

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ  
ENGENHARIA AGRONÔMICA  
*CAMPUS PORTO GRANDE*

CLEVERTON FRANÇA VAZ

**SELEÇÃO GENOTÍPICA DE PORTA-ENXERTOS NA LARANJEIRA ‘PERA D-6  
CNPMF’ NO CERRADO AMAPAENSE**

PORTO GRANDE - AP

2025

CLEVERTON FRANÇA VAZ

**SELEÇÃO GENOTÍPICA DE PORTA-ENXERTOS NA LARANJEIRA ‘PERA D-6  
CNPMF’ NO CERRADO AMAPAENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
coordenação do curso de Engenharia Agrônômica  
como requisito avaliativo para obtenção do título  
de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Dr. Paulo Ricardo dos Santos.

Coorientador: Dr. Gilberto Ken Iti Yokomizo.

PORTO GRANDE - AP

2025

**Biblioteca Institucional - IFAP**  
**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

---

V495s    Vaz, Cleverton França  
          Seleção genotípica de porta-enxertos na laranjeira 'Pera D-6 CNPMF' no  
          cerrado amapaense / Cleverton França Vaz - Porto Grande, 2025.  
          59 f.

          Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de  
          Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Porto Grande,  
          Bacharelado em Engenharia Agrônômica, 2025.

          Orientador: Dr. Paulo Ricardo dos Santos.  
          Coorientador: Dr. Gilberto Ken-Iti Yokomizo.

          1. Citrus sinensis. 2. REML/BLUP. 3. interação genótipos x ambientes. I.  
          Santos, Dr. Paulo Ricardo dos, orient. II. Yokomizo, Dr. Gilberto Ken-Iti,  
          coorient. III. Título.

---

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CLEVERTON FRANÇA VAZ

**SELEÇÃO GENOTÍPICA DE PORTA-ENXERTOS NA LARANJEIRA 'PERA D-6  
CNPMF' NO CERRADO AMAPAENSE**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Ricardo dos Santos (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP

*Paulo Ricardo dos Santos*

---

Prof. Dr. Gilberto Ken Iti Yokomizo (coorientador)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Amapá



Documento assinado digitalmente

GILBERTO KEN ITI YOKOMIZO

Data: 26/02/2025 14:36:08-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Erialdo de Oliveira Feitosa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP

*Erialdo Oliveira Feitosa*

---

Dr. Maxwell Rodrigues Nascimento

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF



Documento assinado digitalmente

MAXWEL RODRIGUES NASCIMENTO

Data: 27/02/2025 15:37:37-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Monaliza Alves dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE



Documento assinado digitalmente

MONALIZA ALVES DOS SANTOS

Data: 26/02/2025 15:35:39-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Apresentado em: 04 / 02 / 2025.

Conceito/Nota: APROVADO / 9,5

## AGRADECIMENTOS

À minha família, vó Dolores, meu pai Nelson, e minhas duas mães, Joira e Alvanubia, expresso a minha mais profunda gratidão, cujo apoio incondicional, tanto financeiro quanto moral, foi fundamental para que eu pudesse concluir minha graduação. Aos meus irmãos, às minhas primas, aos meus sobrinhos, aos meus amigos. Todos vocês estiveram ao meu lado em cada etapa dessa jornada, acreditando em mim e me incentivando a seguir em frente, mesmo nos momentos mais desafiadores. Sem a força, o carinho e o suporte de vocês, essa conquista não teria sido possível.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Paulo Ricardo dos Santos, agradeço de coração pelo apoio, paciência, dedicação e valiosas contribuições, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para minha trajetória acadêmica e pessoal.

Ao meu coorientador e supervisor de estágio, o Prof. Dr. Gilberto Ken Iti Yokomizo, agradeço a orientação, apoio e confiança, essenciais para meu desenvolvimento na pesquisa e para ampliar minha visão sobre os desafios e oportunidades da área.

Aos professores, Ana, Fabrícia, Cleber, Nilvan e Erialdo, expresso aqui minha sincera gratidão a vocês que, ao longo desta jornada, contribuíram de forma inestimável para o meu crescimento. Sua paciência em me orientar nas disciplinas e o incentivo à pesquisa foram fundamentais para superar os desafios. Agradeço profundamente por acreditarem no meu potencial e por estarem sempre dispostos a compartilhar seu saber e experiência.

À Embrapa Amapá pela infraestrutura e apoio durante a realização do estágio e trabalho de conclusão de curso.

Ao Dr. Maxwell Rodrigues Nascimento, agradeço pelo suporte indispensável na realização das análises estatísticas deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e aos que acreditaram junto comigo que este sonho seria realizado.

“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim, terás o que colher.”

(Carolina, 1997).

## RESUMO

A citricultura no Amapá é uma importante opção adicional para a agricultura familiar, gerando produtos de valor agregado, renda e empregos. No entanto, os agricultores da região enfrentam desafios devido às condições edafoclimáticas adversas. Para superar esses desafios, é crucial desenvolver e adotar combinações de enxerto/porta-enxerto de laranja adaptadas para melhorar a produtividade e a qualidade dos frutos. Nesse contexto, as pesquisas sobre o desempenho de porta-enxertos em laranjeiras-doces enfrentam desafios ambientais e, para aumentar a precisão e eficiência na seleção desses materiais, recomendam-se modelos estatísticos avançados, como REML/BLUP, que permitem análises de repetibilidade, estabilidade, adaptabilidade e produtividade. Assim, objetivou-se avaliar a produtividade, adaptabilidade e estabilidade de porta-enxertos em combinação com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’ nas condições edafoclimáticas do cerrado amapaense. O experimento foi realizado no Campo Experimental do Cerrado da Embrapa Amapá no delineamento em blocos casualizados, compostos por 14 genótipos de porta-enxerto em combinação com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’ com 4 repetições e 5 plantas por parcela. As análises genético/estatísticas foram realizadas utilizando o software SELEGEN através do método REML/BLUP (máxima verossimilhança residual/melhor preditor linear não viesado). A presença da variabilidade genética indicou a existência de potencial seleção dos genótipos de porta-enxerto em combinação com a laranjeira ‘Pera’. Houve coincidência no ranking dos genótipos selecionados para ganho, embora o ordenamento não tenha sido o mesmo. Os genótipos de porta-enxerto Tangerineira ‘Sunki Tropical’ e BRS Matta proporcionaram maiores ganhos genéticos em número de frutos (21,32%) e massa de suco (33,87%), respectivamente. A seleção de genótipos superiores com acurácia acima de 70% pode ser alcançada em sete medições, embora, para número de frutos, 5 a 6 avaliações são suficientes, reduzindo custos e tempo. Os porta-enxerto BRS Tabuleiro, Tangerineira ‘Sunki Tropical’, BRS Bravo, Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, e BRS N. Gimenes Fernandes em combinação com a laranjeira ‘pera’ apresentaram simultaneamente ótimos resultados para estabilidade, adaptabilidade e produtividade. Sendo considerados promissores para o cultivo em condições similares às testadas.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*; Região Norte; REML/BLUP; interação genótipos x ambientes.

## ABSTRACT

Citrus cultivation in Amapá is an important additional option for family farming, generating value-added products, income, and employment. However, farmers in the region face challenges due to adverse edaphoclimatic conditions. To overcome these challenges, it is essential to develop and adopt orange scion/rootstock combinations adapted to improve fruit productivity and quality. In this context, research on rootstock performance in sweet orange trees faces environmental challenges, and to increase precision and efficiency in selecting these materials, advanced statistical models such as REML/BLUP are recommended. These models enable analyses of repeatability, stability, adaptability, and productivity. Thus, this study aimed to evaluate the productivity, adaptability, and stability of rootstocks combined with the 'Pera D-6 CNPMF' sweet orange under the edaphoclimatic conditions of the Amapá Cerrado. The experiment was conducted at the Cerrado Experimental Field of Embrapa Amapá in a randomized block design, consisting of 14 rootstock genotypes combined with the 'Pera D-6 CNPMF' sweet orange, with 4 replications and 5 plants per plot. Genetic and statistical analyses were performed using the SELEGEN software through the REML/BLUP method (restricted maximum likelihood/best linear unbiased predictor). The presence of genetic variability indicated the potential for selecting rootstock genotypes combined with the 'Pera' sweet orange. There was consistency in the ranking of selected genotypes for genetic gain, although the order was not identical. The rootstock genotypes 'Sunki Tropical' mandarin and BRS Matta provided higher genetic gains in the number of fruits (21.32%) and juice mass (33.87%), respectively. Superior genotype selection with accuracy above 70% can be achieved in seven evaluations, although for the number of fruits, 5 to 6 evaluations are sufficient, reducing costs and time. The rootstocks BRS Tabuleiro, 'Sunki Tropical' mandarin, BRS Bravo, 'Santa Cruz Cravo' lemon, and BRS N Gimenes Fernandes combined with the 'Pera' sweet orange showed simultaneously excellent results for stability, adaptability, and productivity, making them promising for cultivation under similar tested conditions.

Keywords: *Citrus sinensis*; Northern Region; REML/BLUP; genotypes × environment interaction.

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Caracterização química do solo do experimento com citros no Campo Experimental do cerrado, Embrapa Amapá, Macapá - AP.   | 23 |
| Tabela 2 - Identificação e descrição dos genótipos de porta-enxertos de citros utilizados no experimento. Embrapa Amapá, Macapá, AP – 2024.....   | 25 |
| Tabela 3 - Análise de Deviance para volume de copa, valor agronômico, número de frutos, massa de frutos, massa de suco, valor do brix, produtividade de frutos por planta, produção de suco por planta e rendimento de suco por planta em 14 combinações de porta-enxertos com a laranjeira ‘Pera’ avaliados em três safras, Macapá - Amapá.....  | 31 |
| Tabela 4 - Estimativa de componentes de variância e parâmetros genéticos para para volume de copa, valor agronômico, número de frutos, massa de frutos, massa de suco, valor do brix, produtividade de frutos por planta, produção de suco por planta e rendimento de suco por planta em 14 combinações de porta-enxertos com a laranjeira ‘Pera’ avaliados em três safras, Macapá - Amapá..... | 34 |
| Tabela 5 - Seleção dos genótipos superiores em 14 combinações de porta-enxertos com a laranjeira ‘Pera’, em todas as safras, para volume de copa, valor agronômico, número de frutos por planta, massa de frutos por planta, massa de suco por planta, produção de frutos por planta, produção de suco por planta, rendimento de suco por planta, Macapá - Amapá.....                           | 37 |
| Tabela 6 - Eficiência das medidas repetidas previstas pelo BLUP de volume de copa, valor agronômico, número de frutos por planta, massa de frutos, massa de suco, produção de frutos e rendimento de suco de genótipos obtidos de 14 combinações de porta-enxertos com a laranjeira ‘Pera’ avaliados em três safras, Macapá - Amapá.....  | 41 |
| Tabela 7 - Estabilidade, adaptabilidade, estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos de volume de copa, valor agronômico, número de frutos por planta, massa de frutos, massa de suco, produção de frutos e rendimento de suco de genótipos obtidos de 14 combinações de porta-enxertos com a laranjeira 'Pera' avaliados em três safras, Macapá - Amapá.....                          | 45 |

## LISTA DE SIGLAS

|        |   |
|--------|---|
| ANADEV | Análise de Deviance   |
| ANOVA  | Análise de variância  |
| BLUP   | Best Linear Unbiased Prediction                                 |
| FAO    | Food And Agriculture Organization                               |
| IBGE   | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                 |
| IEPA   | Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá      |
| IFAP   | Instituto Federal do Amapá                                      |
| INMET  | Instituto Nacional de Meteorologia                              |
| LRT    | Likelihood ratio test   |
| MHPRVG | Média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos |
| MHVG   | Média harmônica dos valores genotípicos                         |
| PRVG   | Performance relativa dos valores genotípicos                    |
| REML   | Restriction Maximum Likelihood                                  |
| TCC    | Trabalho de Conclusão de Curso                                  |
| USDA   | United States Department Of Agriculture                         |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO   | 10 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA  | 12 |
| 2.1 Citricultura no Brasil e região Norte                      | 12 |
| 2.2 Cerrado amapaense  | 13 |
| 2.3 Porta-enxertos   | 15 |
| 2.4 Melhoramento genético dos citros                           | 16 |
| 2.5 Metodologia dos Modelos Mistos (REML/BLUP)                 | 17 |
| 2.6 Parâmetros genéticos                                       | 19 |
| 2.7 Análise e seleção genotípica a partir de medidas repetidas | 19 |
| 2.7.1 Repetibilidade de caracteres em citros                   | 20 |
| 2.7.2 Interação Genótipo x Ambiente (G x A)                    | 20 |
| 2.7.3 Adaptabilidade e estabilidade temporal via REML/BLUP     | 21 |
| 3 OBJETIVOS  | 22 |
| 3.1 Geral  | 22 |
| 3.2 Específicos  | 22 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS   | 22 |
| 4.1 Local e clima  | 22 |
| 4.2 Delineamento experimental e material vegetal               | 24 |
| 4.3 Variáveis avaliadas  | 26 |
| 4.4 Análises estatísticas                                      | 26 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO                                       | 29 |
| 5.1 Análise de Deviance (ANADEV)                               | 29 |
| 5.2 Componentes de Variância e Parâmetros Genéticos            | 32 |
| 5.3 Seleção genotípica em todos as safras avaliadas            | 36 |
| 5.4 Eficiência no número de medições preditas pelo BLUP        | 40 |
| 5.5 Adaptabilidade e estabilidade temporal via REML/BLUP       | 44 |
| 6 CONCLUSÕES   | 50 |
| REFERÊNCIAS  | 51 |

## 1 INTRODUÇÃO

As laranjeiras-doces (*Citrus sinensis*) são as frutas mais produzidas globalmente, tendo sido produzidas 47,9 milhões de toneladas na safra 2022/23 (Vidal, 2024; USDA, 2024). O Brasil é o maior produtor de laranjas e lidera a exportação de suco concentrado, representando 70% do comércio global (Bulhões *et al.*, 2023; USDA, 2024). Em 2023, o país produziu cerca de 17,62 milhões de toneladas, com 76,9% dessa produção em São Paulo, seguido por Minas Gerais, Paraná e Bahia (IBGE, 2024a).

A produção de citros no Brasil tem sido orientada para o mercado de suco concentrado congelado, embora no Norte/Nordeste esteja dividida entre o mercado de frutas frescas e indústria de suco. Nestas regiões o aumento da área cultivada com citros é impulsionado principalmente por condições edafoclimáticas favoráveis (Medeiros *et al.*, 2013). No entanto, no estado do Amapá, os agricultores enfrentam grandes desafios devido à baixa fertilidade dos solos, altas temperaturas, elevados índices pluviométricos, umidade relativa alta e incidência de pragas e doenças, e sobretudo, enfrentam a falta de genótipos testados e recomendadas para o cultivo na região, que possui condições adversas e diferentes às das grandes regiões produtoras, fazendo com que a produção estadual esteja abaixo da média nacional (Segovia; Alves, 2001; Vale Júnior *et al.*, 2011; IBGE, 2024b).

Uma forma de superar tais limitações é a utilização de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas do cerrado amapaense, que produzam frutos com qualidade físico-química que atenda às demandas do mercado local. Nesse sentido, o Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura - PMG Citros, desenvolveu a cultivar copa de laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’, principal cultivar utilizada no Norte do Brasil e diversos porta-enxertos. No entanto, ainda são escassas as informações sobre o desempenho da cultivar copa aos longos dos anos e sua interação com os genótipos de porta-enxertos nas condições do cerrado amapaense, o que é limitante no desenvolvimento da citricultura no Amapá.

Para que uma cultivar copa atinja seu máximo potencial produtivo, é fundamental não apenas realizar os tratamentos culturais adequados, mas também garantir uma perfeita integração com o porta-enxerto. Bastos *et al.* (2014) destacam a significativa participação do porta-enxerto na combinação, influenciando nas características da copa, tais como o crescimento, a produção, precocidade de produção, época de maturação e peso dos frutos,

permanência dos frutos na planta, capacidade de absorção, síntese e utilização de nutrientes, tolerância à salinidade, resistência à seca e ao frio, resistência ou tolerância a doenças e pragas, influenciando também a qualidade e pós colheita dos frutos.

Logo, é essencial que sejam feitos ensaios que visem estudar a interação entre a cultivar copa e o porta-enxerto, pois as principais características morfoagronômicas são determinadas por esse fator. Além disso, é necessário avaliar como essas combinações respondem ao ambiente de produção (locais e anos) onde estão sendo produzidos (G x A).

A interação genótipos x ambientes ( $G \times A$ ) é um dos maiores desafios no melhoramento de plantas, tanto nos procedimentos de seleção quanto na recomendação de cultivares, sendo que os melhoristas normalmente procuram por genótipos estáveis e com melhor desempenho em relação a uma determinada característica (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2014). Nesse sentido, tais pesquisas são escassas no cerrado amapaense, reforçando a importância de pesquisas envolvendo este assunto, pois estas quando realizadas utilizando os métodos adequados permitem maximizar o desempenho dos genótipos em diferentes ambientes, explorando a interação G x A de modo significativo.

Como já citado, a interação G x A promove diferenças significativas no desempenho dos genótipos quando cultivados em diferentes locais e vários anos, causando inconsistência na resposta destes frente à variação ambiental, em especial nas culturas perenes, como é o caso da laranjeira (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012). Logo, é fundamental testar metodologias mais eficientes e precisas para a seleção de genótipos superiores, uma vez que o processo de seleção envolve várias etapas até o lançamento de novas cultivares, além de vários anos nos ciclos de melhoramento. Além disso, geralmente enfrenta-se experimentos desbalanceados e com medidas repetidas em diferentes ambientes ou safras, o que reforça a necessidade de aprimorar as técnicas de avaliação (Capistrano, 2019).

Uma forma de otimizar a seleção e recomendação do genótipo superior é através da utilização dos modelos mistos via o método da Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição linear não viesada (REML/BLUP). Método esse que tem sido bastante utilizado em diversas culturas perenes com o cajueiro, mangueira, bacurizeiro, goiabeira, uva sem semente, gravioleira e cupuaçuzeiro e tem apresentado ótimos resultados (Sánchez *et al.*, 2017; Bertoldo *et al.*, 2017; Machado, 2018; Leão *et al.*, 2018; Sales *et al.*, 2019; Carvalho *et al.*, 2020; Azevedo *et al.*, 2020; Souza, 2022; Malikouski *et al.*, 2022; Ambrósio *et al.*, 2023). No entanto, não há estudos com esse método em porta-enxertos de laranja-doce no estado do Amapá, o que reforça a importância da pesquisa, pois tais informações serão essenciais no

processo de seleção de combinações de genótipos adaptados às condições do cerrado amapaense.

Nesse sentido, é imperativo estudos que visem a seleção de porta-enxertos em combinação com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’ nas condições edafoclimáticas do cerrado amapaense, para produtividade, adaptabilidade e estabilidade temporal via REML/BLUP.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Os Citros são uma das principais culturas frutíferas, sendo várias espécies plantadas em mais de 140 países ao redor do mundo e consumidas *in natura* ou em forma de suco concentrado, e são excelentes fontes de vitaminas, minerais e fibras alimentares (FAO, 2022). A grande variedade de espécies desse gênero se dá principalmente à sua ampla adaptação climática, facilidade de industrialização e as características sensoriais e de qualidade dos frutos.

Dentre as frutíferas presentes nesse gênero, destaca-se a laranjeira-doce, sendo o Brasil o país dono da posição de maior produtor de laranjas (USDA, 2024). É por conta dessa grande produção que vários estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de manter a alta produtividade e evitar problemas fitossanitários.

### 2.1 Citricultura no Brasil e região Norte

Dentre os citros, as laranjeiras-doces (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), que pertencem ao gênero *Citrus* e à família Rutaceae, representam o grupo de frutas mais produzido no mundo, com aproximadamente 47,9 milhões de toneladas produzidas na safra 2022/23 (Vidal, 2024). Além da laranjeira-doce, destacam-se as tangerinas, as mexericas, os limoeiros, as limas doces, limas ácidas, pomelos e cidras (Molin; Mascarin, 2007; Bastos *et al.*, 2014).

O Brasil é o maior produtor mundial de citros e se destaca também como o principal exportador de suco concentrado de laranja, responsável por 70% do mercado global, isso graças ao sabor e pelas características nutricionais como também pela maior facilidade de conservação do suco sem mudar radicalmente suas qualidades organolépticas (Oliveira *et al.*, 2014; USDA, 2024). Em 2023, o país registrou uma produção total de cerca de 17,62 milhões de toneladas de laranjas. A maior parte dessa produção, aproximadamente 76,9%, é

proveniente dos pomares localizados no Estado de São Paulo, seguido por Minas Gerais (6,4%), Paraná (3,9%) e Bahia (3,4%) (Neves *et al.*, 2010; IBGE, 2024a).

Diversos fatores têm impulsionado o aumento da área cultivada com citros nas regiões produtoras do país. Dentre eles, destacam-se as condições edafoclimáticas favoráveis, o estabelecimento de agroindústrias voltadas para o processamento de frutas visando à produção de suco concentrado congelado, e o potencial de crescimento dos mercados interno e externo (Medeiros *et al.*, 2013). No entanto, esse cenário não é o mesmo para a região Norte do Brasil, uma vez que os agricultores do trópico úmido amazônico esbarram em grandes problemas na produção local devido à baixa fertilidade natural dos solos, altas temperaturas, índices pluviométricos elevados, umidade relativa do ar, e a incidência de pragas e doenças, condições bastante adversas das demais regiões produtoras (Vale Júnior *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2008; Mineiro; Silva; Silva; 2009; Segovia; Alves, 2001).

No estado do Amapá, apesar dos problemas supracitados, o setor de produção de citros ainda é muito forte, sendo que a laranjeira é uma das principais frutíferas cultivadas para comercialização de frutos no estado, especialmente no município de Porto Grande, que é o maior detentor da área plantada do estado, seguido pela capital Macapá. No entanto, alguns fatores limitam o potencial do estado como um grande produtor de citros na região, devido a isso, a produção estadual encontra-se muito abaixo da média nacional e do maior produtor do país em termos de produtividade (IBGE, 2024b).

A citricultura no Amapá tem sido orientada para o mercado de suco e de frutas frescas, mas em muitos casos os agricultores familiares adquirem mudas provenientes de outros Estados, que podem não ser adequados para a região, e que muitas vezes desconhecem quem são os enxertos e quem são os porta-enxertos, o que é inadequado para uma citricultura moderna.

## 2.2 Cerrado amapaense

O estado do Amapá, apesar de estar inserido na região amazônica e ser lembrado apenas como possuidor de florestas tropicais, apresenta potencial para produção agropecuária em grande escala em decorrência da extensão territorial do bioma cerrado. O cerrado do Amapá abrange aproximadamente um milhão de hectares, representando 6,9% da área total do Estado. Suas áreas potencialmente produtivas estão concentradas principalmente ao longo do eixo norte-sul, que acompanha as Rodovias BR-156 e AP-070. Essas estradas foram

estrategicamente construídas dentro do bioma do Cerrado devido à maior viabilidade em comparação com as áreas florestais (Castro; Kouri; Alvez, 2015; Melém Júnior; Farias Neto; Yokomizo, 2003; IEPA, 2002). Este bioma estende-se desde pequenas áreas nos municípios de Laranjal do Jari e Mazagão, avançando para o norte em uma faixa que varia de 50 km a 150 km de largura, alcançando o município de Oiapoque. Sua maior representatividade é observada nos municípios de Santana, Macapá, Porto Grande, Ferreira Gomes, Itaubal, Tartarugalzinho e Calçoene (Valente; Campos; Watrin, 2015).

Os solos do estado são majoritariamente Latossolos, especialmente Latossolo Amarelo distrófico, com textura de média a argilosa (20%-60% de argila) e baixa fertilidade natural. Esses solos apresentam baixos teores de matéria orgânica, baixa saturação por bases, alta saturação por alumínio e elevada acidez, fatores que dificultam a agricultura, especialmente na produção de citros, sem correção adequada (Melém Júnior; Farias Neto; Yokomizo, 2003). Essas informações confirmam o potencial da utilização das áreas do Cerrado amapaense para a produção agrícola em grande escala de citros, desde que sejam tomadas providências que visem proporcionar boas condições para a implantação dos cultivos. Isso porque a produtividade dos pomares e a qualidade de frutos da laranjeira podem apresentar certas limitações no cultivo em função do ciclo perene da cultura, o que torna sua produção muito dependente dos fatores do ambiente de cultivo, especialmente nas condições da região amazônica, onde as variações climáticas entre as safras são significativas.

Uma estratégia essencial para enfrentar tais desafios é a adoção de cultivares adaptadas à região, que sejam tanto produtivas quanto capazes de gerar frutos com qualidade físico-química satisfatória que atendam às demandas do mercado consumidor. Entre as laranjeiras doces recomendadas para as regiões de Norte e Nordeste, se destaca a cultivar copa ‘Pera D-6 CNPMF’, preferência decorrente das qualidades dessa cultivar tanto para fruta fresca como para processamento, além disso, essa cultivar copa apresenta maturação mediana ou meia-estação e colheita entre 10 e 14 meses após a abertura das flores (Bastos *et al.*, 2014).

A seleção de genótipos adaptados e estáveis, tanto para copa quanto para porta-enxerto, que ofereçam alta produtividade e características agrônomicas desejáveis é fundamental para o desenvolvimento econômico e sustentável (Bueno, 2006; Capistrano, 2019; Borém, 2013).

### 2.3 Porta-enxertos

O porta-enxerto desempenha um papel crucial na citricultura e na combinação com a cultivar copa, influenciando o desenvolvimento, a produção, a maturação, a qualidade e a pós-colheita dos frutos, além de características como tolerância a estresses ambientais e resistência a doenças e pragas (Bastos *et al.*, 2014).

A citricultura brasileira usa predominantemente o porta-enxerto limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck) devido ao seu vigor, tolerância ao estresse hídrico, fácil obtenção de sementes, bom desempenho no viveiro, rápido crescimento e alta produção precoce, apesar da qualidade regular dos frutos. Sua compatibilidade com diversas variedades de copa, tolerância moderada ao frio e adaptação a solos arenosos também favorecem seu uso. Contudo, o uso excessivo desde a década de 1960 aumentou a vulnerabilidade a doenças, como a morte súbita dos citros, destacando a necessidade de estudar outros porta-enxertos (Mattos Junior *et al.*, 2005; Carvalho *et al.*, 2016).

Além do limoeiro 'Cravo', tem-se também a tangerineira 'Sunki' (*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka), que destaca-se pela boa compatibilidade com limas ácidas, laranjas doces, tangerinas e pomelos, originado do sul da China. Identificada pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, é recomendada para diversificação de porta-enxertos devido à resistência à tristeza, ao declínio, à salinidade e à morte súbita dos citros, mas apresenta limitações como alta suscetibilidade à gomose por *Phytophthora* e número reduzido de sementes por fruto (Blumer, 2005).

Outro importante porta-enxerto utilizado na citricultura brasileira é o Citrumelo 'Swingle' (*C. x paradisi* x *P. trifoliata*), que apesar de apresentar incompatibilidade com variedades como a laranjeira Pêra e a tangerina Murcott, tem mostrado bom desempenho em combinação com variedades como Hamlin, Baía, Valência, Natal e Ponkan. Sua eficácia ressalta sua importância em programas de diversificação de porta-enxertos, oferecendo opções valiosas para a produção cítrica (Mattos Junior *et al.*, 2005; Rodrigues *et al.*, 2010).

O trifoliata (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.), é originário da China e amplamente usado como porta-enxerto devido à resistência a doenças, tolerância a geadas e adaptação a solos argilosos, favorecendo a qualidade dos frutos (Passos *et al.*, 2006). Contudo, enfrenta desafios como formação lenta de mudas, baixa tolerância à seca, vulnerabilidade ao declínio dos citros e incompatibilidade com algumas variedades comerciais (Espinoza-Núñez *et al.*, 2011). Sua

dormência em climas frios, porém, aumenta a resistência ao calor, viabilizando seu uso em regiões quentes (Bastos *et al.*, 2014), exigindo planejamento criterioso em projetos citrícolas.

Já o trifoliata 'Flying Dragon', que é clone resultante de uma mutação natural de *P. trifoliata*, é amplamente utilizado em pomares com plantio adensado devido à sua característica de induzir o nanismo das plantas. Isso facilita o plantio em espaçamentos reduzidos, além de otimizar os tratos culturais e a colheita. Essa característica também contribui para uma maior produtividade dos pomares (Siqueira; Salomão, 2017).

Outro híbrido bastante utilizado como porta-enxerto é o limoeiro 'Rugoso' (*C. x jambhiri*) pois apresenta tolerância à seca, resistência moderada à salinidade e excelente adaptação a solos arenosos profundos, embora seja suscetível a doenças como gomose e declínio dos citros (Brito, 2007). Ele promove alta produtividade e início precoce da produção de frutos, mas com qualidade inferior (Azevedo, 2003).

Além do limoeiro 'Rugoso', tem-se também o limoeiro 'Volkameriano' (*Citrus limon* x *C. aurantium*), sendo esse mais suscetível ao declínio dos citros e à morte súbita em comparação com o limão Cravo, mas apresenta precocidade e qualidade de frutos similares (Pompeu Junior; Blumer, 2019)

E por fim, tem-se o Citrandarin 'Indio', que foi desenvolvido na Califórnia e introduzido no programa de melhoramento de citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura, é um híbrido da tangerineira 'Sunki' com o *Poncirus trifoliata*. Este porta-enxerto destaca-se pelo vigor que induz à copa, alta produtividade, qualidade superior dos frutos, boa compatibilidade com a laranjeira 'Pera' e menor suscetibilidade a doenças como declínio dos citros, gomose e vírus da tristeza (Rodrigues, 2013).

Existem diversos outros genótipos de porta-enxertos, especialmente híbridos, que estão sendo testados em programas de melhoramento genético realizados pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, buscando novas opções para a citricultura em diversas regiões do Brasil.

#### 2.4 Melhoramento genético dos citros

No campo agrícola, o melhoramento genético de citros, quando conduzido de maneira eficaz, surge como uma das estratégias mais promissoras para incrementar a disponibilidade de frutas com qualidade físico-química superior, promovendo o avanço da cadeia produtiva regional. Nesse contexto, destaca-se a importância do Programa de Melhoramento Genético

de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura, cujo objetivo é selecionar indivíduos superiores ou mais adaptados às condições das diversas regiões do território brasileiro.

Tais programas concentram-se principalmente na obtenção de cultivares superiores tanto para a copa quanto para o porta-enxerto, como para a interação entre eles (Oliveira *et al.*, 2014). O porta-enxerto desempenha um papel de extrema importância na formação da planta cítrica, influenciando diversas características da copa, como o desenvolvimento, vigor, precocidade de produção, quantidade e qualidade dos frutos, período de maturação, resistência a pragas e doenças, além da capacidade de adaptação a condições edafoclimáticas adversas. Ao mesmo tempo, preserva as características essenciais da cultivar copa desejada (Bastos *et al.*, 2014).

Nesse contexto, a propagação vegetativa das plantas cítricas torna a seleção massal uma alternativa ágil para desenvolver novos porta-enxertos. Ainda assim, a introdução de cultivares destaca-se como uma estratégia eficiente, econômica e rápida para alcançar resultados promissores.

Por outro lado, o melhoramento genético da laranjeira é um processo demorado e oneroso, isso por conta de algumas limitações como necessidade de grandes áreas experimentais, longos ciclos reprodutivos, como também a presença de oscilações na produção e manifestação tardia de alguns caracteres. Esses fatores aumentam o tempo e os custos da pesquisa, além de dificultar a análise precisa dos dados devido a perdas de plantas e dados desbalanceados (Viana; Resende, 2014).

Sendo assim, para garantir o sucesso no melhoramento genético, é crucial usar delineamentos e métodos de seleção eficientes, priorizando valores genotípicos em vez de médias fenotípicas, especialmente em plantas perenes, como a laranjeira. Dentre os métodos estatísticos apropriados, destaca-se o REML/BLUP (*Restriction Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction*), método essencial para lidar com desafios como o desbalanceamento de dados e obter estimativas mais precisas (Resende, 2016).

## 2.5 Metodologia dos Modelos Mistos (REML/BLUP)

A seleção com base na genética causa dificuldades estatísticas na busca da identificação de indivíduos com base apenas em seus valores genéticos, utilizando modelos que explicam variações de uma variável dependente por meio de variáveis independentes. Os modelos adotados podem ter efeitos fixos e/ou aleatórios, dependendo da natureza dos

genótipos. Quando ambos os efeitos estão presentes, o modelo é chamado de misto (Fritsche-Neto *et al.*, 2010).

Dessa forma, a escolha do modelo estatístico deve atender aos objetivos da pesquisa. O modelo fixo estima médias fenotípicas para seleção específica, enquanto o aleatório foca em variância e covariância, permitindo inferências mais amplas. Já o modelo misto combina ambos para uma análise mais completa. No entanto, a escolha do modelo depende dos dados, da precisão desejada e do tipo de informação necessária (Cruz; Carneiro; Regazzi, 2014). Nesse contexto, a análise de variância (ANOVA) e a análise de regressão com efeitos fixos foram amplamente usadas para gerar modelos estatísticos.

Nesse contexto, embora a ANOVA seja amplamente utilizada, os modelos mistos têm ganhado destaque no melhoramento genético de plantas. Tradicionalmente, os modelos fixos são usados para estimar parâmetros genéticos e comparar médias de tratamentos, mas Resende (2007) defende que os efeitos genotípicos devem ser tratados como aleatórios. Isso permite a predição de valores genotípicos para toda a população, superando limitações da ANOVA, que exige parcelas balanceadas para garantir estimativas precisas e pode não explorar totalmente a interação G x A.

É nesse cenário que a metodologia dos modelos mistos torna-se uma alternativa, pois unifica várias análises, e permite modelar efeitos fixos e aleatórios, além do erro experimental, e estrutura a covariância. Além disso, é uma metodologia considerada ideal para dados de espécies perenes (Resende, 2007).

Ademais, a metodologia dos modelos mistos combina a predição de valores genéticos com a estimativa de componentes de variância. Dentre os métodos, o mais comum para prever valores genéticos é o BLUP, enquanto os componentes de variância são estimados pelo REML. Na prática, esses dois métodos são usados em conjunto, formando o REML/BLUP (Farias Neto *et al.*, 2009; Rodrigues *et al.*, 2013).

O REML, proposto por Patterson e Thompson (1971), permite estimar componentes de variância e garante que as estimativas não sejam negativas e elimina o viés por meio de uma matriz de parentesco, o que possibilita estimativas precisas dos valores genéticos dos indivíduos (Resende *et al.*, 2014). Já o BLUP, que foi desenvolvido por Henderson (1975), prediz efeitos aleatórios em modelos mistos, e ajusta os dados aos efeitos fixos, sendo ideal para experimentos desbalanceados devido à sua alta acurácia seletiva (Resende, 2002).

Essa metodologia é vista como uma tendência no melhoramento de plantas perenes por conta de sua precisão e refinamento no processo seletivo, o que proporciona parâmetros adicionais para identificar genótipos superiores (Capistrano, 2019).

Sendo recentemente introduzida nas análises estatísticas no melhoramento de plantas perenes, a metodologia dos modelos mistos ainda não foi usada em citros cultivados no cerrado amapaense. Portanto, a utilização dessa ferramenta nos ensaios regionais é de grande importância para os programas de melhoramento, e justifica-se ao melhorista estimar a significância de seus efeitos para adotar estratégias permitam efetuar a seleção de genótipos considerando simultaneamente em uma única estatística (REML/BLUP) a produtividade, a estabilidade e a adaptabilidade dos porta-enxerto em combinação com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’.

## 2.6 Parâmetros genéticos

Sabe-se que o sucesso do melhoramento genético depende da escolha adequada dos genitores e da estimação precisa dos parâmetros genéticos, como média e variância, que caracterizam a população (Farias Neto *et al.*, 2013). Tais parâmetros são fundamentais para identificar a ação dos genes, e escolher métodos de seleção eficientes, além de determinar a análise das características (Resende, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2010).

No caso das espécies perenes, faz-se essencial conhecer as contribuições genotípicas, fenotípicas, de interação G x A e residual dos componentes de variância, a repetibilidade, as correlações e as herdabilidades, para obter estimativas precisas e maximizar a acurácia da seleção (Resende, 2002). Ademais, as estimativas de tais parâmetros devem ser precisas para prever valores genéticos e maximizar a acurácia da seleção em programas de melhoramento.

## 2.7 Análise e seleção genotípica a partir de medidas repetidas

No melhoramento genético de plantas perenes existem diversos desafios, destacando-se os longos ciclos produtivos e variações na produção ao longo dos anos de cultivo. Por isso, é importante utilizar medidas repetidas a fim de assegurar a superioridade genética, e a influência dos ciclos produtivos deve ser ajustada através de modelagem estatística, como a análise de medidas repetidas (Cecon *et al.*, 2008).

Uma estratégia que possibilita antecipar a escolha do genótipo superior é o uso do REML/BLUP (Resende *et al.*, 2007). Pois esse método também ajuda a prever o desempenho do genótipo por meio da estimação dos coeficientes de repetibilidade, que mede a correlação entre avaliações de uma mesma característica de um indivíduo ao longo do tempo. Ou seja, o

coeficiente de repetibilidade reflete a variância explicada pelas diferenças genótípicas e pelas alterações permanentes do ambiente comum (Cruz; Carneiro; Regazzi, 2014).

### 2.7.1 Repetibilidade de caracteres em citros

O ciclo de produção de citros é irregular, com alternância de safras, e exige avaliação de laranjeiras por vários anos para identificar genótipos superiores de forma consistente. Ensaio de competição de cultivares costumam ser feitos com testes anuais ou produção acumulada de mais de oito colheitas. No entanto, esses testes são caros, ocupam grandes áreas experimentais e estão sujeitos a perdas por pragas e doenças, como gomose, clorose variegada e huanglongbing (Capistrano, 2019).

Com isso, a determinação do coeficiente de repetibilidade é crucial para prever o desempenho dos genótipos e estimar o número de avaliações fenotípicas necessárias para uma característica se manter constante. Apesar de sua relevância em plantas perenes, ainda são raros os estudos sobre citros, especialmente no cerrado amapaense, onde esse tipo de pesquisa não foi registrado (Cruz; Carneiro; Regazzi, 2014).

### 2.7.2 Interação Genótipo x Ambiente (G x A)

Ensaio de interação G x A são de suma importância para verificar a adaptação de cada genótipo frente às variações ambientais, bem como sua produtividade e previsibilidade de produção aos mais diversos locais de cultivo (ambiente), e produção ao longo dos anos, fatores que determinam a recomendação dos genótipos para as regiões (Bueno, 2006; Capistrano, 2019; Borém, 2013). A quantificação dessa interação em ensaios regionais é crucial para programas de melhoramento, permitindo selecionar genótipos com base em produtividade, estabilidade e adaptabilidade, usando uma única estatística (REML/BLUP), no caso aqui aplicado nos porta-enxerto em combinação com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’.

Para o estudo da interação genótipo x ambiente existem métodos que consideram apenas a produção, a adaptabilidade e estabilidade individualizados (Carvalho *et al.*, 2016). Além desse método, tem-se o da média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos (MHPRVG), proposto por Resende (2004), usando como base a análise dos valores genéticos por meio de modelos mistos e permite efetuar a seleção de genótipos considerando simultaneamente a produtividade, a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos.

O modelo misto univariado para interação genótipos x ambientes considera os efeitos genotípicos como aleatórios, possibilitando a análise de dados desbalanceados, delineamentos não ortogonais e heterogeneidade de variâncias. Além disso, permite erros correlacionados dentro de locais, seleção dentro de progênies, e fornece valores genéticos ajustados para instabilidade. Além disso, esse modelo é aplicável a qualquer número de ambientes e gera resultados na escala do caráter avaliado e possibilita seleções específicas, como genótipos estáveis, como também mais adaptáveis a melhorias ambientais (Gonçalves *et al.*, 2014).

Estudos da interação G x A com citros ao longo das safras no cerrado do Amapá são essenciais para enfrentar os desafios edafoclimáticos da região Norte como forma de aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos frutos e fortalecer a cadeia produtiva local, além de reduzir perdas e custos ao aumentar a resistência a pragas e doenças.

### 2.7.3 Adaptabilidade e estabilidade temporal via REML/BLUP

Conceitua-se adaptabilidade a capacidade de uma planta se desenvolver bem em diferentes ambientes, enquanto que a estabilidade refere-se à manutenção desse desempenho mesmo diante de variações nas condições de cultivo. Em programas de melhoramento, essas características são essenciais para selecionar cultivares produtivas e confiáveis, independentemente das mudanças no clima ou no manejo, proporcionando mais segurança aos agricultores.

Por isso, estudos sobre a adaptabilidade e estabilidade produtiva são fundamentais para identificar genótipos com comportamento previsível na produção de laranja, capazes de responder de forma eficiente às variações ambientais, seja em condições específicas ou mais amplas ao longo das safras. Nesse sentido, métodos de seleção que integram adaptabilidade e estabilidade em uma única estatística tendem a ser mais eficazes do que aqueles baseados apenas na produtividade (Rosado *et al.*, 2012).

Os programas de melhoramento de citros desenvolvem novas cultivares de copa e porta-enxerto, e as submetem a testes de desempenho agrônomico para recomendação aos produtores. A adaptação ao local de cultivo, adaptabilidade e estabilidade de produção são fatores essenciais para essa recomendação. No entanto, a interação genótipos x ambientes pode influenciar o comportamento das cultivares em diferentes anos e regiões. A avaliação dessa interação é crucial, permitindo ao melhorista quantificar seus efeitos e adotar estratégias para minimizá-los ou aproveitá-los (Borém, 2013).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Geral

Avaliar a produtividade, adaptabilidade e estabilidade de porta-enxertos em combinação com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’ nas condições edafoclimáticas do Cerrado amapaense.

#### 3.2 Específicos

1. Estimar componentes de variância e parâmetros genéticos.
2. Simular a seleção genotípica dos genótipos avaliados por meio do ganho com a seleção e os valores genotípicos médios para caracteres de interesse econômico em três safras.
3. Estimar o coeficiente de repetibilidade e determinar a eficiência no número de medições a partir dos valores genotípicos preditas pelo BLUP para selecionar os melhores porta-enxertos em combinação com a laranja ‘Pera D-6 CNPMF’.
4. Ordenar os melhores genótipos de porta-enxerto em combinações com a laranja ‘Pera D-6 CNPMF’ testados em três safras, simultaneamente a adaptabilidade, estabilidade e produtividade.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

#### 4.1 Local e clima

O experimento foi implantado em 2020 com base em estudos prévios realizados pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura - PMG Citros no Campo Experimental do Cerrado (CEC), pertencente à Embrapa Amapá, localizado nas coordenadas geográficas 00° 22’55” N e 51° 04’10” W, em Macapá - AP. O solo presente na área foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico com textura média (Tabela 1). Conforme a classificação de Köppen, o clima é tropical úmido (Aw), ou seja, a região registra temperaturas médias mensais superiores a 18 °C durante todo o ano, como também apresenta clima tropical com estação seca de inverno (Alvares *et al.*, 2013).

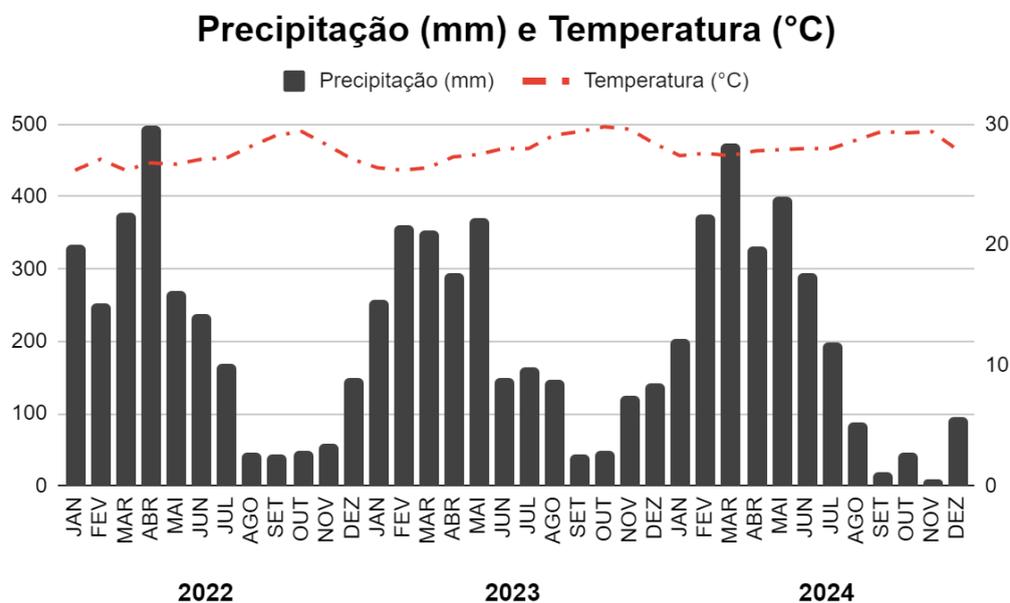
**Tabela 1.** Caracterização química do solo do experimento com citros no Campo Experimental do cerrado, Embrapa Amapá, Macapá - AP.

| Prot. | pH               | MO    | P                  | K <sup>+</sup>                     | Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | SB  | CTC (pH7) | V  | m  |
|-------|------------------|-------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------|----------------------------------|-----|-----------|----|----|
|       | H <sub>2</sub> O | g/Kg  | mg/dm <sup>3</sup> | cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> |                                    |                  |                  |                                  |     | %         |    |    |
| 822   | 4,6              | 13,27 | 1                  | 0,02                               | 1,2                                | 0,9              | 0,5              | 2,2                              | 1,2 | 3,4       | 35 | 29 |
| 823   | 4,5              | 68,27 | 4                  | 0,02                               | 0,6                                | -                | 1,0              | 2,6                              | 0,6 | 3,2       | 19 | 62 |
| 824   | 4,8              | 11,21 | 2                  | 0,02                               | 0,4                                | -                | 1,0              | 2,6                              | 0,4 | 3,0       | 13 | 71 |

Fonte: Autores, 2025.

Segundo a última Normal Climatológica do município, obtida a partir de informações disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a média da precipitação pluvial total anual é de 2.525,7 mm, com 1.454,2 mm no quadrimestre mais chuvoso, de fevereiro a maio, e de 202,58 mm no menos chuvoso, de agosto a novembro. A umidade relativa anual é de 80,9%, com temperatura média anual de 27,4 °C, variando em média com mínima de 24 °C a máxima de 32 °C (INMET, 2022).

Os dados referentes à temperatura e a precipitação pluviométrica, durante os anos de condução do experimento estão disponíveis na Figura 1 (INMET, 2025).



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) mensal durante o período experimental.

Fonte: INMET (2025).

#### 4.2 Delineamento experimental e material vegetal

O experimento foi montado usando o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições. A parcela foi constituída por uma linha com 5 plantas, espaçadas 4,0 m entre si, e com o espaçamento de 5,5 m entre as linhas. Foram avaliadas todas as cinco plantas da linha (área útil), não possuindo bordadura. A área total do experimento foi de 6.600 m<sup>2</sup>. O cultivo foi realizado com irrigação e com manejo nutricional baseado em análise de solo da área experimental. O controle de plantas daninhas, além da prevenção e manejo de pragas e doenças, foram realizados seguindo as recomendações previamente estabelecidas pelo setor de campo da Embrapa Amapá.

Os tratamentos foram compostos por 14 genótipos (portas-enxertos) provenientes do Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura - PMG Citros (Passos *et al.*, 2007). A descrição e identificação dos 14 porta-enxertos que receberam o enxerto da laranjeira 'Pera CNPMF-D6', principal cultivar copa de citros utilizada no Amapá, estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Relação dos 14 genótipos de porta-enxerto utilizados em combinação com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’ provenientes do programa de melhoramento genético de Citros (PMG-Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Embrapa Amapá, Macapá, AP – 2025.

| Número | Identificação           | Nome comum  | Parentais ou Espécie  |
|--------|-------------------------|---|---|
| 1      | BRS Tabuleiro           | Citrimoniandarin                                  | <i>Citrus sunki</i> x ( <i>Citrus limonia</i> x <i>Poncirus trifoliata</i> ) <sup>1</sup> |
| 2      | Sunki Tropical          | Tangerina   | <i>C. sunki</i>   |
| 3      | BRS Matta               | Citrandarin                                       | <i>C. sunki</i> x <i>P. trifoliata</i> <sup>2</sup>                                       |
| 4      | HTR - 069               | Híbrido trifoliolado                              | <i>C. sinensis</i> x ( <i>C. sinensis</i> x <i>P. trifoliata</i> ) <sup>3</sup>           |
| 5      | BRS Bravo               | Citrimoniandarin                                  | <i>C. sunki</i> x ( <i>C. limonia</i> x <i>P. trifoliata</i> ) <sup>4</sup>               |
| 6      | BRS Cunha Sobrinho      | Híbrido de Tangerina x Citrumelo, Citrumelandarin | <i>C. sunki</i> x ( <i>C. paradisi</i> x <i>P. trifoliata</i> ) <sup>5</sup>              |
| 7      | BRS S Moreira           | Híbrido de Limão-cravo e Citrumelo                | <i>C. limonia</i> x ( <i>C. paradisi</i> x <i>P. trifoliata</i> ) <sup>6</sup>            |
| 8      | BRS Dornelles           | -   | <i>C. sunki</i> x ( <i>C. sinensis</i> x <i>P. trifoliata</i> ) <sup>7*</sup>             |
| 9      | BRS Cravinho            | Híbrido de limão volkameriano e limão cravo       | <i>C. volkameriana</i> x <i>C. limonia</i> <sup>8*</sup>                                  |
| 10     | BRS Donadio             | Citrandarin                                       | <i>C. sunki</i> x <i>P. trifoliata</i> <sup>9</sup>                                       |
| 11     | Cravo Santa Cruz        | Limão-cravo                                       | <i>C. limonia</i>   |
| 12     | BRS N Gimenes Fernandes | Citrimoniambhiri                                  | <i>C. jambhiri</i> x ( <i>C. limonia</i> x <i>P. trifoliata</i> ) <sup>10</sup>           |
| 13     | Citrandarin ‘Índio’     | Citrandarin                                       | <i>C. sunki</i> x <i>P. trifoliata</i>  |
| 14     | Limoeiro ‘Cravo’        | Limão-cravo                                       | <i>C. limonia</i>   |

<sup>1</sup>Híbrido resultante de cruzamento da Tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] x (Limoeiro ‘Cravo’ (*C. ×limonia* Osbeck) x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.); <sup>2</sup>Híbrido resultante de cruzamento da Tangerineira ‘Sunki’ comum x *P. trifoliata* ‘Flying Dragon’; <sup>3</sup>Híbrido resultante de cruzamento da laranjeira ‘Pera’ (*C. ×sinensis*) x Citrange ‘Yuma’ (*C. ×sinensis* x *P. trifoliata*); <sup>4</sup>Híbrido resultante de cruzamento da Tangerineira ‘Sunki’ comum x (Limoeiro ‘Cravo’ x *P. trifoliata*); <sup>5</sup>Híbrido resultante de cruzamento da Tangerineira ‘Sunki’ comum x Citrumelo ‘Swingle’ (*C. ×paradisi* x *P. trifoliata*); <sup>6</sup>Híbrido resultante do cruzamento do Limoeiro ‘Cravo’ x Citrumelo ‘Swingle’; <sup>7</sup>Híbrido resultante do cruzamento da Florida ‘Sunki’ mandarin x Citrange ‘Troyer’ (*C. ×sinensis* (L.) Osbeck x *P. trifoliata*), em fase de inscrição no MAPA; <sup>8</sup>Híbrido resultante do cruzamento do Limoeiro ‘Volkameriano’ [*C. ×volkameriana* (Risso) V. Ten. & Pasq.] x Limoeiro ‘Cravo’, em fase de inscrição no MAPA; <sup>9</sup>Híbrido resultante do cruzamento da Tangerineira ‘Sunki’ comum x *P. trifoliata* ‘Flying Dragon’; <sup>10</sup>Híbrido resultante do cruzamento do Limoeiro ‘Rugoso’ (*C. ×jambhiri* Lush.) x (Limoeiro ‘Cravo’ x *P. trifoliata*).

### 4.3 Variáveis avaliadas

As variáveis avaliadas foram: *valor agrônomo* (VA), nota visual atribuída ao estado geral das plantas em condições de campo, quanto ao desenvolvimento vegetativo, sanidade e produtividade, variando de 1 ruim a 5 excelente;

*Altura da copa* (AL), avaliado em metros, medida desde a base do caule, ao nível do solo, até a extremidade do ramo mais alto com auxílio de uma fita métrica;

*Largura da copa* (LA), no sentido transversal experimento, em metros, medida com o auxílio de uma fita métrica no chão;

*Volume da copa* (VOL), obtido pela fórmula  $V = 2/3 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h$ , onde R = raio da largura da copa e h = altura da copa, expresso em m<sup>3</sup>;

*Número de frutos* (NF), contabilizando o número de frutos presentes em cada planta planta;

*Massa de frutos* (MF), média da massa de 5 frutos, em g, pesados em balança semi-analítica;

*Massa de suco* (MS), média da massa de 5 frutos, em g, pesados em balança semi-analítica;

*Produtividade de frutos por planta* (PROD), calculado multiplicando o número de frutos pela massa dos frutos, valor expresso em kg/m<sup>2</sup>;

*Produção de suco por planta* (PRODSUC), calculado multiplicando o número de frutos pela massa do suco, valor expresso em kg;

*Rendimento de suco por planta* (RENDSUC), calculado dividindo a massa do suco pela massa dos frutos multiplicando por 100, resultado expresso em %;

*Grau brix* (°Brix) do suco de 5 frutos, medido com o auxílio de um refratômetro digital portátil.

### 4.4 Análises estatísticas

O estudo conta com dados coletados em três safras, sendo elas no ano de 2022, 2023 e 2024.

Para estimar os componentes de variância e prever os efeitos dos genótipos e da interação genótipos x safras pelo procedimento REML/BLUP (*Restriction Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction*), foi utilizado o modelo estatístico que considera

a avaliação de cultivares em delineamento em blocos completos com estabilidade e adaptabilidade temporal, em várias medições (safras) e uma observação por parcela, sendo realizada uma análise conjunta por meio da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG), com o seguinte modelo estatístico:  $y = Xm + Zg + Wp + Ti + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados,  $m$  é o vetor dos efeitos das combinações medição-repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $p$  é vetor dos efeitos de ambiente permanente (parcelas) (aleatórios),  $i$  é o vetor dos efeitos da interação genótipos x medições e  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios) e  $X$ ,  $Z$ ,  $W$  e  $T$  são as matrizes de incidência para  $m$ ,  $g$ ,  $p$  e  $i$ , respectivamente. As distribuições e estruturas de médias (E) e variâncias (Var) assumidas foram:

$$E[ygpie] = [Xm0000]; \text{Var}[gpie] = \begin{bmatrix} I\sigma_g^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_p^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_i^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

O ajuste da equação de modelo misto foi obtido a partir das equações:

$$\left[ X'XX'Z'X'WX'TZ'XZ'Z + \lambda_1 Z'WZ'TW'XT'XW'ZT'ZW'W + \lambda_2 W'TT'WT'T + \lambda_3 \right] X [g \ p \ i] = [Z'yW'yT'y]$$

Em que  $\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_g^2} = \frac{(1-h_g^2-h_a^2)}{h_g^2}$ ,  $\lambda_2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{perm}^2} = \frac{(1-h_g^2-c_{perm}^2)}{c_{perm}^2}$ ;  $\lambda_3 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{gm}^2} = \frac{(1-h_g^2-c_{gm}^2)}{c_{gm}^2}$  significam  $h_g^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{perm}^2 + \sigma_{gm}^2 + \sigma_e^2}$ , herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo;  $h_{mg}^2 = \frac{\sigma_g^2}{(\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{j})}$ ,

herdabilidade da média de genótipos;  $r^{gmed} = \frac{\sigma_{gm}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{gm}^2} = \frac{h_g^2}{h_g^2 + c_{gm}^2}$ , correlação genotípica através

das medições (safras);  $r^{gg} = \sqrt{h_{mg}^2}$ , acurácia na seleção de genótipos;  $c_{perm}^2 = \frac{\sigma_{perm}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{perm}^2 + \sigma_e^2}$ ,

coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente;  $c_{gm}^2 = \frac{\sigma_{gm}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{gm}^2 + \sigma_e^2}$ ,

coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x medições (safras);  $r = \frac{(g^2 + \sigma_{perm}^2)}{(\sigma_f^2)}$ , repetibilidade ao nível de parcela;  $CVg\% = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\mu}$ , coeficiente de variação

genotípica;  $CVe\% = \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\mu}$ , Coeficiente de variação residual;  $CVr = \frac{CVg\%}{CVe\%}$ , coeficiente de variação relativa.

Foi utilizado o procedimento estatístico dos modelos mistos, em dados desbalanceados para fins de seleção de genótipos superiores, pois os efeitos do modelo empregado não devem ser testados via teste F, tal como ocorre no método da análise de variância (Resende, 2016).

Portanto, o teste recomendado para os efeitos aleatórios é o teste da razão de verossimilhança (LRT), por meio de uma análise de deviance. Tal análise generaliza a análise de variância clássica, tanto para dados balanceados como para desbalanceados, indicando a qualidade do ajuste do modelo utilizado. Sendo, portanto, a deviance uma estatística derivada da diferença entre as verossimilhanças do modelo completo em relação aos efeitos que se deseja testar.

No estudo da interação entre genótipos (G) e ambientes (E), foi utilizado o Modelo Misto Univariado (Resende, 2004). Tal modelo é composto pelos efeitos principais (G) e pela interação (G x A) por meio de  $G + GA$ , obtendo o BLUP multivariado. Para a eliminação dos ruídos de interação genótipos x ambientes, foi utilizado o BLUP dos efeitos G x A.

Para a avaliação genética pelos maiores valores da média harmônica dos valores genotípicos foi utilizado o método MHPRVG (Resende, 2016):  $MHPRVG = \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{Vg_{ij}}}$ , em que:

$n$  é o número de locais onde se avalia o genótipo  $i$ ; e  $Vg_{ij}$  é o valor genotípico do genótipo  $i$  no local  $j$ , expresso como proporção da média desse local.

Foram utilizadas três estratégias para a seleção dos genótipos de melhor desempenho, para o método MHPRVG: i) seleção com base no valor genético predito, por meio do comportamento médio em todas as safras, na situação sem interação; ii) seleção com base no valor genético predito, considerando o comportamento dos genótipos em cada local, na situação com efeito da interação média; e, iii) a seleção simultânea para produtividade, estabilidade (MHVG) e adaptabilidade (PRVG).

Tais parâmetros foram obtidos da seguinte forma: estimação da estabilidade obtida pelo método da Média Harmônica dos Valores Genéticos (MHVG) dada pelo estimador:

$$MHVG = \frac{n}{\sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{Vg_{ij}} \right)}$$

Em que:  $n$  é o número de ambientes ( $n = 2$ ) nos quais o genótipo  $i$  foi avaliado, e  $Vg_{ij}$  é o valor genotípico do genótipo  $i$  na safra  $j$ . A adaptabilidade foi mensurada pelos valores da Performance Relativa dos Valores Genéticos (PRVG), conforme a expressão:

$$PRVG = \frac{1}{n} \times \left( \sum_{j=1}^n \frac{Vg_{ij}}{M_j} \right)$$

Em que:  $M_j$  representa a média do rendimento de grãos no ambiente  $j$ . A seleção simultânea quanto a produtividade, estabilidade e adaptabilidade dada pela MHPRVG calculada pela equação:

$$MHPRVG = \frac{1}{PRVG}$$

Todas as análises, análise de deviance, de modelo misto e as análises de adaptabilidade e estabilidade foram realizadas com o software SELEGEN-REML/BLUP, utilizando-se o modelo estatístico 55 (Resende, 2016).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise de Deviance (ANADEV)

Os efeitos dos genótipos foram significativos para os parâmetros de volume de copa (VOL), valor agrônômico (VA), número de frutos (NF) e massa de suco (MS) (Tabela 3). Essa significância indica que existe variabilidade genética entre os genótipos estudados, o que também indica a possibilidade de ganho e seleção de indivíduos superiores para essas variáveis. Especialmente no quesito número de frutos, visto que o mercado de citros no estado do Amapá é direcionado para o consumo de frutos *in natura*, dessa forma, porta-enxertos que condicionam boa produção de frutos são mais indicados para o cultivo na região.

Enquanto que a interação dos genótipos x safras (G x S) também foi significativa para as mesmas variáveis. Nesse caso, a interação não é desejada pelo melhorista, pois significa que será difícil prever o comportamento dos genótipos frente às mudanças ambientais e anos de produção. No entanto, faz-se necessário avaliar os genótipos por vários ambientes e anos para avaliar seu desempenho na busca por indivíduos superiores, uma vez que as análises que estejam limitadas a um único ambiente são consideradas ineficazes devido a influência de diversos fatores na interação G x A (Carias *et al.*, 2016; Capistrano, 2019).

Nesse contexto, deve-se levar em consideração que a produtividade dos genótipos pode variar bastante ao longo dos anos, influenciada por fatores como alternância no ciclo de produção da cultura, condições climáticas e outros aspectos. Esse tipo de variação é comum em plantas perenes, o que mostra a importância de levar em conta as condições do sistema de produção ao longo das safras (Maia *et al.*, 2009; Rosado *et al.*, 2012; Peixoto, 2022). Sendo assim, considera-se esperado que genótipos que se destacam em uma safra nem sempre repitam o mesmo desempenho na seguinte, uma vez que mudanças no clima, ataques de pragas, manejo adotado e a interação com o ambiente causem alternância nos anos de

produção, destacando a necessidade de acompanhar esses materiais por mais anos para entender seu comportamento ao longo do tempo.

Como já citado, os genótipos apresentaram diferentes desempenhos ao longo das safras, indicando variabilidade, com isso, pode-se prosseguir com o processo de seleção e verificar qual a melhor safra e quais os melhores genótipos. No entanto, para que seja realizada a seleção, é necessário estimar alguns parâmetros genéticos.

Sendo assim, partir das variâncias genóticas e fenóticas foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido amplo ( $H^2g$ ), herdabilidade da média de genótipos em três safras ( $H^2mg$ ), acurácia seletiva ( $Acm$ ), coeficiente de determinação dos efeitos permanentes ( $c^2perm$ ), coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x safras ( $c^2gm$ ) e as correlações genóticas através das safras ( $rgmed$ ).

**Tabela 3** - Análise de Deviance (ANADEV) para volume de copa (VOL), valor agrônômico (VA), número de frutos (NF) por planta, massa de frutos por planta (MF), massa de suco (MS), valor do brix (BRIX), produtividade de frutos por planta (PROD), produção de suco por planta (PRODSUC), rendimento de suco por planta (RENDSUC) em 14 combinações de porta-enxertos com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’ avaliados em 2022, 2023 e 2024. Macapá - Amapá.

| Fonte           | VOL      |                    | VA       |                    | NF       |                    | MF       |                    | MS       |                    | BRIX     |                    | PROD     |                 | PRODSUC  |                    | RENDSUC  |                    |
|-----------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|-----------------|----------|--------------------|----------|--------------------|
|                 | Deviance | LRT                | Deviance | LRT             | Deviance | LRT                | Deviance | LRT                |
| Genótipos       | 80,33    | 986,9***           | 65,59    | 18,15***           | 542,76   | 3,69*              | 1965,71  | 0,77 <sup>ns</sup> | 1137,1   | 24,25***           | 1043,75  | 2,03 <sup>ns</sup> | 796,28   | 0 <sup>ns</sup> | 1041,94  | 0,25 <sup>ns</sup> | 1210,02  | 0,23 <sup>ns</sup> |
| Ambiente        | 40,85    | 1026,4***          | 83,6     | 0,14 <sup>ns</sup> | 540,74   | 1,67 <sup>ns</sup> | 1964,95  | 0,01 <sup>ns</sup> | 1112,94  | 0,09 <sup>ns</sup> | 1034,76  | 6,96***            | 796,28   | 0 <sup>ns</sup> | 1041,7   | 0,01 <sup>ns</sup> | 1210,61  | 0,82 <sup>ns</sup> |
| G x A           | 1067,24  | 0,01 <sup>ns</sup> | 73,56    | 10,18***           | 572,42   | 33,35***           | 1964,94  | 0 <sup>ns</sup>    | 1117,13  | 4,28**             | 1034,63  | 7,09***            | 796,28   | 0 <sup>ns</sup> | 1041,72  | 0,03 <sup>ns</sup> | 1209,88  | 0,09 <sup>ns</sup> |
| Modelo completo | 1067,23  | -                  | 83,74    | -                  | 539,07   | -                  | 1964,94  | -                  | 1112,85  | -                  | 1041,72  | -                  | 796,28   | -               | 1041,69  | -                  | 1209,79  | -                  |

LTR: Teste da razão de verossimilhança; <sup>ns</sup> corresponde a não significativo, e \*\*\* ( $P \leq 0,01$ ) \*\* ( $P \leq 0,05$ ) \* ( $P \leq 0,10$ ) corresponde a significativo pelo qui-quadrado, teste a 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente, pela análise de deviance com base no teste LRT.

## 5.2 Componentes de Variância e Parâmetros Genéticos

Os resultados da análise conjunta referentes aos componentes de variância e parâmetros genéticos, envolvendo 14 genótipos de porta-enxerto em combinação com a laranjeira 'Pera' avaliados em 2022, 2023 e 2024 são apresentados na Tabela 4.

Neste estudo, a variância fenotípica ( $V_f$ ) foi desmembrada em variância genética ( $V_g$ ), variância de efeitos permanentes ( $V_{perm}$ ), variância da interação genótipos x medições ( $V_{gm}$ ), e variância residual temporária ( $V_e$ ).

A variância ambiental foi a principal responsável pela variância fenotípica nas variáveis volume de copa (94,87%), massa de fruto (95,28%), brix (95,98%), produção de frutos por planta (99%), produção de suco (94,46%) e rendimento de suco (86,82), evidenciando a forte influência das mudanças anuais nos anos de produção. Isso se deve ao fato de as características analisadas nesta pesquisa serem majoritariamente de caráter quantitativo e altamente sensíveis ao ambiente. Além disso, as plantas jovens de laranja, por estarem expostas às variações climáticas ao longo dos anos, acabam expressando seus potenciais fenotípicos de maneira distinta em cada período (Pereira *et al.*, 2013; Almeida, 2017). Enquanto que para massa de suco (53,29%) e valor agrônômico (48,44) a variância genotípica foi a principal responsável pela  $V_f$ .

Foram estimadas, ao mesmo tempo, a herdabilidade individual ( $H^2_g$ ) e a correlação genética ao longo das colheitas. A estimativa da herdabilidade é fundamental nos programas de melhoramento genético, pois ajuda a garantir uma seleção mais precisa e eficiente dos indivíduos superiores (Pereira *et al.*, 2013; Lucius *et al.*, 2014; Capistrano, 2019). Através do índice de herdabilidade, pode-se indicar que a proporção da variação total observada em uma característica pode ser atribuída a fatores genéticos (Porto *et al.*, 2021). Resende (2002) discute que esse parâmetro pode ser expresso em valores que variam de 0 a 1, onde os valores mais próximos de 1 sugerem que a variação é predominantemente genética, enquanto que valores mais baixos indicam uma maior influência ambiental, e que para plantas perenes as magnitudes podem ser classificadas da seguinte: baixas ( $H^2 < 0,15$ ), medianas ( $0,15 < H^2 < 0,50$ ) e altas ( $H^2 > 0,50$ ).

Nesse sentido, altos valores de herdabilidade encontrados estão associados a características nas quais a seleção genética tende a ser mais eficiente, já que a contribuição do ambiente é considerada reduzida. Em contrapartida, características que apresentam baixa

herdabilidade indicam que a influência do ambiente é maior, ou seja, maior contribuição dos efeitos ambientais na variância fenotípica, o que dificulta a resposta à seleção.

Geralmente, as herdabilidades individuais baixas são comuns para caracteres quantitativos, e resultam em herdabilidades moderadas para médias de progênies (Resende, 2007). Além disso, é importante lembrar que a herdabilidade pode variar conforme a população avaliada, as condições ambientais e o manejo adotado (Pompeu Junior; Blumer; Resende, 2013).

Neste trabalho, as estimativas de herdabilidade individual ( $H^2g$ ), para as variáveis volume de copa (0,04), massa de fruto (0,03), brix (0,04), produção de frutos  $kg/m^2$  (0,01), produção de suco (0,03) e rendimento de suco (0,03), as magnitudes de herdabilidade individual foram baixas ( $H^2 < 0,15$ ). As variáveis de herdabilidade de magnitude medianas ( $0,15 < H^2 < 0,50$ ) foram valor agrônomo (0,48) e número de frutos (0,30). Enquanto que para a variável massa de suco (0,53) a magnitude da herdabilidade individual foi alta ( $H^2 > 0,50$ ).

Dessa forma, a maioria das variáveis analisadas mostrou herdabilidade individual de baixa a média magnitude. Esse comportamento é consistente com o que é relatado na literatura, onde a herdabilidade individual de grande parte dos caracteres quantitativos de importância econômica nas laranjeiras gira em torno de 0,09 a 0,20 (Pompeu Júnior *et al.*, 2013; Capistrano, 2019). Além disso, valores de pequena e média magnitude para herdabilidade individual já são resultados esperados para espécies perenes, especialmente por estarem expostas a variação climática ao longo dos anos (Almeida, 2017).

Sendo assim, os baixos valores de herdabilidade no sentido amplo encontrados indicam que houve bom controle genético na expressão das características avaliadas, o que viabiliza a realização de seleção, além de apontar para potenciais ganhos genéticos (Resende, 2007; Borges *et al.*, 2010; Capistrano, 2019).

Na estimativa do coeficiente de herdabilidade média dos genótipos ( $H^2mg$ ), verificou-se que os caracteres de valor agrônomo (0,86), número de frutos (0,63) e massa de suco (0,89) apresentaram alta herdabilidade ( $H^2mg > 0,50$ ), enquanto que volume de copa (0,31), massa de frutos (0,28), grau brix (0,27), produção de suco (0,21) e rendimento de suco (0,21) apresentaram herdabilidade mediana ( $0,15 < H^2mg < 0,50$ ), o que indica a possibilidade de seleção para tais caracteres (Tabela 4). Borges *et al.* (2017) em um trabalho com pupunheira, uma espécie perene, também encontrou herdabilidades moderadas (0,25) para o caráter massa média de frutos.

**Tabela 4** - Estimativa de componentes de variância e parâmetros genéticos para volume de copa (VOL), valor agrônômico (VA), número de frutos (NF) por planta, massa de frutos por planta (MF), massa de suco (MS), valor do brix (BRIX), produtividade de frutos por planta (PROD), produção de suco por planta (PRODSUC), rendimento de suco por planta (RENSUC) em 14 combinações de porta-enxertos com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’ avaliados em três safras. Macapá - Amapá.

| Var. comp.          | VOL             | VA              | NF              | MF              | MS              | BRIX            | PROD            | PRODSUC         | RENSUC          |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Vg                  | 23,9790         | 0,1531          | 14,5734         | 2953,6026       | 369,1761        | 19,1057         | 0,2698          | 14,8932         | 18,5486         |
| Vperm               | 2,2269          | 0,0041          | 2,3915          | 905,6395        | 7,2106          | 6,1857          | 3,4525          | 6,8562          | 58,8574         |
| Vgm                 | 6,7869          | 0,0438          | 20,6666         | 355,1636        | 55,8454         | 0,0000          | 1,1101          | 13,0553         | 16,3644         |
| Ve                  | 610,7515        | 0,1150          | 10,8194         | 85051,2011      | 260,5431        | 603,0776        | 482,0301        | 593,5471        | 617,5388        |
| Vf                  | 643,7444        | 0,3160          | 48,4510         | 89265,6067      | 692,7751        | 628,3691        | 486,8626        | 628,3517        | 711,3093        |
| H <sup>2</sup> g    | 0,0373 ± 0,0444 | 0,4844 ± 0,1519 | 0,3008 ± 0,1340 | 0,0331 ± 0,0397 | 0,5329 ± 0,1593 | 0,0304 ± 0,0405 | 0,0006 ± 0,0061 | 0,0237 ± 0,0358 | 0,0261 ± 0,0352 |
| H <sup>2</sup> mg   | 0,3086          | 0,8586          | 0,6347          | 0,2844          | 0,8976          | 0,2694          | 0,0065          | 0,2115          | 0,2057          |
| R                   | 0,0407          | 0,4973          | 0,3501          | 0,0432          | 0,5433          | 0,0402          | 0,0076          | 0,0346          | 0,1088          |
| c <sup>2</sup> perm | 0,0035          | 0,0129          | 0,0494          | 0,0101          | 0,0104          | 0,0098          | 0,0071          | 0,0109          | 0,0827          |
| c <sup>2</sup> gm   | 0,0105          | 0,1387          | 0,4265          | 0,0040          | 0,0806          | 0,0000          | 0,0023          | 0,0208          | 0,0230          |
| rgmed               | 0,7794          | 0,7774          | 0,4135          | 0,8927          | 0,8976          | 1,0000          | 0,1955          | 0,5329          | 0,5313          |
| Média               | 52,5901         | 2,2381          | 13,1073         | 543,2024        | 40,0060         | 50,8136         | 49,8621         | 50,7802         | 267,8452        |

Vf: variância fenotípica; Vg: variância genotípica; Vperm: variância de efeitos permanentes; Vgm: variância da interação genótipos x medições; Ve: variância residual temporária; H<sup>2</sup>g: herdabilidade individual no sentido amplo; H<sup>2</sup>mg: herdabilidade da média de genótipos; c<sup>2</sup>perm: coeficiente de determinação dos efeitos permanentes; c<sup>2</sup>gm: coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x anos; rgmed: correlação genotípica através das medições e média geral do experimento.

Em relação ao número de frutos, massa de suco e rendimento de suco, variáveis essas de interesse econômico para os produtores do estado do Amapá, foi encontrado alto coeficiente de herdabilidade média. Pompeu Junior *et al.* (2013) trabalhando com laranjeiras obtiveram herdabilidade média em torno de 70% para produção de laranjas em cinco safras. Gois (2016) em um trabalho envolvendo uma população híbrida de *citrus* observou herdabilidade média de 0,81 para massa média do fruto, e constatou que a magnitude da herdabilidade média dos genótipos encontrada indica grande potencial de seleção com possibilidade de ganhos satisfatórios nas safras futuras para tais variáveis.

É importante levar em consideração essa estimativa pois mostra que o arranjo experimental foi de alta precisão, e que diminui o erro experimental (Rosado *et al.*, 2012).

As estimativas do coeficiente de herdabilidade da média dos genótipos ( $H^2_{mg}$ ) mostram que o arranjo experimental e o número de repetições adotados na presente pesquisa foram eficientes para reduzir a influência dos fatores ambientais (Rosado *et al.*, 2012). Isso garantiu maior precisão na estimativa do parâmetro, o que é especialmente vantajoso para a seleção de plantas que serão propagadas vegetativamente. Outro ponto importante a ser observado é que a estimativa de herdabilidade quando calculada com base na médias dos genótipos ( $H^2_{mg}$ ) é mais precisa que a individual ( $H^2_g$ ) por conta do aumento no número de repetições, o que permite reduzir o erro experimental e aumenta a confiabilidade dos resultados (Maia *et al.*, 2014).

Ainda nesse contexto, observou-se que os coeficientes de herdabilidade calculados com base na média dos genótipos ( $H^2_{mg}$ ) foram superiores às estimativas individuais ( $H^2_g$ ) para todas as variáveis analisadas (Tabela 4). Trabalhos realizados com plantas perenes também apresentaram resultados semelhantes, reforçando que realizar a seleção com base na média de um grupo mostra-se mais eficiente do que a seleção individual (Rosado *et al.*, 2009; Gois, 2016; Almeida, 2017; Capistrano, 2019). Além disso, os valores encontrados indicam que a avaliação utilizada e o valor genético predito podem ser considerados confiáveis (Sanchez *et al.*, 2017).

Portanto, os resultados indicam um alto potencial para o sucesso na seleção, aumentando a acurácia seletiva, que depende da herdabilidade, repetibilidade e qualidade dos métodos usados na previsão dos valores genéticos.

### 5.3 Seleção genotípica em todos as safras avaliadas

Na Tabela 5 é apresentada a ordem dos 14 genótipos de porta-enxerto em combinação com a laranja 'Pera', bem como seus efeitos genotípicos (g), valores genotípicos preditos (u+g), ganho genotípico médio com a seleção, as novas médias ou médias melhoradas e os valores genotípicos médios (u+g+gem) para os caracteres avaliados em três safras. Adotou-se a intensidade de seleção de 7 (50%) entre os 14 genótipos de porta-enxerto avaliados em combinação com a laranja 'Pera'. Essa abordagem foi escolhida para simplificar a apresentação e a discussão dos resultados, permitindo focar nos genótipos com melhor desempenho, tanto nas características gerais, quanto nas de interesse econômico. A escolha dessa intensidade também considerou a viabilidade prática de selecionar um número reduzido de genótipos, facilitando análises futuras e aplicações no campo.

De modo geral, observando o ranking dos melhores genótipos para cada variável avaliada, constatou-se que os genótipos 1: BRS Tabuleiro; 2: Tangerineira 'Sunki Tropical'; 3: BRS Matta; 5: 10: BRS Donadio; e 12: BRS N. Gimenes Fernandes apresentaram os maiores valores genéticos para a maioria das variáveis no ranking dentre os mais produtivos, sendo o genótipo 12: BRS N. Gimenes Fernandes o que estava entre os 7 melhores apresentou bom desempenho na maioria das variáveis avaliadas, o que o qualifica como promissores para serem utilizados em combinação com a laranja pera no cerrado amapaense (Tabela 5).

Para a variável número de frutos, que possui grande importância econômica na região, verifica-se os ganhos genotípicos ao selecionar os 7 melhores genótipos. Observa-se que há um ganho de 2,16 frutos e a nova média passou a ser de 15,27 frutos, sendo os valores genotípicos preditos (u+g) de 14,35. Portanto, a seleção dos 7 genótipos de porta-enxerto em combinação com a laranja 'Pera' proporciona ganho de 14,14% no número de frutos. Caso fosse selecionado apenas o genótipo 2 (Tangerineira 'Sunki Tropical'), que foi o que apresentou maior ganho em número de frutos, o ganho seria de 21,32% no número de frutos, enquanto que os genótipos 3, 5 e 10, apresentaram ganhos de 15,96%, 16,71% e 14,99%, respectivamente (Tabela 5).

Para a massa de suco, outra variável de importância para região, ao selecionar os 7 melhores obteve-se ganho de 26,72% na massa de suco, enquanto o genótipo 3 (BRS Matta), que proporcionou maior ganho nesta variável obteve ganho de 33,87%. Os genótipos 12, 10, 2 e 5, obtiveram ganhos de 33,43%, 32,68%, 32,14% e 29,11%, respectivamente.

**Tabela 5** - Seleção dos genótipos superiores em 14 combinações de porta-enxertos com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’, em todas as safras, para volume de copa (VOL), valor agrônômico (VA), número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF), massa de suco por planta (MS), produção de frutos por planta (PROD), produção de suco por planta (PRODSUC), rendimento de suco por planta (RENDUC). Macapá - Amapá.

(continua)

| Ranking | Genótipos | VOL    |        |       |            |         |
|---------|-----------|--------|--------|-------|------------|---------|
|         |           | g      | u+g    | Ganho | Nova Média | u+g+gem |
| 1       | 14        | 3,923  | 56,514 | 3,923 | 56,514     | 56,884  |
| 2       | 3         | 2,975  | 55,565 | 3,449 | 56,039     | 55,845  |
| 3       | 5         | 2,878  | 55,468 | 3,259 | 55,849     | 55,740  |
| 4       | 11        | 2,158  | 54,748 | 2,984 | 55,574     | 54,952  |
| 5       | 1         | 2,107  | 54,697 | 2,808 | 55,398     | 54,896  |
| 6       | 12        | 0,761  | 53,351 | 2,467 | 55,057     | 53,423  |
| 7       | 6         | 0,359  | 52,949 | 2,166 | 54,756     | 52,982  |
| 8       | 8         | -0,618 | 51,972 | 1,818 | 54,408     | 51,914  |
| 9       | 9         | -0,715 | 51,875 | 1,536 | 54,127     | 51,808  |
| 10      | 10        | -0,960 | 51,631 | 1,287 | 53,877     | 51,540  |
| 11      | 4         | -2,137 | 50,454 | 0,976 | 53,566     | 50,252  |
| 12      | 13        | -2,549 | 50,041 | 0,682 | 53,272     | 49,800  |
| 13      | 7         | -3,818 | 48,772 | 0,336 | 52,926     | 48,411  |
| 14      | 2         | -4,363 | 48,227 | 0     | 52,590     | 47,815  |

| Ranking | Genótipos | VA     |       |       |            |         |
|---------|-----------|--------|-------|-------|------------|---------|
|         |           | g      | u+g   | Ganho | Nova Média | u+g+gem |
| 1       | 13        | 0,583  | 2,821 | 0,583 | 2,821      | 2,876   |
| 2       | 2         | 0,511  | 2,749 | 0,547 | 2,785      | 2,798   |
| 3       | 10        | 0,368  | 2,606 | 0,487 | 2,725      | 2,641   |
| 4       | 12        | 0,296  | 2,535 | 0,440 | 2,678      | 2,563   |
| 5       | 3         | 0,153  | 2,391 | 0,382 | 2,620      | 2,406   |
| 6       | 1         | 0,010  | 2,248 | 0,320 | 2,558      | 2,249   |
| 7       | 5         | 0,010  | 2,248 | 0,276 | 2,514      | 2,249   |
| 8       | 14        | 0,010  | 2,248 | 0,243 | 2,481      | 2,249   |
| 9       | 8         | -0,061 | 2,177 | 0,209 | 2,447      | 2,171   |
| 10      | 11        | -0,133 | 2,105 | 0,175 | 2,413      | 2,093   |
| 11      | 6         | -0,276 | 1,962 | 0,134 | 2,372      | 1,936   |
| 12      | 9         | -0,348 | 1,891 | 0,094 | 2,332      | 1,857   |
| 13      | 7         | -0,491 | 1,748 | 0,049 | 2,287      | 1,701   |
| 14      | 4         | -0,634 | 1,604 | 0     | 2,238      | 1,544   |

| Ranking | Genótipos | NF     |        |       |            |         |
|---------|-----------|--------|--------|-------|------------|---------|
|         |           | g      | u+g    | Ganho | Nova Média | u+g+gem |
| 1       | 2         | 3,552  | 16,659 | 3,552 | 16,659     | 18,338  |
| 2       | 13        | 2,483  | 15,590 | 3,017 | 16,125     | 16,764  |
| 3       | 14        | 2,372  | 15,480 | 2,802 | 15,910     | 16,601  |
| 4       | 5         | 2,109  | 15,216 | 2,629 | 15,736     | 16,213  |
| 5       | 3         | 1,936  | 15,043 | 2,490 | 15,598     | 15,959  |
| 6       | 10        | 1,418  | 14,525 | 2,312 | 15,419     | 15,195  |
| 7       | 11        | 1,242  | 14,349 | 2,159 | 15,266     | 14,936  |
| 8       | 1         | 1,137  | 14,244 | 2,031 | 15,138     | 14,782  |
| 9       | 8         | 0,974  | 14,081 | 1,914 | 15,021     | 14,541  |
| 10      | 12        | -0,586 | 12,521 | 1,664 | 14,771     | 12,244  |
| 11      | 6         | -2,418 | 10,690 | 1,293 | 14,400     | 9,547   |
| 12      | 9         | -3,538 | 9,570  | 0,890 | 13,997     | 7,897   |
| 13      | 4         | -5,209 | 7,898  | 0,421 | 13,528     | 5,436   |
| 14      | 7         | -5,472 | 7,635  | 0     | 13,107     | 5,049   |

g: efeito dos genótipos; u+g: valores genotípicos preditos; u+g+gem: valores genotípicos médios nos vários ambientes/anos.

**Tabela 5** - Continuação. Macapá - Amapá.

| Ranking | Genótipos | MF      |         |        |            |         |
|---------|-----------|---------|---------|--------|------------|---------|
|         |           | g       | u+g     | Ganho  | Nova Média | u+g+gem |
| 1       | 7         | 71,386  | 614,589 | 71,386 | 614,589    | 617,450 |
| 2       | 11        | 23,591  | 566,794 | 47,489 | 590,691    | 567,739 |
| 3       | 2         | 20,179  | 563,381 | 38,386 | 581,588    | 564,190 |
| 4       | 12        | 10,582  | 553,784 | 31,435 | 574,637    | 554,209 |
| 5       | 6         | 8,402   | 551,604 | 26,828 | 570,031    | 551,941 |
| 6       | 9         | 6,980   | 550,183 | 23,520 | 566,723    | 550,462 |
| 7       | 8         | 0,037   | 543,240 | 20,165 | 563,368    | 543,241 |
| 8       | 1         | -3,588  | 539,614 | 17,196 | 560,399    | 539,470 |
| 9       | 5         | -5,129  | 538,074 | 14,716 | 557,918    | 537,868 |
| 10      | 4         | -7,640  | 535,562 | 12,480 | 555,683    | 535,256 |
| 11      | 3         | -17,451 | 525,752 | 9,759  | 552,962    | 525,052 |
| 12      | 10        | -19,773 | 523,430 | 7,298  | 550,501    | 522,637 |
| 13      | 14        | -42,758 | 500,444 | 3,448  | 546,650    | 498,731 |
| 14      | 13        | -44,820 | 498,383 | 0      | 543,202    | 496,586 |

| Ranking | Genótipos | MS      |        |        |            |         |
|---------|-----------|---------|--------|--------|------------|---------|
|         |           | g       | u+g    | Ganho  | Nova Média | u+g+gem |
| 1       | 3         | 20,489  | 60,495 | 20,489 | 60,495     | 61,528  |
| 2       | 13        | 20,414  | 60,420 | 20,452 | 60,458     | 61,450  |
| 3       | 12        | 19,367  | 59,373 | 20,090 | 60,096     | 60,350  |
| 4       | 10        | 17,422  | 57,428 | 19,423 | 59,429     | 58,307  |
| 5       | 2         | 17,048  | 57,054 | 18,948 | 58,954     | 57,914  |
| 6       | 5         | 3,809   | 43,815 | 16,425 | 56,431     | 44,007  |
| 7       | 1         | 3,585   | 43,591 | 14,591 | 54,597     | 43,772  |
| 8       | 11        | 3,136   | 43,142 | 13,159 | 53,165     | 43,300  |
| 9       | 14        | 1,565   | 41,571 | 11,871 | 51,877     | 41,650  |
| 10      | 8         | -11,375 | 28,631 | 9,546  | 49,552     | 28,058  |
| 11      | 6         | -19,752 | 20,254 | 6,883  | 46,889     | 19,258  |
| 12      | 9         | -20,649 | 19,357 | 4,589  | 44,594     | 18,315  |
| 13      | 4         | -27,082 | 12,924 | 2,152  | 42,158     | 11,559  |
| 14      | 7         | -27,980 | 12,027 | 0      | 40,006     | 10,616  |

| Ranking | Genótipos | PROD   |        |       |            |         |
|---------|-----------|--------|--------|-------|------------|---------|
|         |           | g      | u+g    | Ganho | Nova Média | u+g+gem |
| 1       | 3         | 0,045  | 49,907 | 0,045 | 49,907     | 49,968  |
| 2       | 14        | 0,039  | 49,901 | 0,042 | 49,904     | 49,954  |
| 3       | 9         | 0,031  | 49,893 | 0,038 | 49,900     | 49,936  |
| 4       | 12        | 0,020  | 49,882 | 0,034 | 49,896     | 49,908  |
| 5       | 10        | 0,004  | 49,866 | 0,028 | 49,890     | 49,872  |
| 6       | 6         | 0,002  | 49,864 | 0,023 | 49,886     | 49,867  |
| 7       | 1         | 0,002  | 49,864 | 0,020 | 49,882     | 49,867  |
| 8       | 5         | -0,001 | 49,862 | 0,018 | 49,880     | 49,861  |
| 9       | 2         | -0,007 | 49,855 | 0,015 | 49,877     | 49,846  |
| 10      | 8         | -0,012 | 49,850 | 0,012 | 49,874     | 49,833  |
| 11      | 11        | -0,018 | 49,844 | 0,010 | 49,872     | 49,819  |
| 12      | 4         | -0,022 | 49,840 | 0,007 | 49,869     | 49,809  |
| 13      | 13        | -0,027 | 49,835 | 0,004 | 49,866     | 49,798  |
| 14      | 7         | -0,055 | 49,807 | 0     | 49,862     | 49,732  |

g: efeito dos genótipos; u+g: valores genotípicos preditos; u+g+gem: valores genotípicos médios nos vários ambientes/anos.

**Tabela 5** - Conclusão. Macapá - Amapá.

| Ranking | Genótipos | RENDSUC |         |       |            |         |
|---------|-----------|---------|---------|-------|------------|---------|
|         |           | g       | u+g     | Ganho | Nova Média | u+g+gem |
| 1       | 13        | 3,288   | 271,133 | 3,288 | 271,133    | 272,100 |
| 2       | 11        | 2,688   | 270,533 | 2,988 | 270,833    | 271,324 |
| 3       | 1         | 1,694   | 269,539 | 2,557 | 270,402    | 270,038 |
| 4       | 12        | 1,609   | 269,454 | 2,320 | 270,165    | 269,927 |
| 5       | 10        | 1,009   | 268,854 | 2,058 | 269,903    | 269,151 |
| 6       | 9         | 0,854   | 268,700 | 1,857 | 269,702    | 268,951 |
| 7       | 14        | 0,597   | 268,443 | 1,677 | 269,522    | 268,618 |
| 8       | 4         | -0,242  | 267,603 | 1,437 | 269,282    | 267,532 |
| 9       | 3         | -0,962  | 266,883 | 1,171 | 269,016    | 266,600 |
| 10      | 2         | -1,356  | 266,489 | 0,918 | 268,763    | 266,090 |
| 11      | 7         | -2,093  | 265,752 | 0,644 | 268,489    | 265,136 |
| 12      | 5         | -2,128  | 265,718 | 0,413 | 268,258    | 265,092 |
| 13      | 8         | -2,470  | 265,375 | 0,191 | 268,037    | 264,649 |
| 14      | 6         | -2,487  | 265,358 | 0     | 267,845    | 264,626 |

g: efeito dos genótipos; u+g: valores genotípicos preditos; u+g+gem: valores genotípicos médios nos vários ambientes/anos.

Segundo Borges *et al.* (2010) e Capistrano (2019) os valores genotípicos representam os dados mais próximos da realidade a serem considerados pelo melhorista. Já a nova média, calculada pelo método BLUP, indica o desempenho esperado dos genótipos em condições de cultivo comercial. Soares *et al.* (2009) discute que a média original geralmente é mais elevada, pois leva em conta os efeitos ambientais e a interação genótipos x ambientes. Em programas de melhoramento genético, é crucial identificar materiais superiores à média geral, o que permite descartar os menos promissores e otimizar o uso de tempo e recursos (Winckler Filho, 2016).

É importante destacar que os valores genotípicos estão muito próximos da nova média para a maioria das características analisadas. Por isso, é essencial verificar se esses resultados estão alinhados com os valores de acurácia encontrados na pesquisa. Afinal, a acurácia permite avaliar o quão próximos os valores genéticos preditos estão dos valores genéticos reais dos indivíduos (Resende, 2002).

Após a seleção dos melhores genótipos, observou-se que o ranking foi similar, com alterações apenas na ordem dos classificados (Tabela 5). Esse resultado ressalta a importância de acompanhar o desenvolvimento desses genótipos em condições de campo, permitindo avaliar a necessidade de incorporar mais procedimentos nos testes futuros para maior precisão nas seleções com base nos ganhos genéticos.

A simulação da seleção genotípica dos 7 melhores genótipos de porta-enxerto em combinação com a laranjeira ‘Pera’, mostrou que o comportamento dos genótipos não foi

similar nas características avaliadas. Os genótipos 2 (Tangerineira 'Sunki Tropical') e 3 (BRS Matta) proporcionaram maiores ganhos em número de frutos (21,32%) e massa de suco (33,87%), respectivamente.

#### 5.4 Eficiência no número de medições preditas pelo BLUP

A Tabela 6 apresenta as acurácias e as herdabilidades médias que seriam alcançadas em 10 medições. Para determinar o número ideal de medições necessárias para selecionar os melhores genótipos de porta-enxerto em combinação com a laranjeira 'Pera', foram calculados o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a eficiência seletiva ( $Ef$ ) ao comparar o uso de múltiplas medições com o uso de apenas uma.

Como já esperado, tanto o coeficiente de determinação da repetibilidade ( $R^2$ ), quanto a acurácia e a eficiência seletiva aumentaram a partir do aumento da quantidade de medidas (Tabela 6). A predição do BLUP indica que em 10 safras haverá um aumento significativo no coeficiente de determinação genético, especialmente para as variáveis valor agrônômico (0,47 - 0,90), número de frutos (0,35 - 0,84), massa de suco (0,54 - 0,92) e rendimento de suco (0,10 - 0,55). Já para volume de copa (0,04 - 0,29), massa de frutos (0,04 - 0,31) e produção de frutos (0,01 - 0,07) os incrementos foram considerados baixos.

**Tabela 6** - Eficiência das medidas repetidas preditas pelo BLUP de volume de copa (VOL), valor agrônômico (VA), número de frutos por planta (NF), massa de frutos (MF), massa de suco (MS), produção de frutos (PROD) e rendimento de suco (RENDSUC) de genótipos obtidos de 14 combinações de porta-enxertos com a laranjeira ‘Pera D-6 CNPMF’ avaliados em três safras. Macapá - Amapá.

| (continua) |                  |                |       |       |                  |                |       |       |                  |                |       |       |
|------------|------------------|----------------|-------|-------|------------------|----------------|-------|-------|------------------|----------------|-------|-------|
| m          | VOL              |                |       |       | VA               |                |       |       | NF               |                |       |       |
|            | h <sup>2</sup> m | R <sup>2</sup> | Acm   | Ef    | h <sup>2</sup> m | R <sup>2</sup> | Acm   | Ef    | h <sup>2</sup> m | R <sup>2</sup> | Acm   | Ef    |
| 1          | 0,130            | 0,041          | 0,361 | 1,000 | 0,675            | 0,497          | 0,822 | 1,000 | 0,378            | 0,350          | 0,615 | 1,000 |
| 2          | 0,230            | 0,078          | 0,480 | 1,386 | 0,804            | 0,664          | 0,897 | 1,156 | 0,543            | 0,519          | 0,737 | 1,217 |
| 3          | 0,309            | 0,113          | 0,556 | 1,666 | 0,859            | 0,748          | 0,927 | 1,226 | 0,635            | 0,618          | 0,797 | 1,328 |
| 4          | 0,372            | 0,145          | 0,610 | 1,888 | 0,889            | 0,798          | 0,943 | 1,267 | 0,694            | 0,683          | 0,833 | 1,397 |
| 5          | 0,425            | 0,175          | 0,652 | 2,074 | 0,908            | 0,832          | 0,953 | 1,293 | 0,734            | 0,729          | 0,857 | 1,443 |
| 6          | 0,469            | 0,203          | 0,685 | 2,233 | 0,921            | 0,856          | 0,960 | 1,312 | 0,764            | 0,764          | 0,874 | 1,477 |
| 7          | 0,507            | 0,229          | 0,712 | 2,372 | 0,931            | 0,874          | 0,965 | 1,326 | 0,787            | 0,790          | 0,887 | 1,502 |
| 8          | 0,539            | 0,253          | 0,734 | 2,495 | 0,938            | 0,888          | 0,969 | 1,336 | 0,805            | 0,812          | 0,897 | 1,523 |
| 9          | 0,567            | 0,276          | 0,753 | 2,606 | 0,944            | 0,899          | 0,972 | 1,345 | 0,820            | 0,829          | 0,906 | 1,539 |
| 10         | 0,592            | 0,298          | 0,770 | 2,705 | 0,949            | 0,908          | 0,974 | 1,351 | 0,832            | 0,843          | 0,912 | 1,552 |
| m          | MF               |                |       |       | MS               |                |       |       | PROD             |                |       |       |
|            | h <sup>2</sup> m | R <sup>2</sup> | Acm   | Ef    | h <sup>2</sup> m | R <sup>2</sup> | Acm   | Ef    | h <sup>2</sup> m | R <sup>2</sup> | Acm   | Ef    |
| 1          | 0,119            | 0,043          | 0,345 | 1,000 | 0,750            | 0,543          | 0,866 | 1,000 | 0,002            | 0,008          | 0,047 | 1,000 |
| 2          | 0,211            | 0,083          | 0,459 | 1,385 | 0,856            | 0,704          | 0,925 | 1,138 | 0,004            | 0,015          | 0,066 | 1,409 |
| 3          | 0,284            | 0,119          | 0,533 | 1,662 | 0,898            | 0,781          | 0,947 | 1,199 | 0,006            | 0,023          | 0,080 | 1,719 |
| 4          | 0,344            | 0,153          | 0,587 | 1,882 | 0,920            | 0,826          | 0,959 | 1,233 | 0,009            | 0,030          | 0,092 | 1,977 |
| 5          | 0,394            | 0,184          | 0,627 | 2,065 | 0,934            | 0,856          | 0,967 | 1,255 | 0,011            | 0,037          | 0,103 | 2,203 |
| 6          | 0,435            | 0,213          | 0,660 | 2,221 | 0,944            | 0,877          | 0,972 | 1,271 | 0,013            | 0,044          | 0,112 | 2,404 |
| 7          | 0,471            | 0,240          | 0,686 | 2,358 | 0,951            | 0,893          | 0,975 | 1,282 | 0,015            | 0,051          | 0,121 | 2,587 |
| 8          | 0,502            | 0,266          | 0,709 | 2,478 | 0,956            | 0,905          | 0,978 | 1,291 | 0,017            | 0,058          | 0,129 | 2,756 |
| 9          | 0,529            | 0,289          | 0,727 | 2,586 | 0,960            | 0,915          | 0,980 | 1,297 | 0,018            | 0,065          | 0,136 | 2,912 |
| 10         | 0,553            | 0,311          | 0,744 | 2,683 | 0,964            | 0,922          | 0,982 | 1,303 | 0,020            | 0,072          | 0,142 | 3,059 |

Número de medidas/avaliações (m), coeficiente de determinação da repetibilidade (R<sup>2</sup>), acurácia dos valores fenotípicos permanentes baseados em m anos de avaliação (Acm) e eficiência das m avaliações, comparadas com a situação em que apenas uma avaliação é realizada (Ef).

**Tabela 6** - Conclusão. Macapá - Amapá.

| m  | RENDSUC          |                |       |       |
|----|------------------|----------------|-------|-------|
|    | h <sup>2</sup> m | R <sup>2</sup> | Acm   | Ef    |
| 1  | 0,091            | 0,109          | 0,302 | 1,000 |
| 2  | 0,156            | 0,196          | 0,395 | 1,343 |
| 3  | 0,206            | 0,268          | 0,454 | 1,570 |
| 4  | 0,244            | 0,328          | 0,494 | 1,737 |
| 5  | 0,275            | 0,379          | 0,525 | 1,866 |
| 6  | 0,301            | 0,423          | 0,548 | 1,971 |
| 7  | 0,322            | 0,461          | 0,567 | 2,058 |
| 8  | 0,340            | 0,494          | 0,583 | 2,131 |
| 9  | 0,355            | 0,524          | 0,596 | 2,193 |
| 10 | 0,368            | 0,550          | 0,607 | 2,248 |

Número de medidas/avaliações (m), coeficiente de determinação da repetibilidade (R<sup>2</sup>), acurácia dos valores fenotípicos permanentes baseados em m anos de avaliação (Acm) e eficiência das m avaliações, comparadas com a situação em que apenas uma avaliação é realizada (Ef).

Ao observarmos a repetibilidade individual em uma safra, as variáveis com maior coeficiente de repetibilidade foram valor agrônomo (0,49) número de frutos (0,35) e massa de suco (0,54). Com relação ao número de frutos, em cinco safras o coeficiente de repetibilidade subiu de 35% para 73%, com acurácia de 87,5%. Os autores Pompeu Junior *et al.* (2013) observaram um aumento do coeficiente de repetibilidade de 10% para 35% em cinco safras, com acurácia seletiva de 84,59%. A acurácia seletiva é um parâmetro influenciado por diversos fatores, como herdabilidade, repetibilidade, qualidade das informações e métodos usados na estimativa dos valores genéticos, sendo que quanto maior a acurácia, maior a precisão na seleção dos genótipos considerados promissores (Sturion; Resende, 2005; Resende; Duarte, 2007).

Dessa forma, pode-se inferir que a acurácia seletiva encontrada nesta pesquisa (85,7%) indica que em cinco safras já é possível identificar genótipos superiores, tornando desnecessária a realização da seleção em maior número de safras para o número de frutos. Além do número de frutos, a variável massa de suco, também apresentou aumento significativo em cinco safras, elevando-se de 0,54 para 0,85, com acurácia de 96%. No entanto, Souza (2010) discute que a seleção de citros baseada em cinco medições precisa ser realizada com cautela, especialmente quando consideradas as avaliações anuais, uma vez que não é regra haver correlação entre as produções anuais e as acumuladas por um longo período.

Enquanto que para a característica de produção de frutos por planta Kg, o coeficiente de repetibilidade foi de 0,01 a 0,07 até a décima safra com acurácia de 14% (Tabela 6), sendo considerados de baixa magnitude (Resende, 2007). Isso indica que seja necessário um número maior de repetições e avaliações no mesmo indivíduo para atingir valores ótimos de determinação genotípica e que a seleção através dessa variável necessite de diversas observações (Pompeu Junior *et al.*, 2013; Almeida, 2017). Os valores de baixa magnitude para a variável de produção de frutos encontrados neste trabalho estão de acordo com os resultados encontrados na literatura envolvendo outras plantas perenes como pessegueiros, café e amêndoas, o que indica serem necessárias várias avaliações para a característica relacionada à produtividade (Bruna; Moreto; Dalbó, 2012; Pereira *et al.*, 2013; Laviola *et al.*, 2013).

Outro ponto é que os baixos valores do coeficiente de repetibilidade observados neste estudo podem ser explicados pela alternância de produção como também pelas variações, tanto sistemáticas quanto aleatórias, na produção de frutos ao longo dos anos. Além disso, as variações climáticas ao longo do período experimental (Figura 1) também desempenharam um papel importante, mesmo com a herdabilidade média apresentando valores elevados. Ainda assim, esses resultados são considerados normais para espécies perenes (Viana; Resende, 2014).

Além disso, as baixas estimativas de herdabilidade e repetibilidade podem ter influenciado os valores medianos da acurácia seletiva. No entanto, essas estimativas foram eficazes para determinar o número mínimo de avaliações necessárias em 14 genótipos de porta-enxerto enxertados em uma cultivar de laranja. Em algumas características, cerca de cinco medições já são suficientes para obter valores adequados na fase inicial de programas de melhoramento, dessa forma, já é possível selecionar genótipos promissores para dar continuidade ao programa (Capistrano, 2019).

Ao considerar as repetibilidades individuais recomenda-se a adoção de 7 safras para que se obtenha acurácias em torno de 70% na inferência sobre os valores fenotípicos permanentes dos indivíduos para a maioria das características avaliadas na presente pesquisa, esses valores estão de acordo com os encontrados por Bergo *et al.* (2013) em estudos desenvolvidos com pupunheira. No entanto, é preciso ressaltar que as variáveis avaliadas podem ser influenciadas pelo ambiente de produção, principalmente pelas condições edafoclimáticas e nutricionais da planta (Amaral, 2018).

Além disso, Capistrano (2019) afirma que o número ideal de avaliações em laranjeiras-doce deve ser determinado pelo pesquisador, como também deve ser considerado

em que fase encontra-se o programa de melhoramento e qual a acurácia desejada. Inicialmente, recomenda-se escolher os coeficientes de determinação superiores a 0,80 para seleção de genótipos (Sturion; Resende, 2011). Se o pesquisador busca reduzir o número de safras, haverá uma diminuição na acurácia seletiva, no entanto, o tempo para lançamento de uma nova cultivar será mais rápido, assim como haverá redução nos custos com mão-de-obra, avaliações e manutenção do experimento.

Neste estudo, para selecionar genótipos superiores com coeficiente de determinação superior a 70%, é necessário realizar mais de sete medições. No entanto, para a variável número de frutos a seleção também pode ser feita com uma média de 5 a 6 avaliações, o que reduz os custos e o tempo envolvidos.

### 5.5 Adaptabilidade e estabilidade temporal via REML/BLUP

Na Tabela 7 é apresentado o ordenamento de 14 genótipos de porta-enxerto em combinação com laranjeira 'Pera', testados em três safras, referentes à estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG), e adaptabilidade e estabilidade (MHPRVG), simultaneamente, pelo método REML/BLUP. Apenas 7 (50%) dos 14 genótipos foram discutidos para simplificar na apresentação e na discussão dos resultados.

Houve coincidência no ordenamento das progênes mais produtivas na maioria das variáveis analisadas pelos critérios de adaptabilidade (PRVG), de estabilidade (MHVG) e de ambos simultaneamente (MHPRVG) (Tabela 7). Com exceção do número de frutos. O que indica que os genótipos selecionados possuem boa adaptabilidade, estabilidade, como também boa capacidade de produção de laranjas, havendo o predomínio desses atributos em várias safras.

O método MHVG é utilizado para calcular estabilidade, dessa forma, é possível selecionar genótipos mais estáveis. Isso é importante, pois as condições no estado do Amapá, localizado no trópico úmido amazônico, são mais desafiadoras em comparação com outras áreas produtoras, devido à baixa fertilidade dos solos, altas temperaturas, grandes volumes de chuva, alta umidade relativa do ar e a presença de pragas e doenças (Vale Júnior *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2008; Mineiro; Silva; Silva; 2009; Segovia; Alves, 2001).

Portanto, é essencial recomendar cultivares que, além de serem mais produtivas, ofereçam maior estabilidade. Essa metodologia atende exatamente a essas duas premissas que a cultivar deve apresentar (Borges *et al.*, 2010).

**Tabela 7** - Estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG e PRVG $\mu$ ), estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG e MHPRVG $\mu$ ) de volume de copa (VOL), valor agronômico (VA), número de frutos por planta (NF), massa de frutos (MF), massa de suco (MS), produção de frutos (PROD) e rendimento de suco (RENDUSUC) de genótipos obtidos de 14 combinações de porta-enxertos com a laranjeira ‘Pera’ avaliados em três safras. Macapá - Amapá.

(continua)

| Volume de copa (VOL)  |           |        |           |        |            |           |        |              |
|-----------------------|-----------|--------|-----------|--------|------------|-----------|--------|--------------|
| Ranking               | Genótipos | MHVG   | Genótipos | PRVG   | PRVG $\mu$ | Genótipos | MHPRVG | MHPRVG $\mu$ |
| 1                     | 14        | 56,625 | 14        | 1,082  | 56,878     | 14        | 1,082  | 56,876       |
| 2                     | 3         | 55,648 | 3         | 1,062  | 55,869     | 3         | 1,062  | 55,865       |
| 3                     | 5         | 55,509 | 5         | 1,060  | 55,746     | 5         | 1,060  | 55,743       |
| 4                     | 11        | 54,721 | 11        | 1,045  | 54,955     | 11        | 1,045  | 54,955       |
| 5                     | 1         | 54,673 | 1         | 1,044  | 54,905     | 1         | 1,044  | 54,899       |
| 6                     | 12        | 53,248 | 12        | 1,016  | 53,452     | 12        | 1,016  | 53,448       |
| 7                     | 6         | 52,775 | 6         | 1,008  | 52,993     | 6         | 1,008  | 52,992       |
| 8                     | 8         | 51,655 | 8         | 0,987  | 51,898     | 8         | 0,987  | 51,895       |
| 9                     | 9         | 51,615 | 9         | 0,985  | 51,823     | 9         | 0,985  | 51,822       |
| 10                    | 10        | 51,215 | 10        | 0,979  | 51,494     | 10        | 0,979  | 51,484       |
| 11                    | 4         | 50,009 | 4         | 0,955  | 50,239     | 4         | 0,955  | 50,238       |
| 12                    | 13        | 49,576 | 13        | 0,947  | 49,796     | 13        | 0,947  | 49,795       |
| 13                    | 7         | 48,214 | 7         | 0,921  | 48,418     | 7         | 0,921  | 48,415       |
| 14                    | 2         | 47,569 | 2         | 0,909  | 47,796     | 2         | 0,909  | 47,794       |
| Valor agronômico (VA) |           |        |           |        |            |           |        |              |
| Ranking               | Genótipos | MHVG   | Genótipos | PRVG   | PRVG $\mu$ | Genótipos | MHPRVG | MHPRVG $\mu$ |
| 1                     | 13        | 28,672 | 13        | 12,933 | 28,945     | 13        | 12,889 | 28,846       |
| 2                     | 2         | 27,881 | 2         | 12,575 | 28,144     | 2         | 12,539 | 28,063       |
| 3                     | 10        | 26,178 | 10        | 11,859 | 26,542     | 10        | 11,784 | 26,375       |
| 4                     | 12        | 25,127 | 12        | 11,426 | 25,572     | 12        | 11,396 | 25,506       |
| 5                     | 3         | 23,614 | 3         | 10,735 | 24,026     | 3         | 10,691 | 23,927       |
| 6                     | 1         | 22,104 | 1         | 10,030 | 22,447     | 1         | 10,015 | 22,414       |
| 7                     | 5         | 22,104 | 5         | 10,030 | 22,447     | 5         | 10,015 | 22,414       |
| 8                     | 14        | 22,104 | 14        | 10,030 | 22,447     | 14        | 10,015 | 22,414       |
| 9                     | 8         | 21,701 | 8         | 9,803  | 21,939     | 8         | 9,713  | 21,739       |
| 10                    | 11        | 20,546 | 11        | 9,324  | 20,868     | 11        | 9,318  | 20,855       |
| 11                    | 6         | 18,929 | 6         | 8,618  | 19,288     | 6         | 8,596  | 19,239       |
| 12                    | 9         | 18,276 | 9         | 8,296  | 18,566     | 9         | 8,274  | 18,519       |
| 13                    | 7         | 16,089 | 7         | 7,529  | 16,852     | 7         | 7,362  | 16,476       |
| 14                    | 4         | 14,666 | 4         | 6,814  | 15,250     | 4         | 6,717  | 15,034       |

MHVG - média harmônica dos valores genéticos; PRVG - performance relativa dos valores genéticos; PRVG $\mu$  - Performance dos genótipos com base em médias genéticas livres da interação, onde  $\mu$  é a média geral do experimento; MHPRVG - média harmônica da performance relativa dos valores genéticos; MHPRVG $\mu$  - Média harmônica da performance dos genótipos a partir de médias genéticas livres da interação.

**Tabela 7 - Continuação. Macapá - Amapá.**

| Número de frutos por planta (NF) |           |         |           |        |             |           |        |               |
|----------------------------------|-----------|---------|-----------|--------|-------------|-----------|--------|---------------|
| Ranking                          | Genótipos | MHVG    | Genótipos | PRVG   | PRVG. $\mu$ | Genótipos | MHPRVG | MHPRVG. $\mu$ |
| 1                                | 8         | 16,204  | 2         | 2,697  | 35,345      | 2         | 1,824  | 23,906        |
| 2                                | 12        | 16,135  | 11        | 2,065  | 27,068      | 3         | 1,508  | 19,769        |
| 3                                | 6         | 12,039  | 1         | 2,052  | 26,894      | 5         | 1,491  | 19,548        |
| 4                                | 2         | 5,519   | 5         | 1,729  | 22,660      | 14        | 1,469  | 19,248        |
| 5                                | 11        | 4,160   | 3         | 1,708  | 22,393      | 11        | 1,449  | 18,989        |
| 6                                | 1         | 4,139   | 14        | 1,587  | 20,804      | 1         | 1,432  | 18,763        |
| 7                                | 5         | 3,052   | 13        | 1,436  | 18,823      | 13        | 1,395  | 18,286        |
| 8                                | 3         | 2,900   | 10        | 1,098  | 14,388      | 9         | 1,309  | 17,156        |
| 9                                | 14        | 2,556   | 8         | 1,044  | 13,678      | 10        | 1,091  | 14,295        |
| 10                               | 13        | 2,063   | 12        | 0,970  | 12,713      | 8         | 1,033  | 13,540        |
| 11                               | 10        | 1,155   | 6         | 0,765  | 10,020      | 12        | 0,967  | 12,674        |
| 12                               | 9         | -1,193  | 9         | 0,098  | 1,289       | 4         | 0,777  | 10,179        |
| 13                               | 4         | -3,237  | 4         | -0,373 | -4,884      | 6         | 0,760  | 9,963         |
| 14                               | 7         | -12,794 | 7         | -1,303 | -17,081     | 7         | 0,700  | 9,170         |
| Massa de frutos por planta (MF)  |           |         |           |        |             |           |        |               |
| Ranking                          | Genótipos | MHVG    | Genótipos | PRVG   | PRVG. $\mu$ | Genótipos | MHPRVG | MHPRVG. $\mu$ |
| 1                                | 7         | 614,626 | 7         | 1,138  | 618,080     | 7         | 1,138  | 617,979       |
| 2                                | 11        | 564,420 | 11        | 1,046  | 567,915     | 11        | 1,046  | 567,900       |
| 3                                | 2         | 561,099 | 2         | 1,039  | 564,475     | 2         | 1,039  | 564,452       |
| 4                                | 12        | 550,812 | 12        | 1,020  | 554,298     | 12        | 1,020  | 554,293       |
| 5                                | 6         | 548,236 | 6         | 1,016  | 551,875     | 6         | 1,016  | 551,870       |
| 6                                | 9         | 547,291 | 9         | 1,014  | 550,657     | 9         | 1,014  | 550,646       |
| 7                                | 8         | 539,234 | 8         | 1,000  | 542,999     | 8         | 1,000  | 542,982       |
| 8                                | 1         | 535,731 | 1         | 0,993  | 539,345     | 1         | 0,993  | 539,340       |
| 9                                | 5         | 534,423 | 5         | 0,990  | 537,890     | 5         | 0,990  | 537,880       |
| 10                               | 4         | 531,766 | 4         | 0,985  | 535,237     | 4         | 0,985  | 535,236       |
| 11                               | 3         | 521,385 | 3         | 0,966  | 524,916     | 3         | 0,966  | 524,910       |
| 12                               | 10        | 518,889 | 10        | 0,962  | 522,452     | 10        | 0,962  | 522,437       |
| 13                               | 14        | 494,982 | 14        | 0,918  | 498,473     | 14        | 0,918  | 498,452       |
| 14                               | 13        | 492,594 | 13        | 0,914  | 496,223     | 13        | 0,913  | 496,171       |

MHVG - média harmônica dos valores genéticos; PRVG - performance relativa dos valores genéticos; PRVG. $\mu$  - Performance dos genótipos com base em médias genéticas livres da interação, onde  $\mu$  é a média geral do experimento; MHPRVG - média harmônica da performance relativa dos valores genéticos; MHPRVG. $\mu$  - Média harmônica da performance dos genótipos a partir de médias genéticas livres da interação.

**Tabela 7 - Continuação. Macapá - Amapá.**

| Massa de suco por planta Kg (MS)        |           |        |           |       |        |           |        |          |
|---|-----------|--------|-----------|-------|--------|-----------|--------|----------|
| Ranking                                 | Genótipos | MHVG   | Genótipos | PRVG  | PRVG.μ | Genótipos | MHPRVG | MHPRVG.μ |
| 1                                       | 13        | 59,815 | 13        | 1,554 | 62,159 | 13        | 1,548  | 61,921   |
| 2                                       | 3         | 58,713 | 3         | 1,538 | 61,541 | 3         | 1,538  | 61,521   |
| 3                                       | 12        | 57,646 | 12        | 1,510 | 60,393 | 12        | 1,509  | 60,361   |
| 4                                       | 10        | 55,304 | 10        | 1,454 | 58,154 | 10        | 1,453  | 58,127   |
| 5                                       | 2         | 55,237 | 2         | 1,448 | 57,943 | 2         | 1,445  | 57,803   |
| 6                                       | 11        | 42,090 | 5         | 1,105 | 44,194 | 5         | 1,095  | 43,821   |
| 7                                       | 5         | 41,945 | 11        | 1,094 | 43,756 | 11        | 1,091  | 43,641   |
| 8                                       | 1         | 41,321 | 1         | 1,089 | 43,568 | 1         | 1,088  | 43,512   |
| 9                                       | 14        | 39,890 | 14        | 1,047 | 41,879 | 14        | 1,040  | 41,612   |
| 10                                      | 8         | 26,424 | 8         | 0,701 | 28,043 | 8         | 0,690  | 27,591   |
| 11                                      | 9         | 17,809 | 6         | 0,475 | 19,017 | 6         | 0,473  | 18,934   |
| 12                                      | 6         | 17,788 | 9         | 0,463 | 18,531 | 9         | 0,461  | 18,445   |
| 13                                      | 4         | 8,269  | 4         | 0,275 | 10,980 | 4         | 0,235  | 9,414    |
| 14                                      | 7         | 6,901  | 7         | 0,248 | 9,928  | 7         | 0,201  | 8,041    |
| Produção de frutos por planta Kg (PROD) |           |        |           |       |        |           |        |          |
| Ranking                                 | Genótipos | MHVG   | Genótipos | PRVG  | PRVG.μ | Genótipos | MHPRVG | MHPRVG.μ |
| 1                                       | 3         | 49,860 | 3         | 1,002 | 49,971 | 3         | 1,002  | 49,971   |
| 2                                       | 14        | 49,846 | 14        | 1,002 | 49,957 | 14        | 1,002  | 49,957   |
| 3                                       | 9         | 49,825 | 9         | 1,002 | 49,937 | 9         | 1,002  | 49,937   |
| 4                                       | 12        | 49,791 | 12        | 1,001 | 49,906 | 12        | 1,001  | 49,906   |
| 5                                       | 10        | 49,755 | 10        | 1,000 | 49,870 | 10        | 1,000  | 49,870   |
| 6                                       | 1         | 49,754 | 1         | 1,000 | 49,867 | 1         | 1,000  | 49,867   |
| 7                                       | 5         | 49,752 | 6         | 1,000 | 49,865 | 6         | 1,000  | 49,865   |
| 8                                       | 6         | 49,751 | 5         | 1,000 | 49,863 | 5         | 1,000  | 49,863   |
| 9                                       | 2         | 49,732 | 2         | 1,000 | 49,845 | 2         | 1,000  | 49,845   |
| 10                                      | 8         | 49,719 | 8         | 0,999 | 49,832 | 8         | 0,999  | 49,832   |
| 11                                      | 11        | 49,704 | 11        | 0,999 | 49,818 | 11        | 0,999  | 49,818   |
| 12                                      | 4         | 49,697 | 4         | 0,999 | 49,810 | 4         | 0,999  | 49,810   |
| 13                                      | 13        | 49,686 | 13        | 0,999 | 49,798 | 13        | 0,999  | 49,798   |
| 14                                      | 7         | 49,616 | 7         | 0,997 | 49,730 | 7         | 0,997  | 49,730   |

MHVG - média harmônica dos valores genéticos; PRVG - performance relativa dos valores genéticos; PRVG.μ – Performance dos genótipos com base em médias genéticas livres da interação, onde μ é a média geral do experimento; MHPRVG - média harmônica da performance relativa dos valores genéticos; MHPRVG.μ - Média harmônica da performance dos genótipos a partir de médias genéticas livres da interação.

**Tabela 7 - Conclusão. Macapá - Amapá.**

| Rendimento de suco por planta % (RENDSUC) |           |         |           |       |         |           |        |          |
|---|-----------|---------|-----------|-------|---------|-----------|--------|----------|
| Ranking                                   | Genótipos | MHVG    | Genótipos | PRVG  | PRVG.μ  | Genótipos | MHPRVG | MHPRVG.μ |
| 1   | 13        | 270,880 | 13        | 1,016 | 272,118 | 13        | 1,016  | 272,118  |
| 2   | 11        | 270,210 | 11        | 1,013 | 271,395 | 11        | 1,013  | 271,388  |
| 3   | 1         | 268,796 | 1         | 1,008 | 270,039 | 1         | 1,008  | 270,039  |
| 4   | 12        | 268,765 | 12        | 1,008 | 269,971 | 12        | 1,008  | 269,968  |
| 5   | 10        | 267,993 | 10        | 1,005 | 269,195 | 10        | 1,005  | 269,191  |
| 6   | 9         | 267,587 | 9         | 1,004 | 268,889 | 9         | 1,004  | 268,883  |
| 7   | 14        | 267,561 | 14        | 1,003 | 268,716 | 14        | 1,003  | 268,705  |
| 8   | 4         | 266,208 | 4         | 0,999 | 267,488 | 4         | 0,999  | 267,479  |
| 9   | 3         | 265,391 | 3         | 0,995 | 266,610 | 3         | 0,995  | 266,610  |
| 10  | 2         | 264,899 | 2         | 0,994 | 266,110 | 2         | 0,994  | 266,108  |
| 11  | 5         | 263,832 | 5         | 0,990 | 265,072 | 5         | 0,990  | 265,072  |
| 12  | 7         | 263,778 | 7         | 0,990 | 265,068 | 7         | 0,990  | 265,064  |
| 13  | 6         | 263,349 | 6         | 0,988 | 264,597 | 6         | 0,988  | 264,597  |
| 14  | 8         | 263,256 | 8         | 0,988 | 264,564 | 8         | 0,988  | 264,558  |

MHVG - média harmônica dos valores genéticos; PRVG - performance relativa dos valores genéticos; PRVG.μ - Performance dos genótipos com base em médias genéticas livres da interação, onde μ é a média geral do experimento; MHPRVG - média harmônica da performance relativa dos valores genéticos; MHPRVG.μ - Média harmônica da performance dos genótipos a partir de médias genéticas livres da interação.

Pelos resultados da MHVG, verificou-se que, dentre os genótipos, os que melhor associaram os parâmetros avaliadas com estabilidade, para a maioria das características avaliadas foram: 1: BRS Tabuleiro; 2: Tangerineira ‘Sunki Tropical’; 5: BRS Bravo; 10: BRS Donadio; 11: Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’; e 12: BRS N. Gimenes Fernandes. Dando destaque ao genótipo 12: BRS N. Gimenes Fernandes, que obteve bons resultados em todas as variáveis analisadas. Dessa forma, pode-se inferir que os genótipos supracitados apresentaram alta produtividade, alta estabilidade e baixa sensibilidade às condições ambientais (Scapim *et al.*, 2000). Em casos que os genótipos apresentam instabilidade, os valores genotípicos dos mesmos são penalizados pelo MHVG, dessa forma, é possível obter maior precisão e acurácia no ranking dos genótipos (Resende, 2007; Borges *et al.*, 2010).

Através do PRVG foi possível verificar a capacidade de resposta de cada genótipo frente ao ambiente (Tabela 7). Os genótipos mais adaptados foram: 1: BRS Tabuleiro; 2: Tangerineira ‘Sunki Tropical’; 3: BRS Matta; 5: BRS Bravo; 10: BRS Donadio; 11: Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’; e 12: BRS N. Gimenes Fernandes.

Observa-se que 6 genótipos de porta-enxertos em combinação com a laranjeira ‘Pera’ (1; 2; 5; 10; 11; e 12) coincidiram em estabilidade (MHVG) e adaptabilidade (PRVG), mesmo que o ordenamento no ranking não tenha sido o mesmo, dessa forma, pode-se indicar que que

os genótipos selecionados responderam positivamente às condições do ambiente, além de apresentar boas características morfoagronômicas, o que garante maior segurança aos agricultores regionais no plantio desses materiais. A interação  $G \times A$  é melhor aproveitada quando são selecionados genótipos com alta adaptabilidade e estabilidade (Maia *et al.*, 2009). Além disso, como apontam Melo *et al.* (2018), em situações em que os agricultores não possuem recursos econômicos para controlar o ambiente e suas variações, eles dependem de combinações de enxerto e porta-enxerto que garantam alta produtividade, maior tolerância e/ou resistência às principais pragas e doenças, melhor qualidade dos frutos e maior rendimento de seco, aliado a um manejo cultural eficiente.

Através da média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) foi possível prever os valores genotípicos dos materiais superiores agrupando em uma única estatística, a estabilidade e adaptabilidade para diversos parâmetros morfoagronômicos, como forma de facilitar a seleção. O ranking dos genótipos com os melhores resultados para o MHPRVG foram: 1: BRS Tabuleiro; 2: Tangerineira ‘Sunki Tropical’; 3: BRS Matta; 5: BRS Bravo; 11: Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’; 12: BRS N. Gimenes Fernandes; e 13: Citrandarin ‘Indio’.

Dentre os genótipos estudados, cinco destacaram-se entre os melhores em todas as metodologias utilizadas, os indicando como promissores a serem utilizados como porta-enxerto nas condições do cerrado amapaense, sendo eles: 1: BRS Tabuleiro; 2: Tangerineira ‘Sunki Tropical’; 5: BRS Bravo; 11: Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’; e 12: BRS N. Gimenes Fernandes. É importante observar que, de modo geral, o ordenamento na maioria das variáveis avaliadas não coincidiu em nenhuma das metodologias testadas. Porém, as estimativas classificaram os genótipos de forma consistente, destacando os como materiais com alta estabilidade e adaptabilidade para os parâmetros estudados.

Além disso, a utilização dessas metodologias é amplamente recomendada em programas de melhoramento genético, pois permite combinar de forma eficiente as características de interesse avaliadas (Borges *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2013). Outros trabalhos presentes na literatura também consideram que a método MHPRVG é o critério mais importante e eficaz na seleção de genótipos superiores para cultivos comerciais, uma vez que os materiais selecionados deverão apresentar bom desempenho em estabilidade e adaptabilidade temporal juntamente com os parâmetros estudados (Rosado *et al.*, 2012; Atroch; Nascimento Filho; Resende, 2013; Alves *et al.*, 2018).

Outro ponto, é que a metodologia REML/BLUP se destaca por gerar resultados que podem ser interpretados diretamente como valores genotípicos, já ajustados pelas estimativas

de estabilidade e adaptabilidade, o que possibilita recomendações mais precisas e eficientes de genótipos (Carbonell *et al.*, 2007; Verardi *et al.*, 2009). Estudos com plantas perenes também evidenciam a relevância dessas metodologias para o ranqueamento de genótipos (Maia *et al.*, 2009; Rodrigues *et al.*, 2013; Regitano Neto *et al.*, 2013; Moiana *et al.*, 2014; Torres *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2018; Candido *et al.*, 2018; Rosado *et al.*, 2019; Capistrano, 2019).

Portanto, observa-se que as metodologias estatísticas MHVG, PRVG e MHPRVG são ferramentas muito eficientes e que podem auxiliar o melhorista na seleção de genótipos estáveis, adaptados e de alto potencial em programas de melhoramento genético de porta-enxerto para laranjeiras doce.

Os genótipos de porta-enxerto BRS Tabuleiro; Tangerineira ‘Sunki Tropical’; BRS Bravo; Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e BRS N. Gimenes Fernandes apresentaram simultaneamente ótimos resultados para estabilidade, adaptabilidade e produtividade. Por isso, podem ser considerados promissores para o cultivo em condições similares às testadas.

## 6 CONCLUSÕES

A presença da variabilidade genética indicou a existência de potencial seleção dos genótipos em combinação com a laranjeira ‘Pera’.

Houve coincidência no ranking dos genótipos selecionados para ganho, embora o ordenamento não tenha sido o mesmo. Os genótipos de porta-enxerto Tangerineira ‘Sunki Tropical’ e BRS Matta proporcionaram maiores ganhos genéticos em número de frutos (21,32%) e massa de suco (33,87%), respectivamente.

A seleção de genótipos superiores com acurácia acima de 70% pode ser alcançada em sete medições, embora, para o número de frutos, 5 a 6 avaliações são suficientes, reduzindo custos e tempo.

Os porta-enxerto BRS Tabuleiro, Tangerineira ‘Sunki Tropical’, BRS Bravo, Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, e BRS N. Gimenes Fernandes em combinação com a laranjeira ‘pera’ apresentaram simultaneamente ótimos resultados para estabilidade, adaptabilidade e produtividade. Sendo considerados promissores para o cultivo no Cerrado amapaense.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. L. P. **Índices multivariados e blup multisafras na seleção de genótipos de goiabeira**. 86 F. Tese (Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, J. M. A. *et al.* Pinhão-manso: uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da Amazônia brasileira. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 2, n. 1, p. 57-68, 2008.
- ALVES, R. S. *et al.* Selection of *Jatropha curcas* families based on temporal stability and adaptability of genetic values. **Industrial Crops and Products**, v. 119, p. 290-293, 2018.
- AMARAL, C. O. **Déficit hídrico no pré-florescimento da laranjeira 'Folha Murcha' e a influência na produção e na qualidade dos frutos**. 93 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, RJ, 2018.
- AMBRÓSIO, M. *et al.* Avaliação e seleção truncada e simultânea em famílias (s1) de capim elefante para fins bioenergéticos via modelos mistos (REML/BLUP). *In: ANAIS DO XIV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GENÉTICA E MELHORAMENTO - VOL.4 2023*, Viçosa. Anais eletrônicos. Campinas, Galoá, 2023.
- ATROCH, A. L.; NASCIMENTO FILHO, F. J.; RESENDE, M. D. V. Seleção genética simultânea de progênies de guaranazeiro para produção, adaptabilidade e estabilidade temporal. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 4, p. 347–352, 2013.
- AZEVEDO, C. L. L. **Sistema de produção de citros para o Nordeste**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2003.
- AZEVEDO, V. R. *et al.* Coeficiente de repetibilidade para produção de frutos e seleção de matrizes de *Bertholletia excelsa* (Bonpl.) em castanhais nativos do estado do Acre. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 135-144, 2020.
- BASTOS, D. C. *et al.* Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, n.281, p.36-45, 2014.
- BERGO, C. L. *et al.* Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em pupunheiras para palmito da raça putumayo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 829-836, 2013.
- BERTOLDO, J. G. *et al.* Predição dos valores genéticos entre e dentro de populações de goiabeira-serrana [*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret] em fase juvenil. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 97-104, 2017.

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

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2013.

BORGES, C. V. *et al.* Seleção entre e dentro de progênies para a produção de frutos de pupunha. **Revista Ciências Agrárias**, v.60, n.2, p.177-184, 2017.

BORGES, V. *et al.* Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 643-649, 2010.

BRITO, M. E. B. **Tolerância de porta-enxertos de citros à salinidade**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologias e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2007.

BRUNA, E. D.; MORETO, A. L.; DALBÓ, M. A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o litoral sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 206-215, 2012.

BUENO, L. C. S.; MENDES, L. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento de plantas: princípios e procedimentos**. ed. 2. Lavras: Editora UFLA, 2006. 319p.

BULHÕES, L. E. L. *et al.* Dinâmica temporal (2001-2021) da fruticultura no estado de Alagoas. **REVISTA UNIARAGUAIA**, v. 18, n. 2, p. 43-52, 2023.

CANDIDO, W. S. *et al.* Stability and adaptability of curled green-leaf lettuce lines using the REML/Blup mixed model. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 298-306, 2018.

CAPISTRANO, M. C. **Avaliação genotípica de laranjeiras-doce via modelos mistos**. 132 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Acre, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Rio Branco, 2019.

CARBONELL, S. A. M. *et al.* Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, p. 193-201, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 340-347, 2009.

CARIAS, C. M. D. O. M. *et al.* Predição de ganhos genéticos via modelos mistos em Progênies de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, p. 39 - 45, 2016.

CARVALHO, M. S. *et al.* Genetic diversity and population structure of *Euterpe edulis* by REML/BLUP analysis of fruit morphology and microsatellite markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 4, p. 1–9, 11 dez. 2020.

CARVALHO, L. P. *et al.* Uso da metodologia REML/BLUP para seleção de genótipos de algodoeiro com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva. **Bragantia**, v. 75, p. 314-321, 2016.

CASTRO, G. S. A.; KOURI, J.; ALVES, L. W. R. **Comportamento de cultivares de soja em sistema plantio direto consolidado e em área de abertura sem revolvimento do solo**. Macapá: Embrapa Amapá, Circular Técnica 40, 2015.

CECON, P. R. *et al.* Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café 'Conilon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1171-1176, 2008.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2014.

ESPINOZA-NÚÑEZ, Erick *et al.* Performance of 'Tahiti' lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia horticulturae**, v. 129, n. 2, p. 227-231, 2011.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987.

Food And Agriculture Organization [FAO]. Food safety risk analysis. **A guide for national food safety authorities**. Rome: FAO; 2022.

FRITSCHÉ-NETO, R. *et al.* Prediction of genotypic values of maize hybrids in unbalanced experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, n. 1, 2010.

GOIS, I. B. **Seleção genômica (GWS) e fenômica no melhoramento de citrus**. 55 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de pós Graduação em fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, MG, 2016.

GONÇALVES, G. M. *et al.* Breeding new sugarcane clones by mixed models under genotype by environment interaction. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 66-71, 2014.

HENDERSON, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, p. 423-447, 1975.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. **LSPA- Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamentosistemico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>>. Acesso em 10 ago 2024a.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. **Produção agrícola – Lavoura permanente**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/macapa/pesquisa/15/11863?localidade1=160053>>. Acesso em 15 ago 2024b.

Instituto De Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá [IEPA]. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: primeira aproximação do ZEE**. Macapá: IEPA, 2002.

Instituto Nacional De Meteorologia [INMET]. **Normais climatológicas 1991-2020**. Brasília: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 10 dez. 2024.

Instituto Nacional de Meteorologia [INMET]. **Normas climatológicas**. Disponível em: <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em: 05 jan. 2025.

LAVIOLA, B. G. *et al.* Estimates of repeatability coefficients and selection gains in *Jatropha* indicate that higher cumulative genetic gains can be obtained by relaxing the degree of certainty in predicting the best families. **Industrial Crops and Products**, v. 51, p. 70-76, 2013.

LEÃO, P. C. S. *et al.* Repeatability coefficients and genetic gains in table grape progenies for the Brazilian semi-arid region. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 5, p. 387-392, 2018.

LUCIUS, A. S. F. *et al.* Performance of sugarcane families at different stages in the genetic improvement by REML/BLUP. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p.101-112, 2014.

MACHADO, I. P. **Estimativas de repetibilidade e predições de ganhos genéticos em clones de cajueiro-anão**. Dissertação - Mestrado em Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, 2018.

MALIKOUSKI, R. G. *et al.* Genotypic diversity and genetic parameters of 'Tahiti' acid lime using different rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, p. e02768, 2022.  
MATTOS JUNIOR, D. *et al.* **Citros**. Campinas: IAC: FUNDAG, 2005.

MEDEIROS, R. C. *et al.* Exploratory analysis of morphological and qualitative characteristics of orange varieties in Brejão-EP collection. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 500-507, 2013.

MELEM JUNIOR, N. J.; FARIAS NETO, J. T.; YOKOMIZO, G. K. I. **Caracterização dos cerrados do Amapá**. 2003. Macapá: Embrapa Amapá, Comunicado Técnico, 105, 2003.

MELO, P. G. S. *et al.* Adaptability and stability of common bean genotypes in family farming systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 02, p. 189-196, 2018.

MINEIRO, J. L. C.; SILVA, W. R.; SILVA, R. A. Ácaros em fruteiras e outras plantas no Estado do Amapá. **Biota Neotropica**, v. 9, p. 103-106, 2009.

MOIANA, L. D. *et al.* Application of mixed models for the assessment genotype and environment interactions in cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars in Mozambique. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 19, p. 1985-1991, 2014.

MOLIN, J. P.; MASCARIN, L. S. Colheita de citros e obtenção de dados para mapeamento da produtividade. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 259-266, 2007.

NEVES, M. F. *et al.* **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: CitrusBR, p. 137, 2010.

OLIVEIRA, R. P. *et al.* Melhoramento genético de plantas cítricas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, n. 281, p. 21 - 29, 2014.

PASSOS, O. S. *et al.* **Banco ativo de germoplasma de citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical: passado, presente e futuro.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2007.

PASSOS, O. S. *et al.* Caracterização de híbridos de *Poncirus trifoliata* e de outros porta-enxertos de citros no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 410-413, 2006.

PEIXOTO, W. F. S. **Repetibilidade, adaptabilidade, estabilidade e predição de ganhos entre e dentro de famílias de meios-irmãos de Capim-elefante para fins forrageiros.** 73 f. Tese (Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2022.

PEREIRA, T. B. *et al.* Eficiência da seleção de progênies de café F4 pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Bragantia**, v. 72, p. 230-236, 2013.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S.; RESENDE, M. D. V. Avaliação genética de seleções e híbridos de limões cravo, volkameriano e rugoso como porta-enxertos para laranjeiras Valência na presença da morte súbita dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 199-209, 2013.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. Comportamento de porta-enxertos em área afetada pela morte súbita dos citros. **Citrus Research & Technology**, v. 40, p. 1-8, 2019.

PORTO, B. B. A. *et al.* **Estratégias de seleção em progênies de meios-irmãos em *Annona squamosa* L.** 72 f. Tese (Produção Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. Montes Claros, MG, 2021.

REGITANO NETO, A. *et al.* Comportamento de genótipos de arroz de terras altas no estado de São Paulo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 512-519, 2013.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético.** Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo.** Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 65 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 100).

RESENDE, M.D.V. de. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.16, p.330-339, 2016. Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/c8eb9792-58b6-99d8.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2024.

RODRIGUES, Filipe Almendagna *et al.* Caracterização dos frutos e germinação de sementes dos porta-enxertos trifoliata Flying Dragon e citrumelo Swingle. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1180-1188, 2010.

RODRIGUES, M. J. S. **Produção de mudas de citros em novos porta-enxertos híbridos sob ambiente protegido**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias ) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2013.

RODRIGUES, W. P. *et al.* Adaptability and genotypic stability of *Coffea arabica* genotypes based on REML/BLUP analysis in Rio de Janeiro State, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 3, p. 2391-2399, 2013.

ROSADO, A. M. *et al.* Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1653-1659, 2009.

ROSADO, A. M. *et al.* Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 964-971, 2012.

ROSADO, R. D. S. *et al.* Genetic parameters and simultaneous selection for adaptability and stability of macaw palm. **Scientia horticultrae**, v. 248, p. 291-296, 2019.

SALES, W. S. *et al.* Estimates of repeatability for selection of genotypes of seedless table grapes for Brazilian semiarid regions. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 131-136, 2019.

SANCHÉZ, C. F. B. *et al.* Estimates of repeatability coefficients and the number of the optimum measure to select superior genotypes in *Annona muricata* L. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.3, pp. 1-8, 2017.

SANTOS, G. A. *et al.* Adaptability for *Eucalyptus* multi species hybrids in the State of Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 37, p. 759-769, 2013.

SANTOS, O. P. *et al.* Methods of adaptability and stability applied to eucalyptus breeding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 01, p. 53-62, 2018.

SEGOVIA, J. F. O.; ALVES, R. M. M. **Olericultura tropical no Amapá**. Embrapa Amapá-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2001.

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

SOARES, A. A. *et al.* Avaliação genotípica de linhagens testadas nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de arroz de terras altas, utilizando modelo misto. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO*, 6., 2009, Porto Alegre. Estresses e sustentabilidade: desafios para a lavoura arrozeira. Porto Alegre: Sosbai, 2009.

SOUZA, E. F. M. **Métodos estatísticos aplicados à seleção de clones de laranja 'Pêra'**. 80 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2010.

SOUZA, P. N. S. *et al.* **Diversidade morfoagronômica e ganhos de seleção em *Butia capitata* por abordagem multivariada e modelos mistos**. 55 f. Tese (doutorado) - Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais, MG, 2022.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Número necessário de safras para avaliar com eficiência a biomassa foliar em erva-mate. **Série Documentos Embrapa Florestas**, v. 213, p. 1-23, 2011.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Seleção de progênies de erva mate (*Ilex paraguarensis* St. Hil.) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.50, p.37-51, 2005.

TORRES, F. E. *et al.* Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. **Bragantia**, v. 74, p. 255-260, 2015.

United States Department Of Agriculture [USDA]. **Citrus: World Markets and Trade**. Julho 2024. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade>>. Acesso em: 20 de ago. 2024.

VALE JÚNIOR, J. F. *et al.* Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 2, p. 158-165, 2011.

VALENTE, M. A.; CAMPOS, A. G. S.; WATRIN, O. S. Mapeamento dos solos do bioma cerrado do Estado do Amapá. *In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*. João Pessoa, PB, Brasil, INPE, 2015.

VASCONCELOS, E. S. de *et al.* Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. **Revista Ceres**, v. 57, p. 205-210, 2010.

VERARDI, C. K. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1277-1282, 2009.

VIANA, A. P.; RESENDE, M. D. V. **Genética Quantitativa no Melhoramento de Fruteiras**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2014.

VIDAL, M. F. CITRICULTURA (LARANJA): v. 9 n. 328 (2024). **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v. 9, n. 343, 2024. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2621>. Acesso em: 28 ago. 2024.

WINCKLER FILHO, P. R. **Desempenho de famílias e genitores de cana-de-açúcar, série RB12, via modelos mistos no Estado do Paraná**. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, 2016.