	13,82 a	16,54 a	30,11 a	34,06 a	35,48 a	41,06 a	55,10 a	65,17 a
Franco	3,86 b	4,48 c	6,91 c	8,41 c	10,53 b	11,71 c	22,17 b	23,51 c	26,51 c	31,87 b	37,00 c	37,83 c
Hass	5,26 a	5,78 ab	9,69 b	10,72 bc	12,19 ab	13,97 abc	30,56 a	30,86 ab	34,15 ab	40,31 a	46,91 ab	49,96 bc
Margarida	3,84 b	5,29 abc	8,56 bc	10,18 bc	11,41 ab	13,51 bc	26,33 ab	27,39 bc	29,41 bc	36,25 ab	41,27 bc	60,03 ab
Quintal	4,66 ab	5,03 bc	9,96 b	12,11 ab	12,72 ab	16,04 ab	28,96 a	30,95 ab	32,97 ab	39,99 a	48,91 ab	62,62 a
Média	4,56	5,40	9,63	11,12	12,18	14,44	27,82	29,65	31,90	38,19	46,23	55,66
CV	17,69	26,65	12,03	26,50	23,96	21,79	23,52	6,39	6,40	6,13	5,63	24,78
Valor-p	<0,0001	0,002	<0,0001	<0,0001	0,01	<0,0001	0,001	<0,0001	0,001	0,003	<0,0001	<0,0001

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Dados transformados pela equação $^1f(x) = \log_{10}(x)$.

Anexo B. Análise de solo em duas profundidades (0 – 20 e 20 – 40 cm) em área com abacateiros ‘Hass’ sobre porta-enxertos de diferentes seedlings. Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil, 2020 a 2022.

		2020																	
Cultivar	Profundidade	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
		mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmolc.dm ⁻³ -----						%	-----mg.dm ⁻³ -----							
Fortuna	0 – 20	37,0	28,0	6,0	3,4	60,0	25,0	16,0	0	88,4	104,4	85,0	-	0,2	1,6	12,0	1,4	5,4	
	20 – 40	14,0	22,0	5,4	1,4	28,0	14,0	28,0	0	43,4	71,4	61,0	-	0,2	1,6	18,0	1,4	12,0	
Franco	0 – 20	14,0	17,0	5,2	2,0	33,0	15,0	25,0	0	50,0	75,0	67,0	-	1,8	1,8	14,0	1,2	6,2	
	20 – 40	12,0	17,0	5,3	1,6	32,0	16,0	22,0	0	49,6	71,6	69,0	-	1,1	1,6	12,0	1,0	10,0	
Hass	0 – 20	15,0	22,0	6,0	1,5	48,0	19,0	20,0	0	68,5	88,5	77,0	-	0,3	1,4	6,0	1,4	8,8	
	20 – 40	15,0	22,0	5,8	2,0	48,0	19,0	22,0	0	69,0	91,0	76,0	-	0,2	1,6	12,0	1,2	5,0	
Margarida	0 – 20	20,0	22,0	5,9	1,8	49,0	18,0	20,0	0	68,8	88,8	77,0	-	0,2	1,4	12,0	1,2	3,8	
	20 – 40	68,0	24,0	6,2	4,8	65,0	30,0	16,0	0	99,8	115,8	86,0	-	0,2	1,4	16,0	1,0	3,8	
Quintal	0 – 20	42,0	22,0	5,7	2,8	60,0	25,0	18,0	0	87,8	105,8	83,0	-	1,4	1,6	12,0	1,8	10,0	
	20 – 40	34,0	28,0	5,8	3,8	60,0	25,0	21,0	0	88,8	109,8	81,0	-	0,3	1,6	13,0	1,4	14,0	
		2021																	
Cultivar	Profundidade	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
		mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmolc.dm ⁻³ -----						%	-----mg.dm ⁻³ -----							
Fortuna	0 – 20	10,0	24,0	5,7	1,2	32,0	17,0	26,0	0	50,2	76,2	66,0	3,0	0,5	1,8	12,0	1,2	0,6	
	20 – 40	12,0	24,0	5,8	1,4	45,0	23,0	28,0	0	69,4	97,4	71,0	7,0	1,2	1,8	12,0	1,2	0,6	
Franco	0 – 20	12,0	24,0	5,7	1,7	36,0	18,0	25,0	0	55,7	80,7	69,0	7,0	0,7	2,0	12,0	1,4	0,6	
	20 – 40	15,0	24,0	5,7	2,1	39,0	20,0	24,0	0	61,1	85,1	72,0	5,0	0,6	2,2	11,0	1,4	1,0	
Hass	0 – 20	12,0	24,0	6,0	1,5	53,0	25,0	22,0	0	79,5	101,5	78,0	3,0	0,8	1,8	10,0	1,4	1,2	
	20 – 40	12,0	24,0	5,9	1,5	33,0	17,0	18,0	0	51,5	69,5	74,0	7,0	1,1	1,8	10,0	1,2	1,8	
Margarida	0 – 20	17,0	27,0	6,0	2,1	46,0	22,0	19,0	0	70,1	89,1	79,0	3,0	0,8	1,8	10,0	1,4	0,8	
	20 – 40	22,0	29,0	6,0	2,0	48,0	24,0	19,0	0	74,0	93,0	80,0	5,0	0,6	2,0	11,0	1,6	1,2	
Quintal	0 – 20	31,0	24,0	6,0	2,0	55,0	24,0	18,0	0	81,0	99,0	82,0	4,0	0,6	1,8	14,0	1,2	0,8	
	20 – 40	31,0	29,0	6,0	1,9	55,0	25,0	21,0	0	81,9	102,9	80,0	7,0	0,6	2,0	14,0	1,2	1,0	

Anexo B. (Continuação). Análise de solo em duas profundidades (0 – 20 e 20 – 40 cm) em área com abacateiros ‘Hass’ sobre porta-enxertos de diferentes seedlings. Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil, 2020 a 2022.

		2022																	
Cultivar	Profundidade	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
		mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmolc.dm ⁻³ -----						%	-----mg.dm ⁻³ -----							
Fortuna	0 – 20	11,6	27,5	6,0	1,3	48,5	20,0	18,4	0	69,8	88,2	79,2	2,5	1,8	2,2	21,0	1,0	1,0	
	20 – 40	10,8	25,4	5,7	0,5	47,4	20,0	20,4	0	67,9	88,3	76,9	4,1	0,5	2,2	20,0	1,0	0,3	
Franco	0 – 20	11,2	21,7	5,7	1,2	30,4	11,0	31,8	0	42,6	74,3	57,2	2,4	1,9	2,4	22,0	1,0	0,2	
	20 – 40	15,0	23,0	5,6	0,6	40,9	18,0	25,5	0	59,5	84,9	70,0	2,9	0,6	2,5	22,0	1,0	0,3	
Hass	0 – 20	13,2	25,0	6,1	0,9	54,2	20,0	20,4	0	75,0	95,4	78,6	3,0	1,5	2,1	15,0	1,0	0,6	
	20 – 40	11,3	24,0	6,1	0,4	45,6	19,0	21,3	0	65,0	86,2	75,3	6,1	0,5	2,0	16,0	1,0	0,3	
Margarida	0 – 20	29,4	25,0	6,4	1,2	54,2	22,0	16,4	0	77,3	93,7	82,5	2,7	2,4	2,5	26,0	2,0	2,8	
	20 – 40	22,5	25,6	6,1	1,4	43,7	17,0	23,4	0	62,1	85,5	72,6	3,2	2,4	2,6	25,0	1,0	1,0	
Quintal	0 – 20	29,1	22,8	6,5	0,6	51,3	22,0	15,7	0	73,9	89,5	82,5	3,0	2,2	2,0	20,0	1,0	0,5	
	20 – 40	19,8	24,6	6,4	0,7	56,1	22,0	17,6	0	78,8	96,4	81,7	2,9	1,1	2,2	27,0	1,0	0,5	

Anexo C. Teores de macro e micronutrientes presentes em folhas de abacateiros ‘Hass’ sobre porta-enxertos de diferentes seedlings. Bernardino de Campos, São Paulo, Brasil, 2020 a 2022.

2020											
Porta-enxerto	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/Kg						mg/Kg				
Fortuna	26,0	1,4	0,6	13,0	0,6	1,6	36,0	70,0	140,0	180,0	25,0
Franco	27,0	1,3	5,1	13,6	5,9	1,8	33,0	70,0	141,0	350,0	23,0
Hass	25,5	1,3	6,4	10,6	5,3	1,5	28,0	60,0	120,0	200,0	20,0
Margarida	25,0	1,4	6,6	9,8	4,9	1,4	27,0	30,0	100,0	200,0	24,0
Quintal	26,5	1,3	4,8	13,9	5,9	1,5	34,0	40,0	128,0	350,0	20,0
2021											
Porta-enxerto	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/Kg						mg/Kg				
Fortuna	19,7	1,3	9,7	15,6	5,6	1,7	44,3	52,8	193,5	159,0	21,3
Franco	28,4	1,2	9,9	17,9	4,4	2,1	24,5	58,8	201,3	275,0	20,5
Hass	27,2	1,5	12,4	14,2	6,1	1,9	41,8	62,0	203,0	198,5	23,5
Margarida	32,0	1,8	13,6	18,2	6,2	2,1	36,0	73,0	228,5	217,5	24,5
Quintal	22,5	1,3	8,1	16,8	5,7	1,8	32,0	64,3	182,0	170,0	19,3
2022											
Porta-enxerto	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/Kg						mg/Kg				
Fortuna	18,0	1,4	6,5	17,6	7,1	1,4	19,1	96,3	148,5	259,5	23,3
Franco	15,6	1,1	7,6	15,7	5,9	1,7	27,5	109,2	91,8	279,5	19,9
Hass	18,2	1,3	6,5	14,0	6,6	1,3	26,5	100,7	83,0	210,5	16,9
Margarida	19,7	1,4	6,6	15,4	7,4	1,9	28,3	98,2	149,0	229,0	18,8
Quintal	17,4	1,2	4,7	19,0	7,4	2,2	30,9	109,2	87,0	260,5	22,5