

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E SELEÇÃO DE
GENÓTIPOS SUPERIORES DE MAMOEIRO PARA
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS.**

Maria Luiza Miranda dos Santos

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
AGOSTO – 2022**

ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE MAMOEIRO PARA PRODUÇÃO E QUALIDADE DO FRUTO

Maria Luiza Miranda dos Santos
Engenheira Agrônoma, UFRB, 2019

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Agricultura Tropical).

Orientador: Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo
Coorientadora: Dra. Hellen Cristina da Paixão Moura
Coorientador: Dr. Diego Fernando Marmolejo Cortes

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
AGOSTO - 2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

S237a	<p>Santos, Maria Luiza Miranda dos. Adaptabilidade, estabilidade e seleção de genótipos superiores de mamoeiro para produção e qualidade de frutos / Maria Luiza Miranda dos Santos. _ Cruz das Almas, BA, 2022. 95f; il.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Ciências Agrárias.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo. Coorientadora: Dra. Hellen Cristina da Paixão Moura. Coorientador: Dr. Diego Fernando Marmolejo Cortes.</p> <p>1.Mamão – Variabilidade genética. 2.Mamão – Melhoramento genético. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 634.651</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS
SUPERIORES DE MAMOEIRO PARA PRODUÇÃO E QUALIDADE
DO FRUTO**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de

Maria Luiza Miranda dos Santos

Aprovada em 30 de agosto de 2022

Documento assinado digitalmente
 CARLOS ALBERTO DA SILVA LEDO
Data: 07/11/2022 18:22:49-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo
Embrapa Mandioca e Fruticultura - CNPMF
Orientador

Dr. Danilo Pereira Costa
Embrapa Mandioca e Fruticultura - CNPMF
Examinador Interno

Dr. Renato Santa-Catarina
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação a Deus que tens me sustentado em todos os momentos, aos meus pais Maria Lucia e Paulo Sergio, meu esposo Wellber, aos meus sogros, pelo incentivo, apoio e dedicação e a todos os amigos que sempre contribuíram de forma direta ou indireta para finalização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que é meu pai, senhor e salvador da minha vida, toda honra e glória seja dada a Ele, porque pra Ele e por Ele são todas as coisas.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pela oportunidade de cursar o mestrado.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura pela infraestrutura concedida e ao grupo do mamão.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

Aos colegas e professores da pós-graduação por todos os momentos compartilhados mesmo que a distância, foram muito significativos.

Aos meus pais e irmãos pela dedicação e apoio em todos os momentos.

Ao meu orientador Carlos Alberto da Silva Ledo, por aceitar me orientar quando o procurei, por todas as vezes que foi solícito. Muito obrigada.

Aos meus Co-orientadores Hellen Moura e Diego Fernando, vocês foram benção em minha vida e parte essencial nesse trabalho, tudo isso não seria possível sem vocês. MUITÍSSIMO obrigada.

A meu esposo Wellber Cardoso e sua família, por todo apoio e compreensão, por não me deixar desistir e por estar junto a mim em toda essa trajetória. Amo vocês!

A meu querido pastor Walter Aureliano da Silva, homem de Deus que me auxiliou em vários momentos de crise e sempre esteve orando por mim.

Aos meus irmãos e amigos do grupo de comunhão por todos os momentos e orações, sou muito grata por tê-los em minha vida.

A minha prima Aline Souza, por ser exemplo e minha referência, além de sempre está me incentivando a ser melhor, você é meu orgulho.

Aos amigos, em especial Carla Damasceno, Karoline Cardoso, Naiane Silva, Railda, Thays Nunes por todo incentivo, apoio, conselhos e motivação durante o tempo que fiquei em Cruz das Almas e ao longo dessa caminhada.

A Juliana Bulhões e família, por todo acolhimento, ajuda e incentivo e a pequena benção chamada Helena que durante esse tempo me proporcionou alegrias, foi calma e sempre estava ali perguntando 'Luiza, o que você está fazendo?'. Gratidão!

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente para a finalização deste trabalho.

Muito obrigada!

ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE MAMOEIRO PARA PRODUÇÃO E QUALIDADE DO FRUTO

RESUMO GERAL

O mamoeiro é uma das culturas tropicais mais importantes do mundo. Contudo, poucas cultivares são cultivadas, o que torna a cultura vulnerável a fatores bióticos e abióticos. Além disso, há poucos estudos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos às regiões produtoras do Brasil. O presente trabalho teve como objetivos i) Estimar simultaneamente parâmetros genéticos de repetibilidade e interação genótipos x ambiente (GxE) ii) selecionar genótipos de mamoeiro com base em características agrônômicas e físico-químicas e iii) avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos ao Recôncavo da Bahia e extremo Sul da Bahia. Foram avaliados 21 genótipos compostos de híbridos e linhagens em Cruz das Almas-BA e Eunápolis-BA. Foram estimados parâmetros genéticos considerando os efeitos de genótipos, locais e épocas de avaliação pelo procedimento REML. Foram utilizados quatro índices (aditivo, aditivo padronizado, Mulamba & Mock e multiplicativo) para seleção de genótipos com base nos valores genotípicos. Foram selecionados genótipos para os dois locais (CNPMF-H10.60, CNPMF-L47-P8, CNPMF-L54, CNPMF-L78, UC-14, UC-15), para Cruz das Almas (UC-13 e UC-16) e para Eunápolis (CNPMF-H36.45 e CNPMF-L06) sendo obtidos consideráveis ganhos genéticos para características de grande importância para o mamoeiro. A análise de adaptabilidade e estabilidade foi realizada para as características número de frutos comerciais (NFC), número de frutos deformados (NFD) e número de nós sem fruto (NNSF), avaliadas aos 9 e 14 meses após o transplante. As análises de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram avaliadas para as características, usando três métodos diferentes: Annicchiarico, Eberhart e Russel, Modelos Mistos. Os genótipos CNPMF-L78, CNPMF-H10.60, CNPMF-H26.60 e CNPMF-H36.45 foram os mais estáveis e com boa produção de frutos comerciais, com alta potencial para recomendação nas regiões onde o estudo foi realizado.

Palavras-chave: *Carica papaya*, Híbridos, Índice de seleção, Melhoramento genético, Modelos mistos.

ADAPTABILITY, STABILITY AND SELECTION OF SUPERIOR PAPAYA GENOTYPES FOR PRODUCTION AND FRUIT QUALITY

GENERAL ABSTRACT

Papaya is one of the most important tropical crops in the world. However, few cultivars are cultivated, which makes the culture vulnerable to biotic and abiotic factors. In addition, there are few studies on the adaptability and stability of genotypes to producing regions in Brazil. This study aimed to i) Simultaneously estimate genetic parameters of repeatability and genotype \times environment interaction (G \times E) ii) select papaya genotypes based on agronomic and physicochemical characteristics and iii) evaluate the adaptability and stability of genotypes to the Recôncavo da Bahia and extreme south of Bahia. Twenty-one genotypes composed of hybrids and lines in Cruz das Almas-BA and Eunápolis-BA were evaluated. Genetic parameters were estimated considering the effects of genotypes, locations and evaluation times by the REML procedure. Four indices (additive, standardized additive, Mulamba & Mock and multiplicative) were used for genotype selection based on genotypic values. Genotypes were selected for the two sites (CNPMF-H10.60, CNPMF-L47-P8, CNPMF-L54, CNPMF-L78, UC-14, UC-15), for Cruz das Almas (UC-13 and UC-16) and for Eunápolis (CNPMF-H36.45 and CNPMF-L06) and considerable genetic gains were obtained for traits of great importance for papaya. The adaptability and stability analysis was performed for the characteristics number of commercial fruits (NFC), number of deformed fruits (NFD) and number of fruitless nodes (NNSF), evaluated at 9 and 14 months after transplanting. The genotype adaptability and stability analyzes were evaluated for the traits, using three different methods: Annicchiarico, Eberhart and Russell, Mixed Models. The genotypes CNPMF-L78, CNPMF-H10.60, CNPMF-H26.60 and CNPMF-H36.45 were the most stable and had good commercial fruit production, with high potential for recommendation in the regions where the study was carried out.

Keywords: Breeding, *Carica papaya*, hybrids, mixed model, selection index

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Identificação dos 21 genótipos de mamoeiro integrantes do Ensaio Nacional de Mamão, avaliados em Cruz das Almas, BA e em Eunápolis, BA, no ano agrícola 2013/2014.....45

Tabela 2 - Estimativa de componentes de variância e parâmetros genéticos para cinco características morfoagronômicas em 21 genótipos de mamoeiro avaliados em Cruz das Almas (BA) e Eunápolis (BA), no ano agrícola 2013/2014.....55

Tabela 3 - Estimativa de componentes de variância e parâmetros genéticos para 11 características avaliadas em 21 genótipos de mamoeiro Cruz das Almas e Eunápolis.....59

Tabela 4 - Médias fenotípicas para características agronômicas e físico-químicas de genótipos selecionados pelo índice aditivo padronizado.....65

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Identificação dos 21 genótipos de mamoeiro integrantes do Ensaio Nacional de Mamão, avaliados em Cruz das Almas, BA e em Eunápolis, BA, no ano agrícola 2013/2014.....76

Tabela 2 - Análise de variância para as características número de frutos comerciais (NFC), número de frutos deformados (NFD) e número de nós sem fruto (NNSF), obtidos na avaliação de 21 genótipos de mamoeiro plantados em Cruz das Almas e Eunápolis/ Bahia.....82

Tabela 3 - Médias das características número de frutos comerciais (NFC), número de frutos deformados (NFD) e número de nós sem fruto (NNSF), obtidos na avaliação de 21 genótipos de mamoeiro plantados em Cruz das Almas e Eunápolis/ Bahia.....83

Tabela 4 - Estimativas de adaptabilidade e estabilidade em 21 genótipos de mamoeiro plantados em Cruz das Almas e Eunápolis/ Bahia pelo método Annicchiarico (1992) analisados em quatro épocas diferentes. NFC: Número de frutos comerciais, NFD: Número de frutos deformados e NNSF: Número de nós sem frutos.....85

Tabela 5 - Estimativas de adaptabilidade e estabilidade em 21 genótipos de mamoeiro plantados em Cruz das Almas e Eunápolis/Bahia pelo método Eberhart and Russell (1966) analisados em quatro épocas diferentes. NFC: Número de frutos comerciais, NFD: Número de frutos deformados e NNSF: Número de nós sem frutos.....88

Tabela 6 - Estimativas de adaptabilidade e estabilidade em 21 genótipos de mamoeiro plantados em Cruz das Almas e Eunápolis/ Bahia pelos índices baseados em BLUPs, analisados em quatro épocas diferentes. NFC: Número de frutos comerciais, NFD: Número de frutos deformados e NNSF: Número de nós sem frutos.....90

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Distribuição de valores de melhor preditor linear não viesados (BLUPs) adicionada à média geral, para várias características agronômicas de genótipos de mamoeiro cultivados em Cruz das Almas–BA e Eunápolis-BA.....57

Figura 2 - Distribuição de valores de melhor preditor linear não viesados (BLUPs) adicionada à média geral, para várias características de rendimento e físico-químicas de genótipos de mamoeiro cultivados em Cruz das Almas- BA e Eunápolis-BA.....61

Figura 3 - Coeficientes de coincidência de oito genótipos selecionados com uso dos índices de seleção: Índice Aditivo (IA), Índice Aditivo Padronizado (IAP), Índice Mulamba & Mock (IMM), Índice Multiplicativo (IM), quanto às características agronômicas e físico-químicas. As comparações são realizadas por locais entre índices e conjuntos para analisar cada índice.....62

Figura 4 - Ganhos genéticos preditos (%) para características agronômicas e físico-químicas de genótipos de mamoeiro selecionados por diferentes índices de seleção. IA: índice aditivo; IAP: índice aditivo padronizado; IM: índice multiplicativo; IMM: índice Mulamba & Mock.....63

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2.0	REFERENCIAL TEORICO.....	16
2.1	Aspectos gerais do mamoeiro.....	16
2.2	Importância econômica do mamoeiro.....	18
2.3	Melhoramento genético do mamoeiro.....	19
2.3.1	Grupos heteróticos e variedades utilizadas.....	22
2.3.2	Adaptabilidade e estabilidade.....	24
2.3.3	Caracterização agrônômica e físico-química de genótipos de mamoeiro.....	26
2.3.4	Modelos mistos no melhoramento genético de plantas	27
2.3.5	Índice de Seleção.....	30
3.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
	CAPÍTULO 1 – Análise simultânea de repetibilidade e interação genótipos por ambientes visando a seleção de genótipos de mamoeiro.....	41
	RESUMO.....	41
	ABSTRACT.....	42
1.0	INTRODUÇÃO.....	43
2.0	MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1	Material genético.....	44
2.2	Local de condução dos experimentos.....	45
2.3	Avaliação de características agrônômicas	46
2.3.1	Avaliação das características morfoagrônômicas	47
2.3.2	Avaliação das características físico-químicas	48
2.4	Análises estatísticas	49
2.4.1	Características morfoagrônômicas	49
2.4.2	Características física e físico-químicas	51
2.4.3	Índices de seleção	52
3.0	RESULTADOS	54
3.1	Características morfoagrônômicas	54
3.2	Características morfoagrônômicas	58
3.3	Seleção de genótipos superiores	61
4.0	DISCUSSÃO	66
5.0	CONCLUSÃO.....	68
6.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
	CAPÍTULO 2 - Adaptabilidade, estabilidade e recomendação de genótipos de mamoeiro ao recôncavo e extremo sul da Bahia.....	72
	RESUMO.....	72
	ABSTRACT.....	73
1.0	INTRODUÇÃO.....	74
2.0	MATERIAL E MÉTODOS.....	76
2.1	Material genético	76
2.2	Local de condução dos experimentos	77
2.3	Avaliação de características agrônômicas	78
2.3.1	Avaliação das características morfoagrônômicas	78
2.4	Análises estatísticas	79
3.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
4.0	CONCLUSÕES.....	91

5.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94

1. INTRODUÇÃO GERAL

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) tem sua aceitação em relação a origem no sul do México e da América central, visto que ainda encontram-se populações naturais silvestres da espécie nesses locais (FUENTES; SANTAMARÍA, 2014). Os estudos com mamoeiro apresentam grande relevância, por ser esta uma cultura de muita importância econômica no mundo, sendo que suas frutas são consumidas principalmente *in natura*, entretanto a utilização em derivados como iogurtes, sorvetes, doces, etc. Apesar da sua grande importância existe poucas cultivares sendo cultivadas nos plantios comerciais, tornando o cultivo do mamoeiro vulnerável a fatores bióticos (pragas e doenças) e abióticos (variações climáticas) que limita a expansão da cultura (DANTAS; LIMA, 2001).

Toda produção nacional de mamão é realizada basicamente com três ou quatro cultivares, que pertencem ao grupo heterótico Solo (Golden e Sunrise Solo,), que são conhecidas comercialmente como mamão papaya ou Havaí. As cultivares dos híbridos pertencentes ao grupo heterótico Formosa, Tainung 01 e Calimosa são o segundo tipo mais plantado, comparadas com as cultivares do tipo Solo elas apresentam maior peso de fruto e rendimento (LUZ et al., 2015).

Para que haja crescimento contínuo da cultura do mamoeiro, faz-se necessário que tenham novas cultivares disponíveis que estas sejam produtivas e adaptadas às diversas faixas de ambientes de cultivo e regiões brasileiras, que sejam específicas para cada tipo de mercado, interno e externo (LUZ et al., 2015).

Entretanto, ao fazer a recomendação de genótipo, variedades ou híbridos superiores para serem cultivados em regiões distintas os critérios mínimos que possibilita inferir sobre o potencial do genótipo no ambiente de cultivo devem ser atendidos (LUZ et al., 2018).

Alguns parâmetros genéticos são comuns serem estimados em plantas perenes para inferência de caracteres que venham permitir caracterizar os genótipos ao longo do tempo, dentre estes tem-se o coeficiente de repetibilidade. Este parâmetro genético mede a correlação entre as medidas em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas no tempo ou no espaço (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Segundo Resende (2007), considera-se que o sucesso da seleção é dependente da variabilidade genética e da acurácia dos métodos de seleção, sendo assim é importante o uso de metodologias que estime os componentes de variância e também permita a previsão dos valores genéticos dos indivíduos candidatos à seleção.

Nos programas de melhoramento antes de sua recomendação final e multiplicação os genótipos são testados em diferentes ambientes. Devido à diferença que na maioria das vezes existe entre os ambientes, há interação genótipo x ambiente (G x A), que prejudica no ganho com a seleção, sendo necessária estimar a magnitude e a natureza dessa interação. Tais estimativas permitem a avaliação do real impacto de seleção assegurando que a recomendação de genótipos para um determinado local seja de alto grau de confiabilidade (ROSADO et al., 2012).

Sendo assim, as metodologias de seleção que utilizam a estabilidade e a adaptabilidade em comparação com aquelas que usam apenas a produção como critério de seleção pode ser considerada superiores (RESENDE, 2007).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivos i) Estimar simultaneamente parâmetros genéticos de repetibilidade e interação genótipos x ambiente (GxE) ii) selecionar genótipos de mamoeiro com base em características agronômicas e físico-químicas e iii) avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos ao Recôncavo da Bahia e extremo Sul da Bahia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais do mamoeiro

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) tem sua origem bastante questionada, devido a sua ampla distribuição geográfica e por sua adaptabilidade as regiões de clima tropical e subtropical do mundo. Segundo as hipóteses de Candolle (1908), considerada a mais antiga, a origem do mamoeiro seria de um ancestral de frutos pequenos na América Central, tornando-se, este, seu centro de origem e domesticação. Mesmo havendo opiniões divergentes quanto à origem de *C. papaya* na América Tropical, tem-se aceitação maior de origem no sul do México e da América central, visto que ainda encontram-se populações naturais silvestres da espécie nesses locais (FUENTES; SANTAMARÍA, 2014).

O mamoeiro cultivado (*C. papaya* L.) é uma planta diplóide $2n=18$ (DAMASCENO JUNIOR et al., 2009) pertence à classe Dicotyledoneae, subclasse Archiclamydeae, ordem Violales, família Caricaceae e gênero *Carica*. Esta família possui 6 gêneros e 35 espécies (VAN DROOGENBROECK et al., 2002). Os gêneros *Vasconcella* (21 espécies), *Jacaratia* (sete espécies), *Jarilla* (três espécies), *Horovitzia* (uma espécie) e *Carica* (uma espécie), oriundos da América do Sul, enquanto o gênero *Cylicomorpha* (duas espécies) é encontrado na África Equatorial (VAN DROOGENBROECK et al., 2004). Dentre os gêneros citados, o *Carica* ao qual pertence a espécie *C. papaya*, é o de maior importância econômica, de acordo com Carvalho e Renner (2012). Em relação às suas características botânicas, o mamoeiro possui sistema radicular pivotante, sendo que a raiz principal é bastante desenvolvida, caule herbáceo lenhoso, oco, ereto, não ramificado, com diâmetro de 10 a 30 cm. Suas folhas são grandes e alternadas, com 20 a 60 cm de comprimento e até 70 cm de diâmetro, sustentadas por pecíolos oco de 25-100 cm de comprimento (TASSARA, 1996; DANTAS; CASTRO NETO, 2000; COTRUT et al., 2017).

As flores são de coloração brancas/cremes ou amarelas, sendo pequenas, em forma de funil, comumente encontradas formando inflorescências ou solitárias dos tipos estaminadas que caracteriza as plantas masculinas, pistiladas que caracteriza plantas femininas típica e hermafroditas, que

caracteriza plantas hermafrodita (TASSARA, 1996; COTRUT et al., 2017). As demais variações são consideradas anomalias florais de acordo com *International Board of Plant Genetic Resources* (IBPGR) (1988). As alterações florais que ocorrem no mamoeiro hermafrodita, denominadas de anomalias, são influenciadas pelos fatores ambientais, principalmente temperatura e umidade do ar e do solo. Tais deformações são carpeloidia, pentandria e reversão sexual (esterilidade feminina ou de verão) (MARTELLETO et al., 2011).

O sistema reprodutivo do mamoeiro é misto sendo que o mamoeiro hermafrodita é predominantemente autógamo com cleistogamia, podendo apresentar uma taxa de até 10% de alogamia (DAMASCENO JUNIOR et al., 2009).

Em relação a herança do sexo no mamoeiro os primeiros trabalhos relatam que é uma característica genética de herança monogênica ou simples, apresentando três formas alélicas M_1 , M_2 e m . As plantas masculinas e hermafroditas são geneticamente heterozigotas para os alelos M_1 e M_2 , respectivamente, enquanto que as plantas femininas são homozigotas para o alelo m , em que plantas portadoras do genótipo M_1m , M_2m e mm são masculinas, hermafrodita e femininas, respectivamente. As combinações dominantes M_1M_1 e M_2M_2 são letais zigóticos (HOFMEYR, 1938; STOREY, 1953).

Entretanto, estudos mais recentes enfatizam que o sexo em mamoeiro é controlado por um par de cromossomos sexuais (XY) que evoluiu recentemente, havendo dois cromossomos Y ligeiramente diferentes na espécie, sendo que nas plantas masculinas o cromossomo Y e nas plantas hermafroditas o cromossomo Y^h . Sendo assim, plantas portadoras dos genótipos XY, XX, XY^h e YY^h , seriam masculinas, femininas, hermafroditas e letais, respectivamente (MING et al., 2007; WANG et al., 2012).

O fruto é do tipo baga, que apresenta forma variada a depender do tipo de flor, sendo oblongo, arredondado, alongada, piriforme e cilíndrico. O tamanho pode variar de 2 até 50 cm de comprimento e pesar até 3 kg. Possui a casca lisa e fina, com coloração amarelo claro a laranja e espessura da polpa variando de 2,5 a 5 cm, apresentando cores amarela, alaranjada ou avermelhada (BADILLO, 1993; DANTAS; CASTRO NETO, 2000).

O fruto do mamoeiro possui destaque entre as frutas produzidas, por ser rico em vários nutrientes como vitaminas A, B, C e E; potássio, ferro, cálcio,

riboflavina, folato, fibra, tiamina e niacina. As partes do mamão são utilizadas em aplicações médicas e na produção da papaína, que é um subproduto comercializado para digestão de proteínas, como amaciante de carnes vermelhas por exemplo, é usada também em cicatrizes e verrugas na pele como tratamento e para fabricação de cervejas (CHÁVEZ-PESQUEIRA; NÚÑEZ-FARFÁN, 2017).

2.2 Importância econômica do mamoeiro

De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) em 2020 o Brasil produziu 1,235 milhões de toneladas de mamão, configurando-se como terceiro maior produtor, sendo que até 2018 o mesmo ocupava a segunda posição no ranking, que atualmente foi assumido pela República Dominicana, a Índia é a maior produtora com 6,011 milhões de toneladas. No ano de 2019 os produtores brasileiros de mamão enfrentaram em todas as regiões problemas na produção, instabilidade do mercado, aumento no custo de produção, problemas fitossanitários e intempéries climáticas, que ocasionaram perdas na produção e na qualidade da fruta, justificando assim o deslocamento no ranking mundial de produção (CARVALHO et al., 2020).

Entre as regiões brasileiras, o Nordeste com 670.331 toneladas e Sudeste com 503.215 toneladas são as principais produtoras, quem em 2020, correspondeu a 95% da produção. Os estados do Espírito Santo (438.855 toneladas) e da Bahia (368.109 toneladas) são os principais produtores, respondendo por 65,3% da produção do país, em 2020, seguidos pelo Ceará (152.558 toneladas), Rio Grande do Norte (94.437 toneladas) e Minas Gerais (50.837 toneladas) (IBGE, 2022).

Com relação à exportação do mamão, no ano de 2021 houve um record, registrando os maiores volumes e receita, em dólar, tais resultados é devido a retomada do ritmo do frete aéreo, dólar valorizado frente ao real e a boa demanda europeia, além do mercado interno está enfraquecido devido à crise do Covid-19, fazendo com que os produtores tivesse maior interesse nas exportações. A receita obtida foi de US\$ 50,72 milhões e uma quantidade enviada de 50,29 mil toneladas no período, aumento de 15% em relação ao ano anterior, já na arrecadação o aumento foi de 19%, na mesma comparação. Quanto aos destinos, Portugal, Espanha, Holanda, Reino Unido e Alemanha foram os países

que mais importaram o mamão brasileiro, sendo responsáveis por comprar 36,43 mil toneladas, cerca de 72% do total exportado em 2021 (KANEGAE; BARBIERI, 2022).

2.3 Melhoramento genético do mamoeiro

O melhoramento de plantas é uma ciência biológica, que tem sido utilizado como estratégia para aumentar a produtividade das culturas de uma forma sustentável e equilibrada ecologicamente. Existem diversos objetivos que levam a condução dos programas de melhoramento genético, sendo os mais comuns, o desenvolvimento de cultivares superiores e adaptadas a determinadas regiões, tolerância às principais doenças, precocidade de plantas, melhor qualidade nutricional, etc. (BORÉM; MIRANDA, 2013).

Na cultura do mamoeiro os trabalhos com melhoramento têm se tornado fundamentais para manter o potencial agrônômico, devido ao mesmo ser caracterizado por apresentar base genética estreita, possuindo poucas cultivares disponíveis aos produtores, além de estar susceptível a várias pragas e doenças (SILVA et al., 2016). Sendo assim, busca-se com os programas de melhoramento genético do mamoeiro a disponibilização de novos híbridos e/ou linhagens agronomicamente superiores que venha atender os requisitos dos produtores e também do mercado consumidor interno e externo (BARROS et al., 2017).

Para a cultura do mamoeiro Dantas et al. (2002) descreve algumas metas que são buscadas no programa de melhoramento genético como, desenvolver cultivares com resistência a praga e doenças, tolerância a agentes abióticos, ocorrência mínima ou ausência de carpeloidia, pentandria e esterilidade de verão, frutificação precoce, floração com altura inferior a 90 cm, casca lisa e sem manchas, polpa vermelha alaranjada, peso médio de fruto de 800 g a 1300 g e 350 g a 600 g grupo 'Formosa' e 'Solo' respectivamente, cavidade ovariana pequena com formato de estrela, sólidos solúveis totais acima de 14^o Brix, espessura da polpa superior a 20 mm e maior tempo de prateleira pós-colheita.

No mamoeiro o melhoramento genético ocorre dentro da espécie, ou seja, intraespecífico, o qual explora a variabilidade entre genótipos de um mesmo Grupo (Solo x Formosa) ou entre Grupos, sendo que o número de cultivares utilizada no Brasil é bastante reduzido. Atualmente o programa de melhoramento

genético da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) vem desenvolvendo híbridos dentro dos grupos heteróticos (Solo x Solo) e (Formosa x Formosa) produzindo híbridos com diferentes formatos de frutos e alto rendimento (SANTA-CATARINA et al., 2019). Existe também a utilização dos cruzamentos interespecíficos (*Carica papaya* x *Vasconcellea*) no qual seu objetivo visa a transferência de gene de interesse das espécies silvestres para as espécies cultivadas. Diversas espécies de Caricaceae possuem características desejáveis que são utilizadas nos programas de melhoramento e introgridas em *C. papaya*. Através da hibridação interespecífica foram obtidos híbridos entre *C. papaya* e *V. cauliflora* por meio de cruzamento e resgate de embrião (BADILLO, 1971; MAGDALITA et al., 1996), dentre outros.

Devido no Brasil possuir poucas cultivares sendo plantadas, basicamente 'Golden' e 'Sunrise Solo' e a 'Tainung 01' e 'Calimosa', mesmo com diversas já registradas, tal fato acaba contribuindo para uma restrita variabilidade genética observada nos campos de produção. Assim, a cultura torna-se susceptível ao ataque de pragas, doenças e variações edafoclimáticas e, portanto, fica evidenciado a necessidade de fortalecimento dos programas de melhoramento (PÉREZ, 2004; LUZ et al., 2015).

As cultivares do grupo Solo foram introduzidas do Havaí e por isso são conhecidas como mamão Havaí ou papaya, são geneticamente uniformes, ou seja, são linhagens puras (FERREGUETTI, 2003). A exploração desse grupo no Brasil foi iniciada no início da década de 70, com a cultivar Sunrise Solo. O fruto é proveniente de planta hermafrodita, tem forma piriforme, com peso médio de 500 g. Possui casca lisa e firme, polpa vermelha alaranjada de boa qualidade e cavidade interna estrelada. O início da produção ocorre de nove a dez meses após o plantio, produzindo 45 t/ha⁻¹/ano⁻¹ (DANTAS et al., 2002). A 'Improved Sunrise Solo Line 72/12' também foi introduzida em 1982, porém foi melhorada pelo Instituto Capixaba de Pesquisa Agropecuária (Incaper), possui as mesmas características de formato e cor de fruto da cultivar 'Sunrise Solo', mas com fruto pesando em média 405 g. Apresenta boa resistência ao transporte e maior resistência ao armazenamento em relação ao Sunrise Solo. O início da produção ocorre a partir do oitavo mês após o plantio, com uma produtividade média de 40 t/ha⁻¹/ano⁻¹ (DANTAS et al., 2002).

O grupo Formosa no Brasil está representado pelo híbrido Tainung 01, que é um genótipo altamente produtivo introduzido no Brasil, de Taiwan na década de 70 e é resultado do cruzamento de uma seleção de mamão da Costa Rica, de polpa vermelha, com o Sunrise Solo (MARTINS et al., 2003). O fruto oriundo de planta feminina é redondo-alongado e o oriundo de planta hermafrodita é piriforme-alongado, com peso médio de 800 a 1.300 g. Apresenta casca de coloração verde-clara e polpa laranja avermelhada de ótimo sabor e boa resistência ao transporte. O início da produção ocorre de nove a dez meses após o plantio, produzindo em média 60 t/ha⁻¹/ano⁻¹ (DANTAS et al., 2002). Neste mesmo grupo já foram desenvolvidas outras cultivares a exemplo do híbrido 'UENF/Caliman 01' (2002) e a variedade 'Rubi Incaper 511' (2010) com a finalidade de substituir o plantio do 'Tainung 01' por possuir sementes de alto custo e que precisam ser importadas (RUGGIEIRO; MARIN; DURIGAN, 2011)

As variedades de mamoeiro mais cultivadas comercialmente pertencem aos grupos Solo, entretanto o grupo Formosa possui híbridos comerciais que estão conquistando espaço tanto no mercado interno quanto externo, com forte crescimento nas vendas dos frutos principalmente para a Europa, Canadá e Estados Unidos (DANTAS; OLIVEIRA, 2009).

No Brasil existem três principais instituições que desenvolvem variedades para atender o agronegócio, a Embrapa Mandioca e Fruticultura, o Instituto Capixaba de Pesquisa e Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER e a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Tais instituições têm desenvolvido ações para o melhoramento genético do mamoeiro com base na exploração da variabilidade genética presente nos bancos de germoplasma de mamoeiro (PEREIRA et al., 2019).

Em 1995 a Embrapa Mandioca e Fruticultura iniciou as ações em melhoramento genético do mamão, utilizando alguns acessos que estavam disponíveis no Banco Ativo de Germoplasma de Mamão (BAG-Mamão), em Cruz das Almas, Bahia, visando a exploração da máxima variabilidade genética da espécie *C. papaya* L. e de outros gêneros e espécies afins, além da disponibilização de linhagens ou híbridos para o mercado (DANTAS; OLIVEIRA, 2009).

Avaliações feitas por Dias et al. (2011) em 27 genótipos de mamoeiro entre estes, cultivares, variedades locais, variedades melhoradas e linhagens

pertencentes ao programa de melhoramento genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura, verificou a existência de ampla variabilidade genética entre os genótipos, possibilitando seu uso em programas de melhoramento como parentais, pois apresentaram características de interesse agrônômico.

Atualmente a Embrapa Mandioca e Fruticultura possui um Banco Ativo de Germoplasma (BAG Mamão), com três espécies: (*C. papaya* L., *V. quercifolia* e *J. spinosa*), distribuídas em 101 acessos de *C. papaya* L., dois acessos de *V. quercifolia* e 01 acessos de *J. spinosa*. Todos os 119 acessos estão dispostos em fileiras com 11 plantas, no espaçamento 3,0 m x 2,0 m em condições de campo. As sementes coletadas são armazenadas em câmara fria (10°C) para renovação do plantio a cada dois anos. A partir de 1995, trabalhos relacionados à autofecundação de alguns acessos disponíveis neste Banco Ativo de Germoplasma, em Cruz das Almas, Bahia, permitiram a formação de uma coleção de linhagens e híbridos superiores (DANTAS et al., 2015).

O site USDA do Sistema Nacional de Germoplasma dos Estados Unidos da América, localizado em Hilo, no Havaí, possui diversos acessos de *C. papaya* e *Vasconcellea* spp. Em nível mundial são conhecidas ainda as coleções da Universidade Nacional Medellín e a Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), ambos localizados na Colômbia (GIACOMETTI et al., 1987).

2.3.1 Grupos heteróticos e variedades utilizadas

Antes da introdução das cultivares do grupo Solo no Brasil não se tinham variedades comerciais para plantio, pois as que se utilizavam tinham alto grau de segregação por serem exclusivamente dióicas. Sendo assim, a predominância de mamoeiro dióico ou comum ocorreu até final dos anos 70, tendo o estado de São Paulo como principal produtor (DANTAS; LIMA, 2001).

A cultura do mamoeiro se expandiu no Brasil após 1973, quando ocorreu a introdução de variedades do grupo Solo a qual teve grande aceitação no mercado interno quanto no externo provocando expansão na comercialização do fruto. Com a introdução de linhagens do grupo Solo e de híbridos do grupo Formosa a partir de 1976/77, a importância agrícola e econômica do mamoeiro foi acentuada (MARIN et al., 1994).

As variedades de mamoeiros cultivadas no Brasil são classificadas em dois grupos: Solo e Formosa, apesar da importância econômica da cultura no país, as variedades cultivadas comercialmente para produção são poucas. As variedades que compõem o grupo Solo, também conhecidas comercialmente como Papaya ou Havaí, sendo as variedades mais plantadas 'Golden', 'THB', 'BS', 'BS2000', 'Sunrise Solo' e 'Aliança'. Apresentam frutos menores, com casca lisa, polpa vermelha alaranjada e peso médio variando de 0,450 a 0,600 kg, que são destinados tanto ao mercado interno quanto externo. (SERRANO; CATANNEO, 2010; RUGGIERO et al., 2011, SILVA et al., 2021). Em 2009, a cultivar Golden predominava nas lavouras comerciais do país, pois, apesar de apresentar uma menor produtividade em relação às demais do grupo Solo, apresenta tolerância à mancha fisiológica do mamoeiro - MFM, tornando-a com maior aceitação no mercado internacional (QUINTAL, 2009). Entretanto nos últimos anos houve uma diminuição nas expectativas em relação a tolerância à MFM dessa cultivar, porém a mesma tem-se comportado como tolerante em comparação as outras variedades do grupo Solo (PINTO et al., 2013). Damasceno Junior et al. (2008) avaliaram linhagens e híbridos de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa e observaram que as linhagens do grupo Solo são mais vulneráveis à carpeloidia e pentandria e o grupo Formosa é mais vulnerável à esterilidade de verão.

No grupo Formosa, os híbridos F1 Tainung nº1 e Calimosa são os mais cultivados, apresentando frutos com casca de coloração verde claro e cor de polpa laranja-avermelhada, pesando de 0,900 a 1,100 kg. As sementes do Tainung são importadas de Taiwan, porém devido ao alto custo das os produtores brasileiros passaram a usar as próprias sementes dos híbridos nas gerações F2, F3, F4 etc., acarretando a redução das características desejáveis do híbrido, produzindo frutos com baixa qualidade e sem valor comercial (COSTA; PACOVA, 2003). Visando reduzir os custos com importação de sementes foi desenvolvido no programa de melhoramento genético da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) em parceria com a empresa Caliman Agrícola LTDA o híbrido Calimosa, que vem sendo bastante utilizado nos plantios. Os híbridos do grupo Formosa têm apresentado grande aceitação no mercado brasileiro e também no mercado externo com forte crescimento nas vendas, principalmente para a Europa, Estados Unidos e Canadá, além de maiores

rendimentos em comparação as variedades do grupo Solo (SERRANO; CATANNEO, 2010; COSTA et al., 2013; LUZ et al., 2015; SILVA et al., 2021).

Os primeiros trabalhos brasileiros para obtenção de híbridos foram realizados em Conceição do Almeida, BA por Sampaio et al. (1983) e resultaram na obtenção dos híbridos Sunrise Solo x A-G e K-77 x Tailândia, que apresentavam resistência à *Phytophthora parasitica*, boa produção, entretanto, com alguns defeitos agrônômicos. Não existem relatos de que esse material fosse cultivado para fins comerciais.

Atualmente existe registrado no portal de Cultivar Web do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) 63 cultivares, disponíveis para os produtores sendo que 21 delas são oriundas do programa de melhoramento da UENF e uma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Entre estas destacam: Calimosa, Aliança, BRS L78, Formosa, Havai, Golden, INCAPER 511, Sunrise, Sunrise Golden, Sunrise Solo, Sunrise Solo 7212 Improved, Tainung Nº 1, Tainung Nº 2, UC 20, UC 21, UC 22, UC10, UC12, UC14, UENF/CALIMAN01, UENF/CALIMAN02, UENF/CALIMAN03, etc. (MAPA, 2022).

2.3.2 Adaptabilidade e estabilidade

Nos programas de melhoramento genético a interação G x A torna-se um dos principais desafios seja na fase de seleção como na etapa final de recomendação das cultivares, devido a variação fenotípica que ocorre nos genótipos quando são submetidos a mais de um ambiente. Sendo assim, para diminuir tais efeitos, tem sido recomendada pelos pesquisadores a utilização de cultivares de ampla adaptabilidade e boa estabilidade (CRUZ; CARNEIRO, 2003; CRUZ et al., 2004).

A adaptabilidade de uma cultivar refere-se a sua capacidade de aproveitar vantajosamente as variações do ambiente onde se encontra. A estabilidade de comportamento refere-se à sua capacidade de apresentar-se de forma altamente previsível mesmo com variações ambientais (BORÉM; MIRANDA, 2013).

A adaptabilidade e a estabilidade de uma cultivar dependem de sua constituição genética, isto é, do número de genes que a constitui e do nível de heterozigose dos genótipos. São características da cultivar e lhe permitem

responder aos fatores limitantes do ambiente e usufruir dos fatores ambientais (BORÉM; MIRANDA, 2009).

Programas de melhoramento de plantas visam identificar genótipos com alta produtividade, estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos mais variados ambientes da região para a qual são recomendados (PAULA, 2009)

Para o estudo da adaptabilidade e estabilidade, a escolha do método de análise depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, precisão requerida e do tipo de informação desejada. Deve-se levar em consideração que alguns métodos são alternativos, outros são complementares, ocasionando a utilização conjunta (CRUZ et al., 2004).

Inúmeras metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade foram propostas, baseadas na variância da interação $G \times A$ regressões lineares simples e múltiplas, (YATES; COCHRAN, 1938; WRICKE, 1965; EBERHART; RUSSEL, 1966; LIN; BINNS, 1988; ANNICCHIARICO, 1992; GAUCH; ZOBEL, 1996; MAGARI; KANG, 1997; TOLER; BURROWS, 1998; ROSSE; VENCOVSKY, 2000), modelos mistos (RESENDE; DUARTE, 2007) e modelos mais modernos (NASCIMENTO et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2013; GGE biplot (FRUTOS et al., 2013)).

A escolha da metodologia utilizada depende, dentre outros fatores, do número de ambientes. Para as avaliações realizadas em menos de cinco ambientes, o uso de métodos baseados na interação $G \times A$ bem como métodos não-paramétricos é recomendado (OLIVEIRA et al., 2014). As análises de adaptabilidade e estabilidade são, portanto, procedimentos estatísticos que permitem identificar as cultivares de comportamento mais estável e que respondem previsivelmente às variações ambientais (PAULA, 2009).

As variações fenotípicas são resultantes da ação conjunta do genótipo (G), do ambiente (A) e de sua interação ($G \times A$) e refletem diferenças de resposta dos genótipos às variações ambientais afetando seu comportamento (ALLARD, 1971). Consequentemente, os procedimentos de seleção baseados na média de produtividade dos genótipos num determinado ambiente são pouco eficientes, fazendo com que a interação $G \times A$ seja estudada como forma de aproveitá-la na seleção ou recomendação de cultivares (OLIVEIRA et al., 2006).

O programa de melhoramento genético de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura localizada em Cruz das Almas, Bahia realizou ao longo de anos várias análises físico-químicas de híbridos e linhagens dos grupos Solo e Formosa em diferentes ambientes com o objetivo de selecionar materiais com melhores características agronômicas. Esses dados, no entanto, não passaram por análise de adaptabilidade e estabilidade sendo características importantes para selecionar e registrar híbridos de mamoeiro com potencial agronômico e de aceitação no mercado consumidor.

Estudos sobre adaptabilidade e estabilidade na cultura do mamoeiro são escassos na literatura (OLIVEIRA et al., 2014; LUZ et al., 2018), porém outras culturas apresentam estudos sobre o tema, como na melancia (TAVARES et al., 2017), soja (CÂMARA; OLIVEIRA; SIMON, 2018; HERRERA et al., 2020), guaranazeiro (PINTO et al., 2018), arroz (SILVA et al., 2019), morangueiro (RESENDE et al., 2020), entre outros.

2.3.3 Caracterização agronômica e físico-química de genótipos de mamoeiro

A pouca disponibilidade de cultivares que de fato são plantadas de mamoeiro com desempenho agronômico superiores, características físico-químicas e sensoriais dos frutos, que venham atender as exigências do mercado consumidor, tem se tornado um dos principais problemas na cadeia produtiva do agronegócio da cultura. Sendo assim, os programas de melhoramento genético tem sido uma ferramenta importante na ampliação da base genética da cultura e desenvolvimento de cultivares. As avaliações e caracterizações que são realizadas de novos genótipos sejam híbridos ou linhagens, têm tornado possível determinar suas potencialidades direcionando assim as ações dos programas de melhoramento (DANTAS et al., 2002; PEREIRA, 2003; CASTELLEN et al., 2007; IDE et al., 2009; BORGES et al., 2018).

No mamoeiro algumas características de interesse possuem maior valorização pelo mercado, sendo estas: alto teor de sólidos solúveis totais, baixo peso dos frutos, boa firmeza dos frutos, maior tempo de prateleira, cavidade ovariana pequena, as quais podem ser selecionadas em programas de melhoramento genético (FERREIRA et al., 2016). Além dessas características

relacionadas ao fruto, tem-se importância também para seleção no melhoramento outras associadas a planta como: altura da planta, que deve ser mais baixa, pois possui correlação com os entrenós, visto que plantas mais altas possui frutos distanciados uns dos outros; frutificação precoce; maior produtividade; vigor da planta que influencia diretamente no número e peso dos frutos, etc. (COSTA; PACOVA, 2003).

Estudar os descritores é importante, pois permite que as instituições de pesquisa disponibilizem materiais selecionados para os pequenos e médios produtores rurais na forma de sementes ou mudas, de interesse agrônomo. Com isso, o agricultor tem acesso a uma planta de valor comercial alto devido à alta qualidade de seus frutos (NOBRE; SILVA; SILVA, 2021).

Para ampliar a base genética do mamoeiro é necessário a instalação de ensaios de competição de variedades. Sendo assim, a partir de seleções foram lançados cultivares ao longo dos anos, como a RUBI INCAPER 511, lançada em 2010 que possibilita o reaproveitamento sementes pelos agricultores (CATTANEO et al., 2010), Marin, Gomes e Alves (1989), selecionaram a cultivar Improved Sunrise Solo Line 72/12 para as condições de cultivo do norte do Espírito Santo. Pereira et al. (2002) selecionaram, em um ensaio com híbridos de mamoeiro, nove híbridos com elevado potencial agrônomo e lançaram o híbrido Uenf/Caliman. Luz et al. (2015) relatam em seu trabalho quatro híbridos ('UC10', 'UC12', 'UC14' e 'UC16') com alto rendimento e elevado teor de sólidos solúveis, que atualmente encontram-se registrados no RNC. Em 2018 também foram registrados oito híbridos ('UC 20', 'UC 21', 'UC 22', 'UC 23', 'UC 24', 'UC 25', 'UC 27' e 'UC 28'), oriundos de estudos de caracteres, sendo o principal o peso médio de fruto, sendo estes os primeiros híbridos nacionais de fruto pequeno padrão Solo (PEREIRA et al., 2018).

2.3.4 Modelos mistos no melhoramento genético de plantas

A metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) está sendo bastante utilizada no melhoramento genético de plantas perenes e anuais, a fim de avaliar e selecionar materiais genéticos (RESENDE; ALVES, 2020).

Os experimentos realizados em campo na maioria das vezes estão associados a desbalanceamento de dados por diferentes motivos, sendo eles,

quantidades desiguais de sementes e mudas disponíveis para os tratamentos, perdas de plantas e parcelas, rede experimental com diferentes números de repetições por experimento e diferentes delineamentos experimentais, entre outros (RESENDE, 2016).

Além disso, existem algumas particularidades na avaliação e seleção de indivíduos em fruteiras, o que impossibilita a obtenção das condições exigidas pelo método dos quadrados mínimos (ANOVA). Tais aspectos são: uso de avaliações repetidas ao longo do tempo; utilização dos indivíduos selecionados por vários anos, demanda de precisão e rigor nos métodos de seleção; seleção que envolve comparações dos indivíduos de diferentes gerações, necessitando de métodos mais elaborados; dentre outros (RESENDE, 2002).

A metodologia de modelos mistos permite a avaliação de genótipos, mesmo quando não apresentam as condições exigidas pela ANOVA, tornando-se uma alternativa, pois é caracterizada pela presença de um ou mais efeitos fixos, além da média e um ou mais efeitos aleatórios. Esta modelagem possibilita além do erro experimental que se obtenha as estimativas para os efeitos fixos e predição para os aleatórios de forma conjunta (RESENDE, 2007).

Sendo assim, o procedimento melhor para avaliação genotípica refere-se ao REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viesada), que também é conhecida como metodologia de modelos mistos, tal método proporciona estimações e predições mais precisas de valores e parâmetros genéticos, pois apresenta grande flexibilidade de análise e permite contornar dificuldades causadas por desbalanceamento experimentais (RESENDE, 2006; RESENDE, 2016).

O BLUP é um procedimento que, de acordo com Resende (2002), ajusta os dados, considerando os efeitos ambientais identificáveis (efeito de local, de bloco, de período de medição, etc.) e, ao mesmo tempo, prediz os valores genéticos dos indivíduos. Além disso, o mesmo é utilizado para predição dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e genotípicos, o que é ótimo para seleção. O BLUP maximiza a acurácia seletiva e permite o uso simultâneo de várias fontes de informações, resultantes dos vários experimentos instalados em um ou diversos locais, avaliados em uma ou várias colheitas. O BLUP individual usa todos os efeitos do modelo estatístico, considerando o desbalanceamento, faz uso do parentesco genético entre os indivíduos em avaliação, e a coincidência

entre as unidades de seleção e juntamente com as unidades de recombinação (RESENDE, 2016).

A predição através do BLUP assume que os componentes de variância são conhecidos. Porém, na prática, são necessárias estimativas fidedignas dos componentes de variância, a fim de obter o que se denomina de BLUP empírico, pois na maioria das vezes tais componentes são desconhecidos (HARVILLE; CARRIQUIRY, 1992). O procedimento recomendado para estimação dos componentes de variância é o da máxima verossimilhança restrita (REML). Tal método, quando comparado ao método dos mínimos quadrados, possui vantagens superiores para mensuração de dados desbalanceados (SEARLE; CASSELA; MCCULLOCH, 1992).

O método REML foi desenvolvido por Patterson e Thompson (1971), no qual consiste em estimar os componentes de variância pela máxima verossimilhança restrita sem considerar os efeitos fixos e dividindo a função de verossimilhança em duas partes, uma para os efeitos fixos e outra para efeitos aleatórios de maneira independente. Este método não gera estimativas tendenciosas dos parâmetros, levando em conta a covariância genética entre as observações, compara genótipos através do tempo e espaço, permite lidar com medidas repetidas, estrutura complexa de dados, diferentes delineamentos, locais e épocas, também permite a utilização de dados com estrutura desbalanceada e de um grande número de informações que geram estimativas mais precisas e concisas (RESENDE, 2002).

O procedimento REML/BLUP estima componentes de variância a partir de um modelo estatístico o qual está associado ao modelo misto. Para efeitos de modelo misto pelo REML/BLUP em experimentos de campo, tais efeitos devem ser separados em fixos que são os efeitos de ambientes (blocos, anos, locais) e aleatórios sendo os efeitos de tratamentos (RESENDE, 2004).

De acordo com Resende (2016), as principais vantagens da metodologia de modelos mistos REML/BLUP são: corrige simultaneamente os dados para os efeitos ambientais, estima os parâmetros genéticos e prediz os valores genéticos; permite comparar indivíduos através do tempo (anos) e do espaço (locais); produz resultados não viciados; maximiza a acurácia seletiva; maximiza o ganho genético e a eficiência dos programas de melhoramento; não exige balanceamento dos dados; permite utilizar simultaneamente um grande número de informações,

gerando estimativas precisas; permite lidar com estrutura complexa de dados (medidas repetidas, interação genótipos x ambientes, cruzamentos dialélicos e fatoriais, delineamentos em látice, etc.) e permite a inclusão de informações de parentesco.

Por apresentar diversas vantagens essa metodologia vem sendo utilizada no melhoramento de diversas culturas, inclusive em espécies frutíferas como maracujazeiro – azedo (FERREIRA et al., 2016; SOUZA, 2020; KRAUSE et al., 2021), pessegueiro (SILVA, et al., 2020; SILVA, et al., 2020b), cupuaçuzeiro (ALVES et al., 2021), pupunheira (FARIAS NETO; RESENDE, 2001; FARIAS NETO; CLEMENT; RESENDE, 2013) e mamoeiro (RAMOS et al., 2014; CORTES et al., 2018; LUZ et al., 2018; CORTES et al., 2019; SANTA CATARINA et al., 2020).

2.3.5 Índice de Seleção

A seleção de genótipos superiores dentro de um programa de melhoramento genético ocorre levando em consideração diversas características simultaneamente. Dessa forma, o genótipo que for selecionado, irá reunir ao mesmo tempo, vários atributos favoráveis que venham ser capaz de corresponder ao produtor e/ou consumidor suas exigências (SILVA; VIANA, 2012).

Portanto, para que haja a seleção de genótipos possuindo um conjunto de características favoráveis e obtenção de ganhos genéticos satisfatórios com desempenho elevado e satisfazendo as exigências do mercado, o uso dos índices de seleção torna-se uma opção viável (CRUZ et al., 2012).

Na seleção de genótipos de diversas culturas, assim como na do mamoeiro, cada característica que é estudada possui grande importância. O Índice de seleção constitui-se em um caráter adicional, sendo uma função linear dos valores fenotípicos de diferentes características, ponderada por um coeficiente cada (BORÉM, 2009).

Inicialmente a ideia do índice de seleção foi proposta por Smith (1936) e Hazel (1943), tendo como finalidade, a seleção simultânea de vários caracteres e tem sido proposta em programas de melhoramento vegetal e animal. Existe atualmente na literatura diversas metodologias de índice de seleção, que podem ser utilizadas no melhoramento de plantas (CRUZ et al., 2004). Entre tais

metodologias a que emprega componentes de variância por REML e valores genéticos preditos pelo BLUP tem resultado em processo de seleção mais acurado (RESENDE, 2002).

No índice de seleção linear via modelos mistos às informações relativas são associadas a várias características de interesse que possui as propriedades genéticas da população avaliada que poderão resultar em processos seletivos acurados (RESENDE, 2007). Neste tipo de metodologia, os índices de seleção que prediz os ganhos genéticos possuem três abordagens diferentes que podem ser utilizadas para sua obtenção, são: aditivo, multiplicativo e ranks médio. Para o índice de seleção aditivo de Smith (1936) e Hazel (1943) fornece pesos econômicos de cada característica e os valores genéticos padronizados. No índice multiplicativo os ganhos das características têm como referência o agregado genotípico. O índice de ranks médio, adaptado de Mulamba e Mock, tem-se valores genotípicos classificados para cada característica e a média dos rankings de cada genótipo para todas as características são apresentadas como resultado final (RESENDE, 2007).

A utilização do índice de seleção nas avaliações, tem sido empregado em diversos estudos tanto na cultura do mamoeiro (PINTO et al., 2013; RAMOS et al., 2014; CORTES et al., 2018) como em outras culturas de importância, sendo: café conilon (CARIAS et al., 2016), amendoim rasteiro (RAMOS et al., 2022), arroz (SMIDERLE et al., 2019), maracujá (SILVA; VIANA, 2012; SILVA et al., 2017), entre outros.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. M. et al. Cupuaçu tree genotype selection for an agroforestry system environment in the Amazon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, 2021.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético**. Edgard Blüchner, São Paulo, 1971. 381p.

ANNICCHIARICO, P. Additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) analysis of genotype-location interaction in variety trials repeated over years. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 94, p. 1072-1077, 1997.

BADILLO, V. M. *Caricaceae*. Segundo esquema. **Revista de la Facultad de Agronomía**. Maracay, v.43, 111p., 1993.

BARROS, G.B.A. et al. Capacidade combinatória de linhagens recombinadas de mamoeiro oriundas de retrocruzamento para conversão sexual. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 1, p.166-174, 2017.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 5ª edição. Viçosa, Editora UFV, 2009, 529 p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas. rev. e ampl. Viçosa: UFV**, 2013.

BORGES, V. P. et al. Caracterização agrônômica de novos híbridos de mamoeiro. In: **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 7., 2018, Vitória. Produção e sustentabilidade hídrica. [s.l], 2018., 2018.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Secretaria de Comércio Exterior. Departamento de Estatística e Apoio à Exportação. **Comex Stat**: sistema para consultas e extração de dados do comércio exterior brasileiro. 2018. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 5 nov. 2021.

CÂMARA, A. R.; OLIVEIRA, R. N.; SIMON, G. A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja nos estados de goiás e minas gerais. **Gl. Sci Technol**, v.11, n.02, p.23-36, 2018

CARIAS, C. M. de O. M. et al. Predição de ganhos genéticos via modelos mistos em progênies de café conilon. **Coffee Science**, v. 11, n. 1, p. 39-45, 2016.

CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of papaya (*Carica papaya* L.): a review. **Experimental Agriculture**, v. 50, n. 2, p. 270, 2014.

CARVALHO, C. de. et al. **Anuário Brasileiro de Horti&Fruti 2020**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 96p., 2020.

CASTELLEN, M. S. et al. Caracterização de acessos do banco ativo de germoplasma de mamão por meio de análise multivariada. **Magistra**, v. 19, n. 4, p. 299-303, 2007.

CHÁVEZ-PESQUEIRA, M., NÚÑEZ-FARFÁN, J. Domestication and genetics of papaya: A review. **Front EcolEvol**, v. 5, p. 1–9, 2017.

CORTES, D.F.M. et al. Development of superior lines of papaya from the Formosa group using the pedigree method and REML/Blup procedure. **Bragantia**, v. 78, n. 3, p. 350-360, 2019.

CORTES, D.F.M. et al. Papaya recombinant inbred lines selection by image-based phenotyping. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 3, p. 208-215, 2018.

COSTA, A. et al. Botany, breeding and varieties. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 275, p. 14-24, 2013.

COSTA, A.F.S.; PACOVA, B.E.V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. **A cultura do mamão: tecnologia e produção**. Vitória-ES: Incaper, p.59-102, 2003.

COTRUT, R. et al. *Carica papaya* L. cultivated in greenhouse conditions. **Journal of Horticulture, Forestry, and Biotechnology**, v.3, p.130-136, 2017.

COUTO, F.A.D.; NACIF, S.R. Hibridação em mamão. In: BORÉM, A. (Org). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa. MG: UFV, p.307-329, 1999.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, Editora UFV, 2004, 480 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.1, 4. ed. Viçosa, Editora: UFV, 2012, 514 p.

DAMASCENO JUNIOR, P. C. et al. Comportamento floral de híbridos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) avaliados no verão e primavera. **Revista Ceres**, v. 55, p. 310-316, 2008.

DAMASCENO JUNIOR, P. C. et al. Karyotipe determination in three Caricaceae species emphasizing the cultivated form (*C. papaya* L.). **Caryologia**, v. 62, p. 10-15, 2009.

DANTAS, J.L.L.; CASTRO NETO, M.T. Aspectos botânicos e fisiológicos. In: TRINDADE, A.V. (Org.). **Mamão, Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p.11-14, 2000.

DANTAS, J.L.L.; LIMA, J.F. Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro: avaliação de linhagens e híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 3, p. 617-621, 2001.

DANTAS, L.L.D. et al. Mamoeiro. In: BRUCKNER, C.H. (Ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. p.309-349.

DANTAS, J.L.L.; OLIVEIRA, E.J. O melhoramento genético do mamoeiro: avanços, desafios e perspectivas. In: I SIMPÓSIO NORDESTINO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2009, Fortaleza - CE. **O melhoramento genético no contexto atual**. Fortaleza - CE: Embrapa Agroindústria Tropical, v.1. p.151-180, 2009.

DIAS, N.L.P.; OLIVEIRA, E.J.; DANTAS, J.L.L. Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agrônômicos e estimação de parâmetros genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**. v.46, n.11, p.1471-1479, 2011.

DANTAS, J. L. et al. Avaliação agrônômica de linhagens e híbridos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, p.138-148, 2015.

EBERHART, S.A; RUSSEL, W.A. Parâmetros de estabilidade para comparar variedades. **Crop Sci**. 6, p. 36-40, 1966

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations for a world without hunger. 2022**. Area harvested, yield and production in 2020/ FAOSTAT / FAO Statistics Division. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 02. fev. 2022

FARIAS NETO, J. T. de; RESENDE, M. D. V. de. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactrisgasipaes*). **Revista brasileira de fruticultura**, v. 23, p. 320-324, 2001.

FARIAS NETO, J. T. de; CLEMENT, C. R.; RESENDE, M. D. V. de. Estimativas de parâmetros genéticos e ganho de seleção para produção de frutos em progênies de polinização aberta de pupunheira no Estado do Pará, Brasil. **Bragantia**, v. 72, p. 122-126, 2013.

FERREGUETTI, G. A. Caliman 01-O primeiro híbrido de mamão Formosa brasileiro. **Papaya Brasil: qualidade do mamão para mercado interno**. Vitória, ES: Incaper, p. 211-218, 2003.

FERREIRA R.T. *et al.* Seleção recorrente intrapopulacional em maracujazeiro-azedo via modelos mistos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38: p. 158-166, 2016.

FRUTOS, E.; GALINDO, M. P.; LEIVA, V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 28, n. 7, p. 1629-1641, 2013.

FUENTES, G.; SANTAMARÍA, J. M. Papaya (*Carica papaya* L.): Origin, Domestication, and Production. In: Ming R., Moore P. (eds) **Genetics and Genomics of Papaya. Plant Genetics and Genomics: Crops and Models**, vol. 10. Springer, New York, NY, 2014 https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8087-7_1

GAUCH JR, H. G.; ZOBEL, R. W. Optimal replication in selection experiments. **Crop Science**, v. 36, n. 4, p. 838-843, 1996.

GIACOMETTI, D. C.; FERREIRA, F. R. Melhoramento genético do mamão no Brasil e perspectivas. In: RUGGIERO, C. (Ed.) **Mamão**. Jaboticabal, SP. 1988. p. 377-388.

HARVILLE, D. A.; CARRIQUIRY, A. L. Classical and Bayesian prediction as applied to unbalanced mixed linear models. **Biometrics**, Washington, v. 48, p. 987-1003, 1992.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.

HERRERA, Gustavo Capato et al. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja na região sul do Brasil por meio de modelagem mista. *Journal of Agronomic Sciences*, v. 9, p. 185-202, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal, 2020**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>> Acesso em: 6 out. 2022.

IBPGR – International Board for Plant Genetic Resources. **Descriptors for Papaya**, Roma, Italy. 1988. 31p.

IDE, C. D. et al. Use of testers for combining ability and selection of papaya hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 60-66, 2009.

KANEGAE, M. P.; BARBIERI, M. **MAMÃO/CEPEA: Após recorde de 2021, desempenho das exportações pode ser menor no 1º sem/22**. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/mamao-cepea-apos-recorde-de-2021-desempenho-das-exportacoes-pode-ser-menor-no-1sem-22.aspx>. Acesso em: 05 fev. 2022.

KRAUSE, D. P. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos de seleção em progênies de maracujazeiro via metodologia REML/BLUP. **Sci. Elec. Arch**, v. 13, n. 5, p. 42-48, 2021.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**. Instituto Plantarum, São Paulo, 640p., 2006.

LUNA, J. V. U. Variedades de mamoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 134, p. 14-17, 1986.

LUZ, L. N. DA et al. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 159-171, 2015.

LUZ, L. N. da et al. Adaptability and stability of papaya hybrids affected by production seasonality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, p. 357-364, 2018.

MAGARI, R.; KANG, M. S. SAS stable: Stability analysis of balanced and unbalanced data. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 929-932, 1997.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **CultivarWeb**. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php, Acesso em: 28 fev. 2022.

MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A. Morfologia e biologia floral do mamoeiro. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, n. 12, v. 134, p. 10-14, 1986.

MARIN, S. L. D et al. Comportamento de preços de mamão do grupo Solo na região Norte do Espírito Santo destinado aos mercados nacional e internacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13., 1994, Salvador. **Resumos...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, p. 665, 1994.

MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A.; ALVES, F. L. **Introdução, avaliação e seleção do mamoeiro cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 no Estado do Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA, 13p., 1989. (EMCAPA, Documentos, 59)

MARTELLETO, L.A.P. *et al.* Expressão da esterilidade feminina e da carpeloidia em mamoeiro sob diferentes ambientes de cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1185- 1193, 2011.

MARTINS, D. S. et al. **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória, ES: INCAPER, 497p., 2003.

NASCIMENTO, M. et al. Abordagem bayesiana para avaliação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 26-32, 2011.

NASCIMENTO, M et al. Artificial neural networks for adaptability and stability evaluation in alfalfa genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p.152-156, 2013.

NOBRE, V. F.; SILVA, S. de O.; SILVA, M. dos S. Caracterização morfoagronômica de acessos de mamoeiro do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 38, n. 1, e26771, 2021.

OLIVEIRA, E. J. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de amendoim de porte rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 1253-1260, 2006.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of interblock information when block sizes are unequal. **Biometrika**, 58, p. 545-554, 1971.

PAULA, T. O. M. DE. **Adaptabilidade e estabilidade, divergência genética e otimização experimental em milho pipoca**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro, Brasil, 2009. 218 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

PEREIRA, M.G. *et al.* Twenty-two-year papaya breeding program: from breeding strategy establishment to cultivar development. **Functional Plant Breeding Journal**, v.1, n. 2, p. 9-27, 2019.

PEREIRA, M. G. *et al.* Melhoramento genético do mamoeiro: programa UENF/CALIMAN. **VII Simpósio do papaya brasileiro: produção e sustentabilidade hídrica**. Incaper, p. 1-59, 2018.

PEREIRA, M. G. *et al.* Melhoramento Genético do Mamoeiro: Programa UENF/CALIMAN. *In*: David dos Santos Martins. (Org.). **VI Simpósio do Papaya Brasileiro**. 1ed. Vitória, ES: DCM/Incaper, v. 6, p. 01-41, 2015.

PEREIRA, M. G. Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): desenvolvimento e recomendação de híbridos. *In*: FEITOSA, C. **Seahortes**, Alegre: CCA-UFES, p. 61-65, 2003.

PEREIRA, M. G. *et al.* Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): comportamento de híbridos no Norte do Estado do Rio de Janeiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. 1 CD-ROM.

PÉREZ, E. G. Melhoramento do mamoeiro. **Toda Fruta** (<http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostraconteudo.asp>), 2004.

PINTO, C. E. D. L. *et al.* Seleção de clones de guaranazeiro para adaptabilidade e estabilidade no estado do Amazonas. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, p. 1-7, 2018.

PINTO, F. de O. *et al.* Metodologia dos modelos mistos para seleção combinada em progênies segregantes de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 211-217, 2013.

QUINTAL, S. S. R. **Caracterização e avaliação de um Banco de Germoplasma de mamoeiro para estudos dos parâmetros genéticos e diversidade genética**. Campos dos Goytacazes, 2009. 168 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, 2009.

RAMOS, J. P. C. et al. Selection indexes and economic weights applied to runner-peanut breeding. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 327-334, 2022.

RAMOS, H.C.C. et al. Combined Selection in Backcross Population of Papaya (*Carica papaya* L.) by the Mixed Model Methodology. **American Journal of Plant Sciences**, v. 20, p. 2973-2983, 2014.

RESENDE, J. V. et al. Aplicação de modelos mistos no estudo da adaptabilidade e estabilidade de cultivares de morangueiro de dia curto e dia neutro. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. e110953104-e110953104, 2020.

RESENDE M. D. V.; ALVES R. S. Linear, generalized, hierarchical, Bayesian and random regression mixed models in genetics/genomics in plant breeding. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 2, p. 1-31, 2020.

RESENDE, M. D. V. de. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

RESENDE, M.D.V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 359p., 2007.

RESENDE, M. D. V. de. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. 1.ed. Colombo: Embrapa Florestas, 57p., 2004.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília DF: Embrapa Informação Tecnológica, 975p., 2002.

ROSSE, L. N.; VENCOSKY, R. Modelo de regressão não linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão do estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, p. 97-107, 2000.

RUGGIERO, C.; MARIN, S. L. D.; DURIGAN, J. F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.76-82, 2011.

SANTA-CATARINA, R. et al. Combining ability for fruit yield and quality in papaya recombinant inbred lines from the sexual conversion backcrossing. **Euphytica**, v. 215, n. 10, p. 1-10, 2019.

SANTA-CATARINA, R. et al. Papaya (*Carica papaya* L.) S₁ family recurrent selection: Opportunities and selection alternatives from the base population. **Scientia Horticulturae**, v. 260, p. 108848, 2020.

- SEARLE, S.R., CASELLA, G., MCCULLOCH, C.E. **Variance Components**. New York: John Wiley, 501p, 1992.
- SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, 2010. Texto de capa
- SILVA, S. de O. e et al. melhoramento genético. **In: A cultura do mamoeiro**. Brasília - DF: Embrapa, 2021. p. 51-96
- SILVA, J. O. da C. e et al. Estimates of genetic parameters and repeatability coefficients in S₂ peach genotypes grown in a subtropical environment. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 2, n. 1, p. 25-33, 2020.
- SILVA, J. O. da C. e *et al.* Estimates of genetic parameters, genetic variability, and selection in the S₁ generation of peach. **Ciência Rural**, v. 50, n. 10, p. 1-7, 2020b.
- SILVA, F. H. de L. et al. Prediction of genetic gains by selection indexes and REML/BLUP methodology in a population of sour passion fruit under recurrent selection. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, p. 183-190, 2017.
- SILVA, G. N. et al. Projeção de distâncias como método auxiliar na classificação de arroz irrigado quanto a adaptabilidade e estabilidade. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 2, p. 229-243, 2019.
- SILVA, C.A. Da. et al. Correlações fenotípicas e análise de trilha em caracteres morfoagronômicos de mamoeiro. **RevAgro@MambienteonLine** v. 10, n. 3, p. 217-227, 2016.
- SILVA, M. G. de M.; VIANA, A. P. Alternativas de seleção em população de maracujazeiro-azedo sob seleção recorrente intrapopulacional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 525-531, 2012.
- SILVA, S.; TASSARA. H. **Frutas do Brasil**. Empresa das Artes, São Paulo, SP. 230p., 1996.
- SMIDERLE, É. C. et al. Index selection for multiple traits in upland rice progenies. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 4-12, 2019.
- SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, v. 7, n. 3, p. 240-250, 1936.
- SOUZA, A. O. **Métodos estatísticos frequentistas e bayesianos no melhoramento intrapopulacional do maracujazeiro-azedo**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Rio de Janeiro, Brasil. 2020. Tese (Doutorado em Produção Vegetal).
- TAVARES, A. T. et al. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de melancia em várzea tropical. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 26, n. 3, p. 362-374, 2017.

TOLER, J. E.; BURROWS, P. M. Genotypic performance over environmental arrays: a non linear grouping protocol. **Journal of Applied Statistics**, Yorkshire, v. 25, p. 131-143, 1998.

VAN DROOGENBROECK, B. et al. AFLP analysis of genetic relationships among papaya and its wild relatives (Caricaceae) from Ecuador. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 105, p. 289-297, 2002.

VAN DROOGENBROECK, B. et al. Phylogenetic analysis of the highland papayas (*Vasconcellea*) and allied genera (Caricaceae) using PCR-RFLP. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 108, p. 1473-1486, 2004.

WRICKE, G. Zur berechnung der okovalenzbeisommerweizen und hafer. **Pflanzenzuchtung**, Berlin, v. 52, p. 127-138, 1965.

YATES, F.; COCHRAN, W. G. The analysis of group experiments. **Journal of Agricultural Science**, Bangkok, v. 28, p. 556–580, 1938.

CAPÍTULO 1

Análise simultânea de repetibilidade e interação genótipos por ambientes visando a seleção de genótipos de mamoeiro

RESUMO: O mamoeiro é uma das fruteiras mais importantes das regiões tropicais e subtropicais. Apesar da importância econômica, existem poucos estudos sobre repetibilidade e interação genótipos \times ambientes o que tem dificultado o estabelecimento de novas cultivares nos plantios comerciais. O objetivo do trabalho foi selecionar genótipos de mamoeiro com base em características agronômicas e físico-químicas, visando estimar simultaneamente parâmetros genéticos de repetibilidade e interação genótipos \times ambiente (G \times E). Foram avaliados 21 genótipos compostos de híbridos e linhagens em Cruz das Almas-BA e Eunápolis-BA. Foram estimados parâmetros genéticos considerando os efeitos de genótipos, locais e épocas de avaliação pelo procedimento REML. Foram utilizados quatro índices de seleção (aditivo, aditivo padronizado, Mulamba & Mock e multiplicativo) para identificação de genótipos superiores com base nos valores genotípicos. Foram obtidas elevadas magnitudes de herdabilidade ($h^2 > 0,80$) para a maioria das características evidenciando expressiva variabilidade genética entre os genótipos. Também foram obtidas elevadas magnitudes de repetibilidade ($0,64 \leq r \leq 0,81$) para número de frutos comerciais, diâmetro do caule e altura da planta. Houve interação significativa (G \times E) para altura da planta, diâmetro do fruto, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e Ratio. Houve alta concordância (0,88) entre os índices aditivo padronizado e Mulamba & Mock para seleção de genótipos nos dois locais. Foram selecionados genótipos para os dois locais (CNPMF-H10.60, CNPMF-L47-P8, CNPMF-L54, CNPMF-L78, UC-14, UC-15), Cruz das Almas (UC-13 e UC-16) e Eunápolis (CNPMF-H36.45 e CNPMF-L06), através do índice aditivo padronizado. A maioria dos híbridos selecionados apresentou características do grupo Solo como potencial de recomendação haja vista que não existem híbridos Solo nos plantios comerciais.

Palavras-chave: *Carica papaya*, Híbridos, Linhagem, Solo, Formosa, Índice de seleção.

Simultaneous analysis of repeatability and genotype-by-environment interaction for the selection of papaya genotypes

ABSTRACT: Papaya is one of the most important fruit trees in tropical and subtropical regions. Despite the economic importance, there are few studies on repeatability and genotype \times environment interaction, which has hampered the establishment of new cultivars in commercial plantations. The objective of this work was to select papaya genotypes based on agronomic and physicochemical characteristics, aiming to simultaneously estimate genetic parameters of repeatability and genotype \times environment (GxE) interaction. Twenty-one genotypes composed of hybrids and lines in Cruz das Almas-BA and Eunápolis-BA were evaluated. Genetic parameters were estimated considering the effects of genotypes, locations and evaluation times by the REML procedure. Four selection indices (additive, standardized additive, Mulamba & Mock and multiplicative) were used to identify superior genotypes based on genotypic values. High heritability magnitudes ($h^2 > 0,80$) were obtained for most traits, showing significant genetic variability between genotypes. High repeatability magnitudes ($0,64 \leq r \leq 0,81$) were also obtained for the number of commercial fruits, stem diameter and plant height. There was a significant interaction (GxE) for plant height, fruit diameter, soluble solids content, titratable acidity and Ratio. There was high agreement (0,88) between the standardized additive and Mulamba & Mock indices for genotype selection at the two sites. Genotypes were selected for the two sites (CNPMF-H10.60, CNPMF-L47-P8, CNPMF-L54, CNPMF-L78, UC-14, UC-15), Cruz das Almas (UC-13 and UC-16) and Eunápolis (CNPMF-H36.45 and CNPMF-L06), through the standardized additive index. Most of the selected hybrids presented characteristics of the Solo group as a potential recommendation, given that there are no Solo hybrids in commercial plantations.

Keywords: *Carica papaya*, Hybrids, Lineages, Solo, Formosa, Selection index

1. INTRODUÇÃO

Os estudos com mamoeiro apresentam grande relevância, por ser esta uma cultura de muita importância econômica no mundo. O Brasil ocupa o terceiro lugar em produção mundial da fruta, com 1,235 milhão de toneladas em uma área colhida de 28,450 mil hectares (FAO, 2022). No país, o cultivo do mamoeiro ocorre na maioria das regiões e Estados, com concentração de produção maior no Espírito Santo e Bahia (438.855 t e 368.109 t, respectivamente) (IBGE, 2021). Além disso, o mamão possui destaque entre as frutas produzidas, nos escores nutricionais, para teores de vitamina C, vitamina A, potássio, tiamina, ferro, cálcio, riboflavina, folato, fibra e niacina (CHÁVEZ-PESQUEIRA; NÚÑEZ-FARFÁN, 2017).

Apesar da sua grande importância existe poucas cultivares sendo cultivadas nos plantios comerciais, tornando o cultivo do mamoeiro vulnerável a fatores bióticos (pragas e doenças) e abióticos (variações climáticas) que limita a expansão da cultura, sendo assim, busca-se com a caracterização e a exploração da variabilidade genética existente no gênero *Carica* de grande valor, que venha contribuir para o desenvolvimento de novas cultivares, visando aumento da competitividade e maior sustentabilidade no sistema de produção da cultura (DANTAS; LIMA, 2001). Portanto, há um desafio para os melhoristas disponibilizar novos genótipos agronomicamente superiores com atributos que atendam às necessidades do mercado e dos produtores.

Mesmo sendo importante para a fruticultura brasileira, toda produção nacional de mamão é realizada basicamente com três ou quatro cultivares, que pertencem ao grupo heterótico Solo (Golden e Sunrise Solo, ...), que são conhecidas comercialmente como mamão papaya ou Havaí, possuem como principal característica tipo de fruto pequeno, que pesa em média 0,6 kg. As cultivares dos híbridos pertencentes ao grupo heterótico Formosa, Tainung 01 e Calimosa são o segundo tipo mais plantado, comparadas com as cultivares do tipo Solo elas apresentam maior peso de fruto e rendimento (LUZ et al., 2015).

Para que haja crescimento contínuo da cultura do mamoeiro, faz-se necessário que tenham novas cultivares disponíveis que estas sejam produtivas e adaptadas às diversas faixas de ambientes de cultivo, que sejam específicas para cada tipo de mercado, interno e externo (LUZ et al., 2015).

Alguns parâmetros genéticos são comuns serem estimados em plantas perenes para inferência de caracteres que venham permitir caracterizar os genótipos ao longo do tempo, dentre estes tem-se o coeficiente de repetibilidade. Este parâmetro genético mede a correlação entre as medidas em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas no tempo ou no espaço (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Portanto, características que apresentam valores altos de repetibilidade indicam que é possível com poucas medições predizer o valor real dos indivíduos (FALCONE, 1987). As medidas de repetibilidade apresentam-se como bons indicadores das propriedades intrínsecas, sejam elas, agrônômicas e/ou morfológicas de uma cultivar qualquer, pois é a resposta de um genótipo submetido a um determinado ambiente (LUZ et al., 2015).

Segundo Resende (2007), considera-se que o sucesso da seleção é dependente da variabilidade genética e da acurácia dos métodos de seleção, sendo assim é importante o uso de metodologias que estime os componentes de variância e também permita a previsão dos valores genéticos dos indivíduos candidatos à seleção. O componente da variância (REML)/valores genotípicos (BLUP) que utiliza a modelagem mista é um procedimento ótimo de avaliação genotípica, pois proporciona estimações e previsões com maior precisão de parâmetros genéticos e valores genéticos (RESENDE, 2006). Tais componentes de variância facilitam a estimação dos parâmetros genéticos, sendo a repetibilidade e herdabilidade os mais importantes (RESENDE, 2007).

Diante do exposto e visando a necessidade de recomendação de novas cultivares de mamoeiro para o mercado, o estudo teve como objetivos estimar simultaneamente parâmetros genéticos de repetibilidade e interação genótipos x ambiente, selecionar genótipos de mamoeiro com base em características agrônômicas e físico-químicas, para posterior lançamento e recomendação com adaptação ao Recôncavo e extremo Sul da Bahia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material genético

Foram avaliados 21 genótipos, sendo oito linhagens/híbridos fornecidos pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, oito híbridos pela Universidade Estadual do Norte do Fluminense (UENF) e Caliman Agrícola S.A., dois pela *East West*

Seed International e um pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). As cultivares Golden e Tainung nº1 foram utilizadas como testemunhas (Tabela 1).

Tabela 1. Identificação dos 21 genótipos de mamoeiro integrantes do Ensaio Nacional de Mamão, avaliados em Cruz das Almas, BA e em Eunápolis, BA, no ano agrícola 2013/2014. Cruz das Almas, BA, 2022.

GENÓTIPOS	TIPO DE GENÓTIPO	GRUPO	PROCEDÊNCIA ¹
CNPMF-H10.60	Híbrido	Solo	CNPMF
CNPMF-H26.60	Híbrido	Solo	CNPMF
CNPMF-L47-P8	Linhagem	Solo	CNPMF
CNPMF-L06	Linhagem	Solo	CNPMF
CNPMF-L54	Linhagem	Solo	CNPMF
CNPMF-L78	Linhagem	Solo	CNPMF
CNPMF-H36.45	Híbrido	Formosa	CNPMF
CNPMF L10	Linhagem	Formosa	CNPMF
EW-2747	Híbrido	Formosa	<i>EAST WEST SEED INTERNATIONAL</i>
EW-SINJA	Híbrido	Formosa	<i>EAST WEST SEED INTERNATIONAL</i>
RUBI INCAPER 511	Híbrido	Formosa	INCAPER
UC-03	Híbrido	Formosa	UENF / CALIMAN
UC-10	Híbrido	Formosa	UENF / CALIMAN
UC-11	Híbrido	Formosa	UENF / CALIMAN
UC-12	Híbrido	Formosa	UENF / CALIMAN
UC-13	Híbrido	Solo	UENF / CALIMAN
UC-14	Híbrido	Solo	UENF / CALIMAN
UC-15	Híbrido	Solo	UENF / CALIMAN
UC-16	Híbrido	Solo	UENF / CALIMAN
TAINUNG nº1 (Tes.)	Cultivar	Formosa	TAIWAN
GOLDEN (Tes.)	Cultivar	Solo	CALIMAN

¹CNPMF: Centro Nacional de pesquisa em mandioca e fruticultura; UENF: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; INCAPER: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.

2.2 Local de condução dos experimentos

Os experimentos foram instalados no ano agrícola 2013/2014, sendo um na sede da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia e outro em propriedade privada, em Eunápolis, também na Bahia, utilizando delineamento experimental em blocos completos casualizados com cinco repetições, contendo oito plantas por parcela, com 21 genótipos, totalizando 840 plantas por ensaio.

O município de Cruz das Almas está localizado na região do Recôncavo da Bahia, situado à 12° 40' S latitude e 39° 06' W longitude de Greenwich, altitude

média de 220 m. O clima da região segundo a classificação Koppen é do tipo tropical quente e úmido, com estação chuvosa e seca (Aw), com pluviosidade média anual de 1.200 mm. Possui temperatura média anual de 24°C e umidade relativa do ar de 80% (SOUZA; SOUZA, 2001). O solo é classificado como Latossolo Amarelo álico coeso, de textura argilosa e com declividade de 0% a 3% (RIBEIRO et al., 1995; RESENDE, 2000).

Eunápolis é um município da Bahia, localizado no extremo sul do Estado, às margens da BR-101. Está situado a 16° 22' S de latitude e 39° 34' W de longitude. O clima é do tipo tropical úmido (Af), segundo a classificação de Koppen, ou seja, chuvoso, quente e úmido, com temperatura média de 23°C, e precipitação pluviométrica média anual de 1.256 mm. O solo é classificado como Argissolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), com relevo plano e altitude de 187 m.

As sementes foram semeadas em sacos de polietileno, com substrato comercial Plantmax®. Utilizaram-se três sementes por saco para garantir a germinação. No caso de germinação das três sementes foi realizado o desbaste, eliminando-se as duas mudas excedentes.

As mudas foram levadas para o campo com aproximadamente 15 cm de altura, sendo plantadas quatro mudas por cova, visando garantir a presença de pelo menos uma planta hermafrodita por cova. O espaçamento utilizado foi de 3,60 m entre linhas e 1,60 m entre plantas. As práticas culturais e os tratamentos fitossanitários foram realizados conforme recomendações para a cultura (MARTINS; COSTA, 2003).

A prática de sexagem nos experimentos foi realizada aos três meses após o plantio, eliminando as plantas femininas e mantendo as plantas hermafroditas para avaliação das características agronômicas.

2.3 Avaliação de características agronômicas

As avaliações dos genótipos foram efetuadas segundo a 'Caderneta de Campo para Ensaio Nacional com Mamão', que foi baseada no Manual de Descritores para Mamão [Catálogo de Germoplasma de Mamão (*Carica papaya* L.)], ajustado pela Embrapa Mandioca e Fruticultura a partir dos descritores

estabelecidos pelo *International Board for Plant Genetic Resources* (IBPGR, 1988), atualmente *Bioversity International*, com alterações recomendadas por Dantas et al. (2000).

A avaliação das características físico-químicas foi realizada em cinco frutos de cada genótipo, por parcela, representativos das plantas hermafroditas existentes na parcela. Os frutos foram colhidos no estágio de maturação 2 (até 25% de casca amarela) conforme descrito por Carvalho et al. (2020). Em seguida os frutos foram armazenados no Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura em temperatura ambiente. As avaliações foram realizadas quando os frutos atingiram a maturação completa (estágio 5), que corresponde a casca totalmente amarela (CARVALHO et al., 2020).

2.3.1 Avaliação das características morfoagronômicas

Foram avaliadas as seguintes características morfoagronômicas:

- a) Altura da planta (AP): avaliada aos seis, 12 e 18 meses após o transplântio (MAT). Com auxílio de uma trena, mediu-se a distância entre a superfície do solo, contígua ao colo da planta, e o ponto de inserção da folha mais nova e expressa em centímetros (cm);
- b) Diâmetro do caule (DC): medido a 20 cm acima do nível do solo, aos seis, 12 e 18 MAT, com auxílio de um paquímetro de madeira com régua graduada em centímetros (cm);
- c) Número de frutos comerciais por planta (NFC): avaliado aos 9 e 14 MAT, por meio da contagem de frutos com padrão comercial presentes em cada planta;
- d) Número de frutos deformados por planta (NFD): avaliado aos 9 e 14 MAT, por meio da contagem de frutos carpeloides, pentândricos e bananiformes presentes em cada planta;
- e) Número de nós sem frutos (NNSF): avaliado aos 9 e 14 MAT, na região denominada usualmente por “pescoço”, mediante contagem do número de nós que não produziram frutos;
- f) Produtividade (PROD): avaliada aos 14 MAT, estimada pela multiplicação do número de frutos comerciais por planta, pelo peso médio do fruto por

planta, em um espaçamento de 3,6 m entre linhas e 1,6 m entre plantas, com um estande de 1.736 plantas/hectare, expressa em t ha⁻¹.

2.3.2 Avaliação das características físico-químicas

Foram avaliadas as seguintes características físicas e físico-químicas aos 14 MAT, uma avaliação para cada local:

- a) Comprimento de fruto (CF): com o auxílio de um paquímetro de madeira graduado com uma régua, realizou-se a medição da base à ponta do fruto. Expresso em centímetros (cm);
- b) Diâmetro de fruto (DF): com o auxílio de um paquímetro de madeira graduado com uma régua, realizou-se a medição do diâmetro na parte central do fruto (diâmetro maior). Expresso em centímetros (cm);
- c) Peso de fruto (PF): os frutos foram colhidos individualmente, por planta, e pesados em uma balança analítica. Expresso em gramas (g);
- d) Sólidos solúveis (SS): obtido com o auxílio de refratômetro digital portátil modelo *r2 mini Reichert*. Expresso em °Brix;
- e) Firmeza do fruto (FF): determinada em frutos íntegros maduros, mediante uso de penetrômetro. O resultado médio foi expresso em quilograma (kg), a partir de quatro leituras em cada fruto;
- f) Firmeza da polpa (FP): determinada a partir da parte interna do fruto sem casca, mediante uso de penetrômetro. O resultado médio foi expresso em quilograma (kg), a partir de 04 (quatro) leituras em cada fruto;
- g) Diâmetro da cavidade ovariana (DCO): medido com auxílio de um paquímetro digital, na parte central do fruto. Nos casos onde a cavidade apresentava formato de estrela, a medida foi de uma extremidade a outra da estrela. Expresso em centímetros (cm);
- h) Acidez titulável (AT): realizada em duplicata. Expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de suco;
- i) pH: determinado por leitura direta da polpa de frutos maduros em pHmetro;
- j) Ratio: determinado pela relação entre SS/AT.

2.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas utilizando a metodologia de modelos lineares mistos, via procedimento de REML (máxima verossimilhança restrita) afim de estimar os componentes de variância e os parâmetros genéticos e pelo BLUP (melhor preditor linear não viesada) para estimar as médias ajustadas para os genótipos.

2.4.1 Características morfoagronômicas

Para as características morfoagronômicas foi realizada a análise de *deviance* para testar os efeitos do modelo, de acordo com as recomendações do modelo descrito por Viana e Resende (2014) e análises simultâneas de repetibilidade, herdabilidade, interação genótipos \times locais, interação genótipos colheitas e interação tripla.

O modelo adotado descrito por Viana e Resende (2014) foi:

$$Y_{ijkn} = \mu + g_i + b_{j/n} + m_k + l_n + gb_{ij/n} + gm_{ik} + gl_{in} + bm_{jk/l} + ml_{kn} + gml_{ikn} + gbml_{ijk/n},$$

Em que:

μ é o efeito da média geral; g_i é o efeito do genótipo i ; $b_{j/n}$ é o efeito do bloco j dentro do local n ; m_k é o efeito da medição ou colheita k ; l_n é o efeito do local n , $gb_{ij/n}$ é o efeito da interação genótipos \times blocos dentro de locais; gm_{ik} é o efeito da interação genótipos \times medições; gl_{in} é o efeito da interação genótipos \times locais; $bm_{jk/l}$ é o efeito da interação blocos \times medições dentro de locais; ml_{kn} é o efeito da interação medições \times locais; gml_{ikn} é o efeito da interação tripla genótipos \times medições \times locais; $gbml_{ijk/n}$ é o resíduo aleatório. Os efeitos gb_{ij} referem-se aos efeitos de ambiente permanente de uma colheita para outra.

Considerando os efeitos ambientais de blocos dentro de locais (b), medições (m), locais (l) e as interações (blocos \times medições dentro de locais e locais \times medições como fixos já que são efeitos ambientais para os quais os dados devem ser corrigidos) no modelo apresentando acima, esses podem ser ajustado somados à média geral, em um único vetor de efeitos fixos (β) dado pela combinação bloco-medição local. Assim, o modelo linear misto resultante pode ser descrito conforme a seguir:

$$Y_{ijkn} = \beta + g_i + gm_{ik} + gl_{in} + gb_{ij/n} + gml_{ijn} + gbml_{ijk/n}$$

Foram estimados os seguintes componentes de variância e parâmetros:

σ_g^2 : variância genotípica. σ_{gm}^2 : variância da interação genótipos \times medições. σ_{gl}^2 : variância da interação genótipos \times locais. σ_{glm}^2 : variância da interação genótipos \times locais \times medições. σ_{perm}^2 : variância dos efeitos permanentes de parcela. σ^2 : variância residual. σ_f^2 : variância fenotípica individual. h_g^2 : herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais. h_{mg}^2 : herdabilidade do sentido amplo da média de genótipos. Ac_{gen} : acurácia da seleção de genótipos. c_{gl}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo \times locais. c_{gm}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos \times medições. c_{glm}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo \times locais \times medições. c_{perm}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos permanentes de parcela. r : repetibilidade individual. rgl : correlação genotípica através dos locais, válida para qualquer medição. rgm : correlação genotípica através das medições, válida para qualquer local. rgl_m : correlação genotípica através dos locais, em uma dada colheita ou medição. rgm_l : correlação genotípica através das medições, em um dado local. rgl_mm : correlação genotípica através dos locais, para a média de todas as colheitas ou medições. rgm_ml : correlação genotípica através das medições, para a média de todos os locais. $rglm$: correlação genotípica através dos locais e medições. $\hat{\mu}$: média geral do experimento.

A análise foi realizada com auxílio do software Selegen REML/Blup (RESENDE, 2016), o modelo empregado é apropriado para estimar simultaneamente repetibilidade, herdabilidade, interação genótipos por ambientes em linhagens e híbridos de plantas autógamas, a exemplo dos genótipos avaliados no presente estudo.

2.4.2 Características físicas e físico-químicas

As características físico-químicas foram submetidas a análise de *deviance* para testar os efeitos do modelo, de acordo com as recomendações do modelo descrito por Viana e Resende (2014).

A avaliação genética foi realizada empregando o modelo estatístico descrito abaixo:

$$y = Xr + Zg + Wi + e$$

Em que:

y é o vetor dos dados;

r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;

g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);

i é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios);

e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

X, Z e W representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os seguintes componentes de variância e parâmetros genéticos foram estimados:

σ_g^2 : variância genotípica. σ_{gl}^2 : variância da interação genótipo x ambiente. σ^2 : variância residual. σ_f^2 : variância fenotípica individual. h_g^2 : herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais. c_{gl}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente. h_{mg}^2 : herdabilidade da média de genótipo, assumindo sobrevivência completa. *Aclin*: acurácia da seleção de genótipos, assumindo sobrevivência completa. *rgloc*: correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes. *CVgi%*: coeficiente de variação genotípica. *CVe%*: coeficiente de variação residual. \hat{u} : média geral do experimento.

A análise foi realizada com auxílio do software Selegen–REML/BLUP (RESENDE, 2016) empregando o modelo 23. Esse modelo é apropriado para avaliação em vários locais (ambientes) e em uma só colheita, a fim de estimar os componentes de variância e predizer os valores genotípicos em linhagens e híbridos de plantas autógamas, como no caso dos genótipos avaliados neste

estudo. Os valores genotípicos para cada ambiente foram obtidos com auxílio do pacote lme4 (BATES, 2019) do software R versão 4.01 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2021).

2.4.3 Índices de seleção

A partir dos valores genotípicos preditos, foram empregados quatro índices de seleção: (a) índice aditivo (IA), em que são fornecidas as importâncias econômicas relativas ou pesos dos caracteres; (b) índice aditivo padronizado (IAP), em que é realizada a padronização dos dados para evitar efeitos de escalas nas características; (c) índice multiplicativo (IM), em que o agregado genotípico refere-se ao produto dos caracteres; (d) índice de rank médio (IMM), adaptado de Mulamba & Mock, em que os valores genotípicos são classificados para cada caráter e a média dos rankings de cada genótipo para todos os caracteres são apresentados como resultado final. Os índices foram obtidos utilizando as seguintes expressões:

$$IA = (p \times C1) \times (VG \times C1) + \dots$$

$$IM: (VG \times C1) + \dots$$

$$RM: (r \times VG \times C1) + \dots$$

Em que: \times é o sinal de multiplicação, sentido da seleção se o objetivo é aumentar ou diminuir a média da característica; p é o peso econômico estabelecido para o caráter; VG é o valor genotípico predito; r é o posto do genótipo; $C1$ é a característica de interesse, podendo acrescentar quantas forem necessárias na equação (VIANA; RESENDE, 2014).

Nos índices IA e IAP foram atribuídos pesos arbitrários de diferentes grandezas de acordo com a importância econômica das características. Assim, foram atribuídos os seguintes pesos:

$$(AP \times 1) + (DC \times 1) + (NFC \times 100) + (NFD \times -50) + (NSF \times -50) + (CF \times 1) + (DF \times 1) + (PF \times 1) + (DCO \times -50) + (FF \times 100) + (FP \times 100) + (SS \times 100) + (pH \times 50) + (AT \times -50) + (RAT \times 100) + (PROD \times 100)$$

A padronização das características para obtenção do índice IAP foi realizada conforme descrita a seguir:

$$y = \frac{y_{ij} - \hat{y}_j}{\sigma_j}$$

Em que:

y_{ij} : é valor genotípico do genótipo i na característica j ; \hat{y}_j : é a média geral da característica j ; σ_j : é o desvio padrão da característica j

Para aplicação do IMM, o sinal de multiplicação aplicado para o IAP foi mantido, sem a atribuição de pesos econômicos.

Inicialmente, os índices de seleção foram estimados para cada local de avaliação, considerando efeitos de interação genótipo \times ambiente. Foi praticada uma intensidade de seleção de 38% para indicação dos oito melhores genótipos em cada local. Com o intuito de avaliar a concordância no ranqueamento dos genótipos foram estimados coeficientes de coincidência entre os diferentes índices. Também foram estimados os ganhos genéticos com a seleção empregando a seguinte expressão:

$$GS(\%) = \frac{100(DS \times h_m^2)}{\hat{y}}$$

Em que:

DS= diferencial de seleção obtido pela diferença entre a média dos genótipos selecionados (\hat{y}_s) e a média geral (\hat{y}); h_m^2 : herdabilidade com base na média nos genótipos. Também foram estimados os coeficientes de coincidência para os índices na análise conjunta.

Foram realizados gráficos de densidade para estudar a variação dos valores genotípicos dos genótipos para as características avaliadas nos dois locais. Também foram realizados gráficos *boxplot* para visualizar a variação dos genótipos selecionados em cada local pelos diferentes índices de seleção, bem como gráficos de barras para visualizar os índices de coincidência e os ganhos genéticos. Todos os gráficos foram realizados com auxílio do pacote *ggpubr* (KASSAMBARA, 2018) no software R versão 4.01 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2021).

3. RESULTADOS

3.1 Características morfoagronômicas

De acordo com a análise de *deviance* para as características altura da planta (AP) e número de frutos comerciais (NFC) houve diferença significativa à 1% de probabilidade e para a característica diâmetro do caule (DC) a diferença significativa foi à 5% de probabilidade, indicando que existe variabilidade genética entre os genótipos avaliados, que é essencial para seleção de genótipos superiores (Tabela 2). Já as características número de frutos deformados (NFD) e número de nós sem fruto (NNSF) não foram significativas no efeito de genótipos. Para os efeitos interação de genótipos x locais e interação genótipos x medidas apenas as características AP e DC foram significativas a 5% de probabilidade respectivamente, podendo inferir que as demais possuem o mesmo comportamento em ambos os locais e medidas. No efeito de interação tripla, genótipos x locais x medidas as características AP, DC, NFC e NNSF foram altamente significativas a 1%, ou seja, tais características dos genótipos são influenciadas pelo local e pelas medidas, enquanto que, somente a característica NFD não foi significativa. No efeito permanente houve diferença significativa nas características AP e DC a 1% de probabilidade, sendo as demais (NFC, NFD e NNSF) não significativas.

Em relação aos componentes de variância, observa-se que as características AP e NFC apresentaram maior contribuição da variância genética (760, 50 e 113, 34, respectivamente), podendo inferir que os genótipos avaliados apresentam alta variabilidade genética em relação a tais características.

As menores contribuições da variância genética estão relacionadas às características DC (0, 39), NFD (0, 53) e NNSF (4, 79), evidenciando alta influência dos efeitos ambientais, comprovada pela variância residual e a baixa herdabilidade.

Tabela 2: Estimativa de componentes de variância e parâmetros genéticos para cinco características morfoagronômicas em 21 genótipos de mamoeiro avaliados em Cruz das Almas (BA) e Eunápolis (BA), no ano agrícola 2013/2014, Cruz das Almas, BA, 2022.

Comp. Variância	AP	DC	NFC	NFD	NNSF
σ_g^2	760,50	0,39	113,34	0,53	4,79
σ_{gm}^2	45,68	0,10	27,21	0,51	3,64
σ_{gt}^2	59,86	0,25	5,19	0,66	0,07
σ_{gtm}^2	33,25	0,14	33,33	0,40	3,61
σ_{perm}^2	279,20	0,80	6,78	0,15	1,34
σ^2	210,10	0,51	44,77	3,65	15,64
σ_f^2	1355,34	2,04	197,29	5,51	25,47
h_g^2	0,56 ± 0,08	0,19 ± 0,05	0,57 ± 0,10	0,10 ± 0,04	0,19 ± 0,06
h_{mg}^2	0,93	0,65	0,82	0,42	0,61
Acgen	0,96	0,81	0,90	0,65	0,78
c_{gt}^2	0,04	0,12	0,03	0,12	0,00
c_{gm}^2	0,03	0,05	0,14	0,09	0,14
c_{gtm}^2	0,02	0,07	0,17	0,07	0,14
c_{perm}^2	0,21	0,39	0,03	0,03	0,05
r	0,81 ± 0,10	0,70 ± 0,09	0,64 ± 0,11	0,24 ± 0,07	0,24 ± 0,07
rgl	0,93	0,61	0,96	0,45	0,99
rgm	0,94	0,80	0,81	0,51	0,57
rgl_m	0,93	0,66	0,96	0,61	0,99
rgm_l	0,95	0,86	0,81	0,70	0,57
rgl_{mm}	0,93	0,65	0,97	0,60	0,99
rgm_{ml}	0,95	0,85	0,83	0,67	0,65
$rglm$	0,85	0,44	0,63	0,25	0,40
\hat{u}	258,10	13,03	30,62	4,04	11,32
Qui-quadrado (G)	24,64**	4,12*	13,08**	1,19 ^{ns}	3,60 ^{ns}
Qui-quadrado (G × L)	6,05*	3,49 ^{ns}	3,79 ^{ns}	2,05 ^{ns}	3,69 ^{ns}
Qui-quadrado (G × M)	3,07 ^{ns}	5,19*	0,31 ^{ns}	2,86 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Qui-quadrado (G × L × M)	7,07**	17,04**	31,70**	1,85 ^{ns}	10,58**
Qui-quadrado (Perm)	149,90**	174,44**	2,80 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,01 ^{ns}

σ_g^2 = variância genotípica; σ_{gm}^2 = variância da interação genótipos × medições; σ_{gt}^2 = variância da interação genótipos × locais; σ_{gtm}^2 = variância da interação genótipos × locais × medições; σ_{perm}^2 = variância dos efeitos permanentes de parcela; σ^2 = variância residual; σ_f^2 = variância fenotípica individual; h_g^2 = herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais; h_{mg}^2 = herdabilidade no sentido amplo da média de genótipos; Acgen = acurácia da seleção de genótipos; c_{gt}^2 = coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo × locais; c_{gm}^2 = coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos × medições; c_{gtm}^2 = coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo × locais × medições; c_{perm}^2 = coeficiente de determinação dos efeitos permanentes de parcela; r = repetibilidade

individual; rgl = correlação genotípica através dos locais, válida para qualquer medição; rgm = correlação genotípica através das medições, válida para qualquer local; rgl_m = correlação genotípica através dos locais, em uma dada colheita ou medição; rgm_l = correlação genotípica através das medições, em um dado local; rgl_mm = correlação genotípica através dos locais, para a média de todas as colheitas ou medições; rgm_ml = correlação genotípica através das medições, para a média de todos os locais; $rglm$ = correlação genotípica através dos locais e medições; \bar{u} = média geral do experimento. Qui-quadrado: Qui-quadrado do teste LRT (*thelikehoodratio test*) baseado na análise de *deviance* para testar os efeitos de genótipo (G), genótipo x locais (G x L), genótipos x medidas (G x M), genótipos x locais x medidas (G x L x M), permanentes (Perm). ns não significativo; *, **, significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. AP= altura da planta (cm); DC= diâmetro do caule (cm); NFC= número de frutos comerciais por planta; NFD= número de frutos deformados por planta; NNSF= número de nós sem frutos.

Para a variância da interação genótipos x medições e interação tripla (genótipos x locais x medições) as maiores contribuições também foram respectivamente, para as características AP (45,68; 33,25) e NFC (27,21; 33,33). As demais características apresentaram menores contribuições (Tabela 2). A variância da interação genótipos x locais e a variância dos efeitos permanentes apresentaram maiores contribuições apenas na característica AP (59,86 e 279,20).

As estimativas de herdabilidade individuais foram classificadas como de alta magnitude para as características AP (0,56) e NFC (0,57), média para DC (0,19) e NNSF (0,19), e baixa para NFD (0,10). Para a herdabilidade com base na média de genótipos os coeficientes variaram de 0,42 a 0,93, sendo que AP (0,93), NFC (0,82), DC (0,65) e NNSF (0,61) apresentaram maiores valores. Apenas a característica NFD (0,42) apresentou menor valor para esta estimativa.

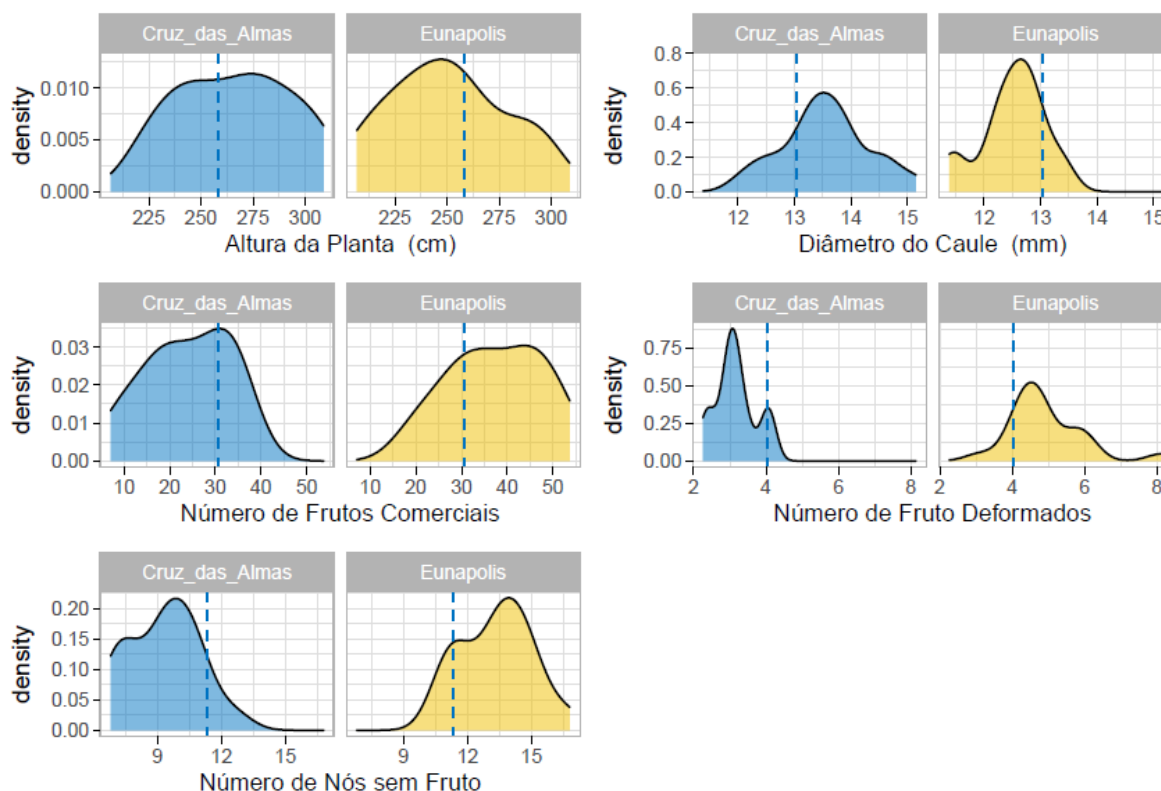
Os valores de acurácia encontrados variaram de 0,65 (NFD) a 0,96 (AP), sendo que estes estão associados à precisão da seleção. De acordo com a classificação de Resende e Duarte (2007), tal estatística varia de 0 a 1, sendo classificada como baixa ($Ac < 0,50$), moderada ($0,50 \leq Ac < 0,70$), alta ($0,70 \leq Ac < 0,90$) e muito alta ($Ac \geq 0,90$).

O coeficiente de repetibilidade apresentou alta magnitude para as características AP (0,81), DC (0,70) e NFC (0,64), indicando que as avaliações que foram realizadas neste estudo são suficientes para predizer o valor genético real dos indivíduos e caso haja aumento no número de medidas não irá ocorrer maior ganho em acurácia. Para as características NFD e NNSF a repetibilidade foi de baixa magnitude com valores de 0,24 e 0,24 respectivamente, neste caso é necessário aumentar o número de repetições para que se possa estimá-las com

precisão e confiabilidade, pois ambas são altamente influenciadas pela época de avaliação. De acordo com Resende (2002) os valores de repetibilidade iguais ou inferiores a 0,30 são considerados baixos, entre 0,30 e 0,60 intermediários e acima de 0,60 altos.

Os valores genotípicos obtidos a partir dos valores de melhor preditor linear não viciado (BLUP) também evidenciam expressiva variabilidade genética para as características avaliadas nos dois locais (Figura 1). Pode-se evidenciar que existem desempenhos diferentes dos genótipos nos dois ambientes para as características que apresentaram menores herdabilidades, como NFD e NNSF. Nota-se que há maior produção de frutos deformados em Eunápolis e menor DC. Para a característica NFC na qual a herdabilidade foi maior também se observou desempenho diferente em relação aos ambientes, havendo maior produção de NFC em Eunápolis. Em relação a característica AP nota-se que em Cruz das Almas possui plantas mais altas.

Figura 1. Distribuição de valores de melhor preditor linear não viesados (BLUPs) adicionada à média geral, para várias características agrônômicas de genótipos de mamoeiro cultivados em Cruz das Almas–BA e Eunápolis-BA.



3.2 Características física e físico-químicas

A Tabela 3 apresenta os valores relacionados aos componentes de variância e parâmetros genéticos para as características física e físico-químicas e de produtividade (PROD). De acordo com a análise de deviance houve diferença significativa pelo teste Qui-quadrado a 1% de probabilidade para as características produtividade (PROD), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), peso do fruto (PF), diâmetro da cavidade interna (DCI), firmeza do fruto (FF), firmeza da polpa (FP), sólidos solúveis (SS), pH e ratio (RAT), apenas para a característica acidez titulável (AT) a diferença foi significativo à 5% de probabilidade, demonstrando a existência de variabilidade genética entre os genótipos avaliados, possibilitando o sucesso na seleção de genótipos superiores.

Para interação genótipos x locais houve efeito significativo apenas para as características CF à 5% de probabilidade, SS, AT e RAT à 1% de probabilidade, indicando que as mesmas possuem comportamento diferente em função da variação ambiental. As demais características não foram significativas.

As magnitudes do coeficiente de variação experimental (CVe%) variaram de 1,85% a 31,64% (Tabela 3). As características CF, DF, SS e pH apresentaram baixas magnitudes ($CVe \leq 10$), indicando alta acurácia experimental. Entretanto, PF, DCI, AT e RAT apresentaram magnitudes médias ($10 \leq CVe \leq 20$), demonstrando uma boa acurácia. A FF apresentou magnitude elevada ($20 \leq CVe \leq 30$), enquanto que PROD e FP apresentaram magnitude muito elevada ($CVe > 30$), indicando uma baixa precisão experimental.

Em relação a variância genotípica pode-se observar que as características PROD, PF e RAT apresentaram maiores contribuições genéticas com valores de 95,70, 211852,72 e 428,28 respectivamente. As demais características apresentaram contribuições menores, variando de 0,000473 (pH) a 22,65 (CF) corroborando com os baixos valores da variância residual. De acordo com as estimativas para coeficiente de variação genotípica (CVgi%) observou-se valores variando de baixo (1,20%) para a característica pH a alto (46,04%) para PF. As características DF, SS e pH apresentaram baixos valores de CVgi, e as demais apresentaram valores moderados, com exceção de CF, PF e FP, que apresentaram valores elevados.

Tabela 3. Estimativa de componentes de variância e parâmetros genéticos para 11 características avaliadas em 21 genótipos de mamoeiro Cruz das Almas e Eunápolis. Cruz das Almas, BA, 2022.

Comp. Variância	PROD	CF	DF	PF	DCO	FF	FP	SS	pH	AT	RAT
σ_g^2	95,70	22,65	1,88	211852,72	0,29	0,22	0,14	0,49	$4,73 \times 10^{-4}$	$5,90 \times 10^{-5}$	428,28
σ_{gl}^2	4,10	0,54	0,06	4586,60	0,05	0,03	0,02	0,15	$8,41 \times 10^{-3}$	$4,90 \times 10^{-5}$	141,63
σ^2	263,46	2,36	0,48	37499,74	0,34	0,43	0,19	0,39	$9,63 \times 10^{-3}$	$1,35 \times 10^{-4}$	549,30
σ_f^2	363,26	25,54	2,41	253939,05	0,69	0,68	0,34	1,02	$1,85 \times 10^{-2}$	$2,43 \times 10^{-4}$	1119,21
h_g^2	0,26 ± 0,10	0,89 ± 0,18	0,79 ± 0,17	0,83 ± 0,18	0,43 ± 0,13	0,32 ± 0,11	0,39 ± 0,12	0,48 ± 0,13	0,27 ± 0,10	0,26 ± 0,10	0,38 ± 0,12
c_{gl}^2	0,01	0,02	0,02	0,02	0,07	0,04	0,05	0,14	0,09	0,20	0,13
h_{mg}^2	0,77	0,98	0,96	0,97	0,83	0,79	0,83	0,81	0,72	0,63	0,77
<i>Aclin</i>	0,88	0,99	0,98	0,99	0,91	0,89	0,91	0,90	0,85	0,79	0,88
<i>rgloc</i>	0,96	0,98	0,97	0,98	0,86	0,89	0,88	0,77	0,76	0,56	0,75
<i>CVgi%</i>	18,19	24,08	13,67	46,04	9,89	17,08	26,61	5,30	1,20	10,11	11,75
<i>CVe%</i>	30,17	7,77	6,88	19,37	10,65	24,11	31,64	4,73	1,85	14,65	13,30
$\hat{\mu}$	53,79	19,76	10,03	999,78	5,49	2,73	1,38	13,18	5,29	0,08	176,16
Qui-quadrado (G)	10,38**	49,68**	38,61**	45,15**	14,38**	11,46**	13,88**	2,74**	7,47**	4,64*	10,11**
Qui-quadrado(G×L)	0,05 ^{ns}	6,26*	2,29 ^{ns}	2,28 ^{ns}	2,95 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,44 ^{ns}	12,96**	2,63 ^{ns}	12,54**	7,54**

σ_g^2 = variância genotípica; σ_{gl}^2 = variância da interação genótipo × ambiente; σ^2 = variância residual; σ_f^2 = variância fenotípica individual; h_g^2 = herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais; c_{gl}^2 = coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo × ambiente; h_{mg}^2 = herdabilidade da média de genótipo, assumindo sobrevivência completa; *Aclin* = acurácia da seleção de genótipos, assumindo sobrevivência completa; *rgloc* = correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes; *CVgi%* = coeficiente de variação genotípica; *CVe%* = coeficiente de variação residual; $\hat{\mu}$ = média geral do experimento. Qui-quadrado = Qui-quadrado do teste LRT (*thelikelihoodratiotest*) baseado na análise de *deviance* para testar os efeitos de genótipo (G) e genótipo × locais (G × L). ^{ns}: não significativo; *, **, significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. PROD = produtividade (t ha⁻¹); CF = comprimento de fruto (cm); DF = diâmetro de fruto (cm); PF = peso de fruto (g); DCO = diâmetro da cavidade ovariana (cm); FF = firmeza do fruto (kg); FP = firmeza da polpa (kg); SS = sólidos solúveis (°Brix); pH; AT = acidez titulável (g 100g⁻¹); RAT = ratio (relação SS/AT).

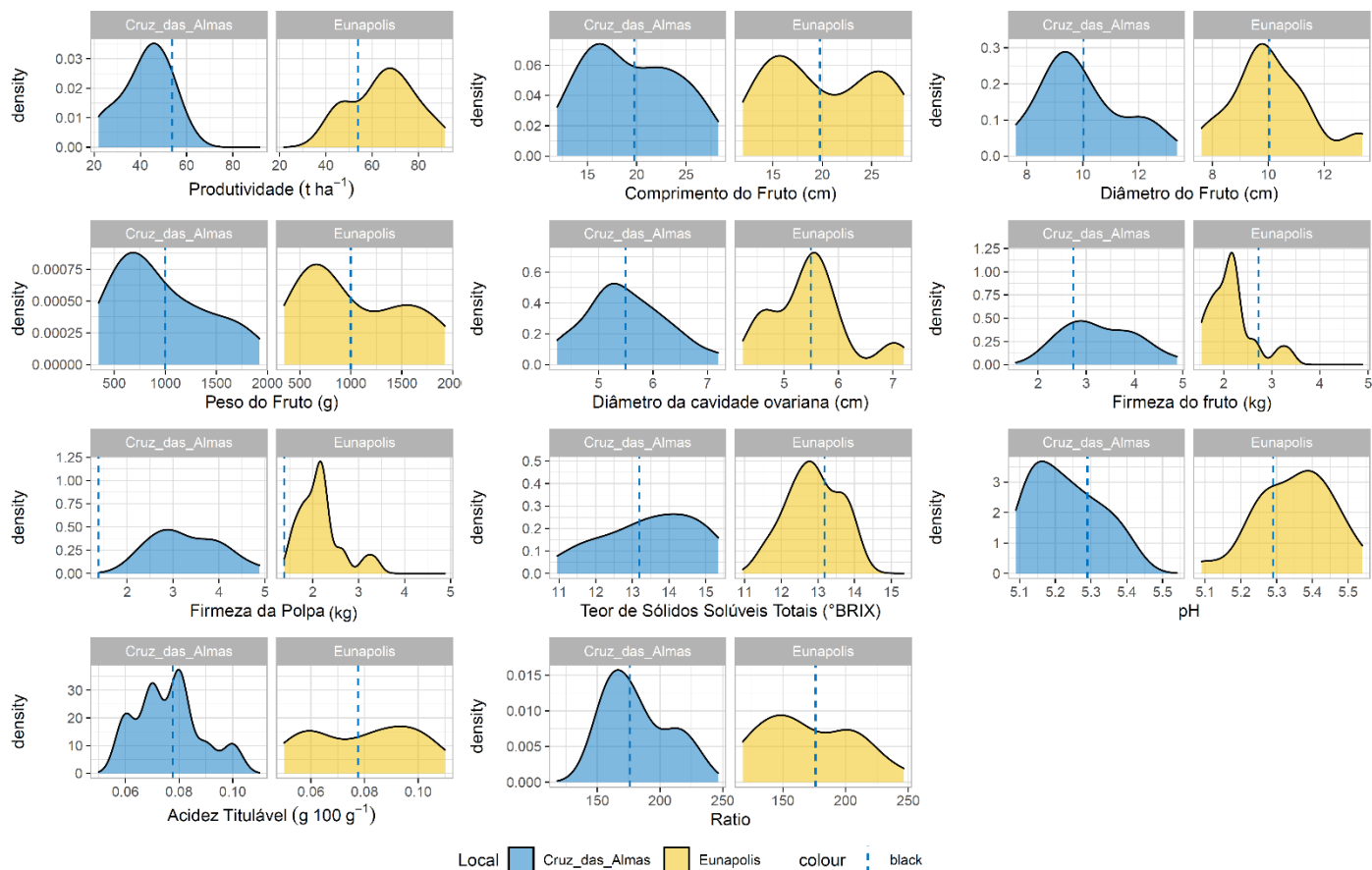
Para a variância da interação genótipo \times ambiente apenas as características PF (4586,60) e RAT (141,63) apresentaram maiores contribuições. As demais características não apresentaram contribuições e/ou as mesmas foram menores (Tabela 3). As estimativas de herdabilidade individual no sentido amplo foram de magnitude mediana a alta, sendo que as características CF, DF e PF foram as únicas a apresentarem magnitudes altas (0,89, 0,79 e 0,83 respectivamente).

O coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo \times ambiente foi de baixa magnitude, sendo que apenas as características SS (14%), AT (20%) e RAT (13%) apresentaram valores medianos. O mesmo indica que a interação explicou pequena proporção da variabilidade fenotípica total.

As estimativas de herdabilidade média apresentaram magnitudes elevadas, variando de 0,63 (AT) a 0,98 (CF), esses valores possibilitam alta precisão na seleção, com acurácia seletiva entre 0,79 a 0,99, de magnitude alta a muito alta, de acordo com Resende e Duarte (2007). Esses valores são excepcionais, podendo comprovar a eficiência de uma seleção geral envolvendo esse estudo.

Os valores genotípicos (BLUP) mostram há existência de expressiva variabilidade genética para as características físico-químicas e de rendimento (Figura 2). Nota-se que as plantas são mais produtivas em Eunápolis em comparação com Cruz das Almas em função de maior número de frutos. Por outro lado, em Cruz das Almas o teor de sólidos solúveis é mais elevado assim como a Firmeza do fruto e firmeza da polpa. As características CF e PF apresentaram-se semelhantes nos dois ambientes. Em relação ao DF e ao DCO ambos foram maiores em Cruz das Almas em comparação com Eunápolis. Os teores de pH, AT e RAT foram maiores em Eunápolis.

Figura 2. Distribuição de valores de melhor preditor linear não viesados (BLUPs) adicionada à média geral, para várias características de rendimento e físico-químicas de genótipos de mamoeiro cultivados em Cruz das Almas- BA e Eunápolis-BA

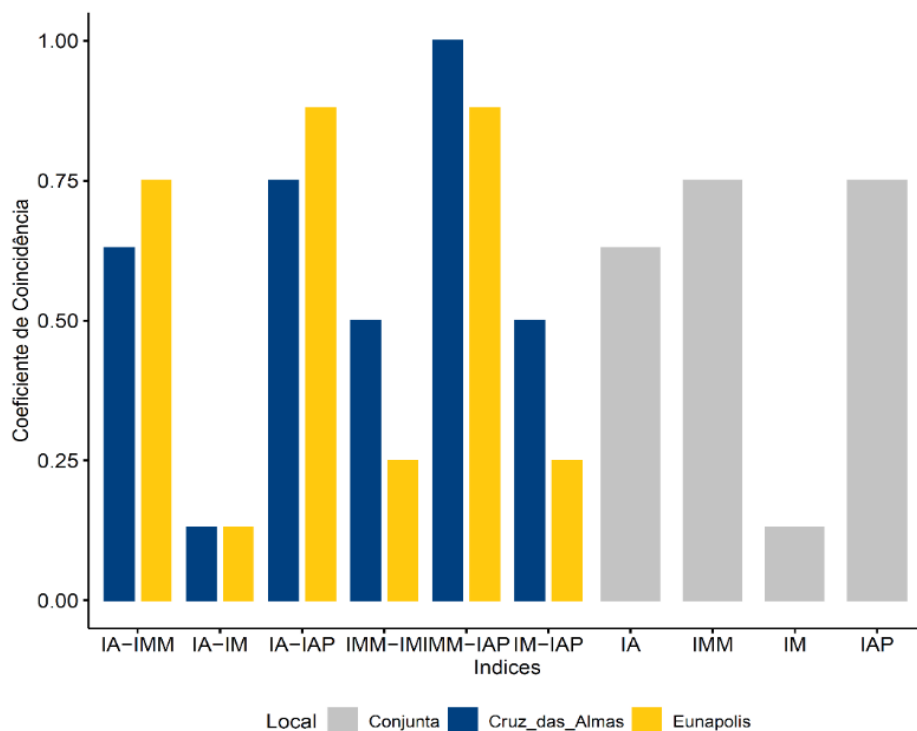


3.3 Seleção de genótipos superiores

A Figura 3 mostra os resultados dos coeficientes de coincidência entre os índices utilizados para seleção. Os índices de seleção adequados permitem selecionar genótipos superiores para um conjunto de características de interesse para o melhoramento genético. Embora seja difícil conciliar em um único genótipo elevados valores de genótipos para a maioria das características, a seleção simultânea é uma estratégia eficiente para desenvolvimento de cultivares. Os maiores coeficientes foram obtidos nos índices aditivo padronizado e Mulamba & Mock (1,0) para seleção de genótipos em Cruz das Almas e (0,88) para

Eunápolis. A concordância entre índices de seleção é importante para ter maior confiabilidade na seleção de genótipos superiores.

Figura 3. Coeficientes de coincidência de oito genótipos selecionados com uso dos índices de seleção: Índice Aditivo (IA), Índice Aditivo Padronizado (IAP), Índice Mulamba & Mock (IMM), Índice Multiplicativo (IM), quanto às características agrônômicas e físico-químicas. As comparações são realizadas por locais entre índices e conjuntos para analisar cada índice.

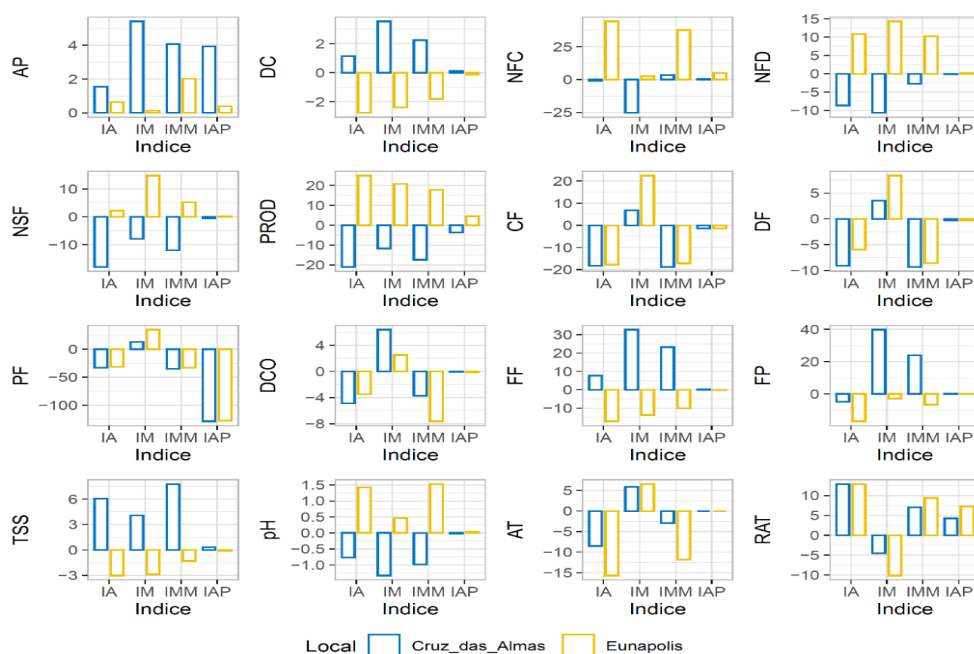


Os menores valores de concordância foram observados empregando o índice multiplicativo ($0,13 \leq IC \leq 0,50$). O índice multiplicativo é um índice que não considera pesos nem o sentido da seleção, ou seja, que o valor do índice corresponde ao produto das médias dos genótipos para as características. No mamoeiro existem características de maior importância que o melhorista procura aumentar ou diminuir as médias nas populações de melhoramento. Portanto, o índice multiplicativo não é adequado para seleção de genótipos de mamoeiro.

Com o objetivo de analisar a possibilidade de selecionar genótipos adaptados às duas regiões foram estimados coeficientes de coincidência entre os índices considerando a análise conjunta. Essa análise foi realizada para cada índice. Por exemplo, foi estimado o índice de coincidência para o índice aditivo para seleção nos dois locais. Assim, foi observado maior coincidência (0,75) nos índices aditivo padronizado e Mulamba & Mock sendo, portanto, utilizados para selecionar os genótipos superiores.

Os ganhos com a seleção obtidos pelos diferentes índices de seleção são mostrados na Figura 4. Considerando a média dos genótipos selecionados pode-se observar que podem ser obtidos ganhos positivos para altura da planta nos dois locais ($0 \leq GS \leq 5\%$). Contudo, plantas altas não são desejáveis porque dificultam os tratos culturais. No entanto, ganhos positivos podem ser obtidos nas características (DC, FF, FP e TSS) em Cruz das Almas. Por sua vez, ganhos positivos podem ser obtidos para seleção de genótipos superiores nas características Produção e NFC em Eunápolis. Os maiores ganhos podem ser obtidos para as características NFC (44%), PMF (38%) e FP (40%) empregando os índices aditivos, Mulamba & Mock e multiplicativo, respectivamente, quando a seleção é praticada em Eunápolis. Em Cruz das Almas, empregando o índice multiplicativo são obtidos elevados ganhos para características associadas a qualidade de frutos como FP (40%) e FF (33%).

Figura 4. Ganhos genéticos preditos (%) para características agrônômicas e físico-químicas de genótipos de mamoeiro selecionados por diferentes índices de seleção. IA: índice aditivo; IAP: índice aditivo padronizado; IM: índice multiplicativo; IMM: índice Mulamba & Mock.



Considerando a concordância no ranqueamento dos genótipos e ganhos genéticos obtidos pelos diferentes índices de seleção, esta foi realizada considerando o índice aditivo padronizado, pois este foi o melhor em relação aos ganhos. Assim, foram selecionados genótipos para os dois locais (CNPMF-H10.60, CNPMF-L47-P8, CNPMF-L54, CNPMF-L78, UC-14, UC-15). Além, de selecionar para Cruz das Almas os genótipos UC-13 e UC-16, e para Eunápolis os genótipos CNPMF-H36.45 e CNPMF-L06. As médias genotípicas desses genótipos e os ganhos com a seleção são apresentados na Tabela 4. Foram obtidos expressivos ganhos genéticos para frutos comerciais (~21%) e firmeza da polpa (~10%). Para características de grande relevância para o melhoramento como produtividade, teor de sólidos solúveis e firmeza do fruto foram obtidos ganhos positivos ($2\% \leq GS \leq 6\%$).

Tabela 4. Médias fenotípicas para características agronômicas e físico-químicas de genótipos selecionados pelo índice aditivo padronizado. Cruz das Almas, BA, 2022.

Local	Genótipo	Grupo	AP	DC	NFC	NFD	NSF	CF	DF	PF	DCO	FF	FP	SS	PH	AT	RAT	PROD
Conjunta	CNPMF-H10.60	Solo	227,29	11,58	50,31	4,62	11,76	14,13	9,72	619,02	5,45	1,54	0,77	13,03	5,34	0,06	196,72	70,62
Conjunta	CNPMF-L47-P8	Solo	233,33	13,00	30,21	3,58	12,31	16,61	9,20	676,16	5,23	4,01	2,36	13,70	5,37	0,08	174,26	36,83
Conjunta	CNPMF-L54	Solo	301,13	12,74	39,33	6,15	8,81	14,03	7,66	407,89	4,34	2,34	1,06	14,21	5,47	0,06	219,45	34,81
Conjunta	CNPMF-L78	Solo	249,84	13,21	45,54	3,47	9,39	14,39	9,12	569,05	5,44	2,58	1,13	12,93	5,33	0,06	216,62	56,58
Conjunta	UC-14	Solo	264,32	12,93	39,55	3,47	11,45	16,61	9,23	689,80	5,26	3,14	1,62	13,87	5,18	0,08	183,89	64,46
Conjunta	UC-15	Solo	291,44	13,74	32,90	4,45	10,87	19,14	9,70	847,43	5,12	3,33	1,73	14,04	5,27	0,07	200,83	57,94
Cruz das Almas	UC-13	Solo	278,00	13,91	26,24	3,01	9,08	16,67	9,26	672,77	5,24	3,88	2,07	15,34	5,13	0,08	182,96	36,41
Cruz das Almas	UC-16	Solo	270,55	13,76	25,08	2,91	9,41	17,48	9,82	824,56	6,08	4,21	2,42	13,63	5,10	0,08	185,60	48,25
Eunápolis	CNPMF-H36.45	Formosa	293,48	12,93	44,37	5,78	11,46	19,10	9,64	843,78	5,05	2,21	1,18	12,59	5,39	0,08	155,64	91,51
Eunápolis	CNPMF-L06	Solo	248,56	12,84	51,71	4,39	10,80	14,20	9,43	573,48	5,46	2,12	1,06	12,16	5,44	0,05	220,07	67,35
Média selecionados			265,79	13,06	38,52	4,18	10,53	16,24	9,28	672,39	5,27	2,94	1,54	13,55	5,30	0,07	193,60	56,48
Média geral			258,10	13,03	30,62	4,04	11,32	19,76	10,03	999,78	5,49	2,73	1,38	13,18	5,29	0,08	176,16	53,79
Ganho genético (%)			2,77	0,17	21,17	1,49	-4,24	-17,48	-7,20	-31,76	-3,37	5,96	9,62	2,27	0,16	-7,88	7,62	3,84

AP= altura da planta (cm); DC= diâmetro do caule (cm); NFC= número de frutos comerciais por planta; NFD= número de frutos deformados por planta; NSF= número de nós sem frutos; CF= comprimento de fruto (cm); DF= diâmetro de fruto (cm); PF= peso de fruto (g); DCO= diâmetro da cavidade ovariana (cm); FF= firmeza do fruto (kg); FP= firmeza da polpa (kg); SS= sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix); pH; AT= acidez titulável ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$); RAT= ratio (relação SS/AT); PROD= produtividade (t ha^{-1})

4. DISCUSSÃO

De acordo com as estimativas dos parâmetros genéticos, para algumas características houve interação de genótipos por ambientes significativos como altura da planta, teor de sólidos solúveis, comprimento do fruto e acidez titulável. Luz et al. (2015), avaliando híbridos de mamoeiro em ambientes distintos, observaram interação (G × L) na característica sólidos solúveis totais, como ocorreu neste estudo, podendo inferir que a mesma é altamente influenciada pelo ambiente. A seleção de genótipos considerando essas características deve ser cuidadosa para indicar genótipos para locais específicos. Por outro lado, para as demais características avaliadas a exemplo de produtividade, frutos comerciais e peso de fruto não houve interação significativa G × L indicando a seleção para os dois locais.

Na maioria das características avaliadas a variância genotípica apresentou elevada contribuição da variação observada. Cruz et al. (2014) afirmam que o conhecimento da variância genotípica possui grande importância para os programas de melhoramento genético, pois indica a amplitude de variação genética de um caráter, podendo haver possibilidade de seu melhoramento. As elevadas contribuições da variância genotípica refletiram em elevadas magnitudes de herdabilidade ($h^2 \geq 0,70$) para maioria das características como produtividade, teor de sólidos, firmeza da polpa, firmeza do fruto, peso do fruto e cavidade ovariana. A herdabilidade permite prever o possível sucesso com a seleção, visto que reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada (RAMALHO, 2008). De acordo com Oliveira et al. (2015), as magnitudes de herdabilidade alta indicam que é possível de selecionar genótipos superiores obtendo elevados ganhos com maior confiabilidade.

As características altura da planta e diâmetro do caule apresentaram elevadas magnitudes de repetibilidade ($r=0,81$ e $r=0,70$). Santa Catarina et al. (2020) avaliando uma população base segregante de mamoeiro, obtiveram estimativas de repetibilidade para AP e DC semelhantes às deste estudo, ou seja, valores elevados, porém para característica NFC os autores encontraram valores

intermediários, devido à natureza genética da população, diferindo do presente estudo, que teve apresentou estimativa alta de repetibilidade. Para frutos comerciais também foi obtida alta repetibilidade ($r=0,69$) em estudo realizado em híbridos de mamoeiro (LUZ et al., 2015). As discrepâncias nas magnitudes de repetibilidade observadas nos diferentes estudos podem ser devidas as particularidades de cada população de trabalho e número de avaliações realizadas. De acordo com Cruz et al. (2014) a repetibilidade varia com a natureza da característica, as proporções genéticas da população e as condições ambientais em que os indivíduos são mantidos.

No melhoramento do mamoeiro, assim como no de outras culturas a estimativa do coeficiente de repetibilidade se torna importante, pois é necessário avaliar diversas safras e identificar genótipos superiores para uma determinada característica de importância. A redução do número de medições faz com que haja economia de tempo e mão de obra, além de permitir que a fase de avaliação seja executada com eficiência na obtenção de genótipos superiores (SANTA CATARINA et al., 2020).

A qualidade da avaliação genotípica deve ser inferida referencialmente com base na acurácia e neste estudo. Resende e Duarte (2007), afirmam que a acurácia acima de 90% só é possível para características com alta herdabilidade, corroborando com a maioria das características avaliadas. Os valores de acurácia maiores que 0,70 são suficientes para propiciar uma inferência precisa sobre o valor genético das progênies. Portanto, por ser uma medida associada à precisão na seleção, a acurácia é o principal elemento do progresso genético que pode ser modificado pelo homem, visando maximizar o ganho genético (RESENDE, 2002).

O índice aditivo padronizado foi o mais consistente na seleção dos genótipos avaliados no presente estudo. De acordo com este índice foram selecionados genótipos para os dois locais (CNPMF-H10.60, CNPMF-L47-P8, CNPMF-L54, CNPMF-L78, UC-14, UC-15). Além, de selecionar para Cruz das Almas os genótipos UC-13 e UC-16, e para Eunápolis os genótipos CNPMF-H36.45 e CNPMF-L06. O uso dos índices no melhoramento do mamoeiro tem sido uma estratégia eficiente para seleção de genótipos superiores de mamoeiro

(PINTO et al., 2013; RAMOS et al., 2014; CORTES et al., 2018; CORTES et al., 2019, SANTA CATARINA et al., 2020; SANTA CATARINA et al., 2021).

A maioria dos genótipos selecionados correspondem a representantes do grupo Solo, o que possibilita ao produtor o uso de híbridos e linhagens novos no Brasil. No país as cultivares do grupo solo são variedades compostas por seleções de Improved Sunrise Solo e Golden, o que mostra a relevância deste estudo, pois pode selecionar híbridos do grupo solo com alto potencial de registro como novas cultivares.

5. CONCLUSÕES

Foi observada expressiva variabilidade genética entre os genótipos e constatou efeito significativo da interação genótipos x ambientes para algumas características mostrando a relevância de estudar esses efeitos para o melhoramento e melhor entendimento dos genótipos nas diferentes regiões produtoras. A estimação dos parâmetros genéticos como herdabilidade e repetibilidade foram importantes, pois demonstra uma previsibilidade do possível sucesso da seleção, além de diminuir as avaliações durante o estudo. Foram selecionados para os dois locais os genótipos CNPMF-H10.60, CNPMF-L47-P8, CNPMF-L54, CNPMF-L78, UC-14, UC-15. Além, de selecionar para Cruz das Almas os genótipos UC-13 e UC-16, e para Eunápolis os genótipos CNPMF-H36.45 e CNPMF-L06. A maioria dos genótipos selecionados apresentam características do grupo Solo o que possibilita a recomendação de híbridos Solo para produção comercial diante da escassez desse tipo de cultivar no mercado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, E. M. L. et al. Physicochemical and sensory properties of papaya fruits of elite lines and hybrids. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 121-130, 2020.
- CHÁVEZ-PESQUEIRA, M.; NÚÑEZ-FARFÁN, J. Domestication and genetics of papaya: A review. **Front Ecol Evol**, v 5, p. 1–9, 2017.
- CORTES, D. F. M. et al. Development of superior lines of papaya from the Formosa group using the pedigree method and REML/Blup procedure. **Bragantia**, v. 78, p. 350-360, 2019.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.2, 3ª. ed. Viçosa: UFV, 668p., 2014.
- DANTAS, J.L.L.; LIMA, J.F. Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro: avaliação de linhagens e híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 3, p. 617-621, 2001.
- DANTAS, J. L. L. et al. **Catálogo de germoplasma de mamão (Carica papaya L.)**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 40p., 2000. (Embrapa Mandioca e Fruticultura, Documentos, 94).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 279 p., 1987.
- FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations for a world without hunger. 2022**. Area harvested, yield and production in 2020/ FAOSTAT / FAO Statistics Division. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 02. fev. 2022
- FERREIRA, R. T. et al. Seleção recorrente intrapopulacional em maracujazeiro-azedo via modelos mistos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 1, p. 158-166, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal, 2020**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>> Acesso em: 6 out. 2022.

IBPGR – International Board for Plant Genetic Resources. **Descriptors for Papaya**, Roma, Italy. 1988. 31p.

KASSAMBARA, A. **Machine learning essentials: Practical guide in R**. Sthda, 2018.

LUZ, L. N. DA et al. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 159-171, 2015.

OLIVEIRA, N. S. et al. Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 319-323, 2015.

PINTO, F. de O. et al. Desenvolvimento de genótipos de mamoeiro tolerantes à mancha fisiológica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 1101-1115, 2013.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na Agropecuária**. 4ed. Lavras: UFLA, 2008. 463p.

R Development Core Team (2021), R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.Rproject.org/>.

RESENDE, M. D. V. de. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

RESENDE, M.D.V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 359p., 2007.

RESENDE, M.D.V. de.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.182-194, 2007.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília DF: Embrapa Informação Tecnológica, 975p., 2002.

REZENDE, J. O. **Solos coesos de tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000,117 p. (séries estudos agrícolas).

RIBEIRO, L. P. et al. Levantamento detalhado dos solos, capacidade de uso e classificação de terras para irrigação da Estação de Plasticultura, da Universidade Federal da Bahia/Politeno, em Cruz das Almas (Ba). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 19, p. 105-113, 1995.

SANTA-CATARINA, R. et al. Papaya (*Carica papaya* L.) S₁ family recurrent selection: Opportunities and selection alternatives from the base population. **Scientia Horticulturae**, v. 260, p. 108848, 2020.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D. **Caracterização físico-hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. 56p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

VIANA, A.P.; RESENDE, M.D. V.de. **Genética quantitativa do melhoramento de fruteiras**. Rio de Janeiro: Interciência, 282 p., 2014.

CAPÍTULO 2

Adaptabilidade, estabilidade e recomendação de genótipos de mamoeiro ao recôncavo e extremo sul da Bahia

RESUMO: O mamoeiro é uma das culturas tropicais mais importantes do mundo. Contudo, existem poucos estudos sobre adaptabilidade e estabilidade de genótipos às regiões produtoras do Brasil o que tem limitado a expansão da cultura para novas áreas. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de mamoeiro por diferentes métodos ao Recôncavo da Bahia e extremo Sul da Bahia. Foram avaliados 21 genótipos compostos de híbridos e linhagens em Cruz das Almas-BA e Eunápolis-BA. A análise de adaptabilidade e estabilidade foi realizada para as características número de frutos comerciais (NFC), número de frutos deformados (NFD) e número de nós sem fruto (NNSF), avaliadas aos 9 e 14 meses após o transplante. A análise de adaptabilidade e estabilidade foi realizada considerando as épocas de avaliações realizadas nos dois locais. Portanto, para as características NFC, NFD e NNSF as avaliações foram realizadas em duas épocas e dois locais distintos. Com base nos dados de duas épocas e dois locais deste estudo, análises de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram avaliadas para as características, usando três métodos diferentes: Annicchiarico, Eberhart e Russel e Modelos Mistos. A interação genótipos por ambientes foi altamente significativa para as três características mostrando que essas características são altamente influenciadas pelo ambiente e época do ano. Os genótipos CNPMF-L78, CNPMF-H10.60, CNPMF-H26.60 e CNPMF-H36.45 foram os mais estáveis e com boa produção de frutos comerciais, com alta potencial para recomendação nas regiões onde o estudo foi realizado.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., Híbridos, Linhagens, Grupos heteróticos

Adaptability, stability and recommendation of papaya genotypes to the Recôncavo and extreme south of Bahia

ABSTRACT: Papaya is one of the most important tropical crops in the world. However, there are few studies on adaptability and stability of genotypes to producing regions in Brazil, which has limited the expansion of the culture to new areas. This work aimed to evaluate the adaptability and stability of papaya genotypes by different methods to the Recôncavo da Bahia and the extreme south of Bahia. Twenty-one genotypes composed of hybrids and lines in Cruz das Almas-BA and Eunápolis-BA were evaluated. The adaptability and stability analysis was performed for the characteristics number of commercial fruits (NFC), number of deformed fruits (NFD) and number of fruitless nodes (NNSF), evaluated at 9 and 14 months after transplanting. The adaptability and stability analysis was performed considering the evaluation times carried out in the two locations. Therefore, for the characteristics NFC, NFD and NNSF the evaluations were carried out at two different times and places. Based on data from two seasons and two locations of this study, analyzes of adaptability and stability of genotypes were evaluated for the traits, using three different methods: Annicchiarico, Eberhart and Russell and Mixed Models. The genotype by environment interaction was highly significant for the three traits, showing that these traits are highly influenced by the environment and time of year. The genotypes CNPMF-L78, CNPMF-H10.60, CNPMF-H26.60 and CNPMF-H36.45 were the most stable and had good commercial fruit production, with high potential for recommendation in the regions where the study was carried out.

Keywords: *Carica papaya*, Hybrids, Lineages, Heterotic groups

1. INTRODUÇÃO

O mamão é uma das fruteiras tropicais de maior consumo em todo o mundo e tem ganhado espaço e destaque na produção mundial. De acordo com os dados da FAO, em 2020 a produção mundial foi de 13.894.705 toneladas, sendo que a maior parte foi produzida na Ásia com 56,2% e nas Américas a produção foi de 33% da produção mundial, destacando-se a Índia, República Dominicana e Brasil entre os principais produtores mundiais (FAO, 2022). No Brasil o mamoeiro é cultivado principalmente entre o Sul da Bahia e o Norte do Espírito Santo, com uma produção em 2020 de 368.109 e 438.855 toneladas, respectivamente, correspondendo a 65,3% da produção nacional (IBGE, 2021). Pode-se inferir que parte do sucesso da produção e a procura pela fruta está associada a riqueza nutricional existente. Os frutos são fonte de ferro, licopeno, carotenoides, cálcio e papaína, substância utilizada na indústria alimentícia, além de serem ricos em vitaminas A, B e C (ARAVIND et al., 2013; VYAS; SHAH, 2016).

O aumento da demanda pelo produto faz com que haja necessidades de novas áreas de cultivo e desenvolvimento contínuo de novas cultivares adaptadas às diferentes regiões brasileiras. Entretanto, ao fazer a recomendação de genótipo, variedades ou híbridos superiores para serem cultivados em regiões distintas os critérios mínimos que possibilita inferir sobre o potencial do genótipo no ambiente de cultivo devem ser atendidos (LUZ et al., 2018).

Nos programas de melhoramento antes de sua recomendação final e multiplicação os genótipos são testados em diferentes ambientes. Devido à diferença que na maioria das vezes existe entre os ambientes, há interação genótipo x ambiente (G x A), que prejudica no ganho com a seleção, sendo necessária estimar a magnitude e a natureza dessa interação. Tais estimativas permitem a avaliação do real impacto de seleção assegurando que a recomendação de genótipos para um determinado local seja de alto grau de confiabilidade (ROSADO et al., 2012).

Portanto, mesmo sendo importante, a interação G x A constitui como um dos maiores desafios no melhoramento de plantas, tanto na seleção quanto na recomendação de cultivares, pois os melhoristas procuram por genótipos estáveis e com melhor desempenho em relação a um determinado caráter e geralmente a simples análise de interação G x A não revela informações exatas e completas sobre como cada genótipo se comporta em várias condições ambientais. Sendo assim, é necessária a realização de análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, que irá possibilitar a identificação de genótipos com comportamento previsível, que respondam de forma esperada às variações do ambiente, em condições específicas ou amplas (RAMALHO et al., 2012; CRUZ et al., 2014).

Dessa forma, as metodologias de seleção que utilizam a estabilidade e a adaptabilidade em comparação com aquelas que usam apenas a produção como critério de seleção pode ser considerada superiores (RESENDE, 2007). Vários métodos que podem ser utilizados para estimar tais parâmetros, sendo baseada em análise de variância, modelos mistos, regressão linear e múltipla, além de modelos modernos como AMMI, Bayesiano e redes neurais artificiais (Yates; COCHRAN, 1938; WRICKE, 1965; EBERHART; RUSSEL, 1966; LIN; BINNS, 1988; ANNICCHIARICO, 1992; GAUCH; ZOBEL, 1996; MAGARI; KANG, 1997; TOLER; BURROWS, 1998; ROSSE; VENCOSKY, 2000; RESENDE; DUARTE, 2007; NASCIMENTO et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2013; GGE biplot (FRUTOS et al., 2013)).

Alguns estudos com adaptabilidade e estabilidade são realizados levando em consideração as épocas de avaliações, visto que, dependendo das estações do ano e das condições ambientais a resposta para determinada característica pode ser diferente devido a condição a qual a cultura se encontra. Silva et al. (2011) buscaram identificar em seu trabalho as melhores épocas de semeadura de cultivares de trigo, além da adaptabilidade e estabilidade em duas regiões do Paraná. Resende et al. (2020) e Santos et al. (2021) também utilizaram em seus trabalhos tal metodologia para avaliação e seleção de cultivares de morango e milho, respectivamente, baseado em ambientes e épocas distintas.

Diante do exposto, o estudo teve como objetivos estimar os coeficientes de adaptabilidade e estabilidade para as características número de frutos comerciais, número de frutos deformados e número de nós sem fruto, além de recomendação dos genótipos de mamoeiro, adaptados, estáveis e de boa produção, com potencial para recomendação e registro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material genético

Foram avaliados 21 genótipos, sendo oito linhagens/híbridos fornecidos pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, oito híbridos pela Universidade Estadual do Norte do Fluminense (UENF) em parceria com a Caliman Agrícola S.A., dois pela *East West Seed International* e um pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). As cultivares Golden e Tainung⁰¹ foram utilizadas como testemunhas (Tabela 1).

Tabela 1. Identificação dos 21 genótipos de mamoeiro integrantes do Ensaio Nacional de Mamão, avaliados em Cruz das Almas, BA e em Eunápolis, BA, no ano agrícola 2013/2014. Cruz das Almas, BA, 2022.

GENÓTIPOS	TIPO DE GENÓTIPO	GRUPO HETERÓTIPO	PROCEDÊNCIA ¹
CNPMF-H10.60	Híbrido	Solo	CNPMF
CNPMF-H26.60	Híbrido	Solo	CNPMF
CNPMF-L47-P8	Linhagem	Solo	CNPMF
CNPMF-L06	Linhagem	Solo	CNPMF
CNPMF-L54	Linhagem	Solo	CNPMF
CNPMF-L78	Linhagem	Solo	CNPMF
CNPMF-H36.45	Híbrido	Formosa	CNPMF
CNPMF L10	Linhagem	Formosa	CNPMF
EW-2747	Híbrido	Formosa	<i>EAST WEST SEED INTERNATIONAL</i>
EW-SINJA	Híbrido	Formosa	<i>EAST WEST SEED INTERNATIONAL</i>
RUBI INCAPER 511	Híbrido	Formosa	INCAPER
UC-03	Híbrido	Formosa	UENF / CALIMAN
UC-10	Híbrido	Formosa	UENF / CALIMAN
UC-11	Híbrido	Formosa	UENF / CALIMAN
UC-12	Híbrido	Formosa	UENF / CALIMAN
UC-13	Híbrido	Solo	UENF / CALIMAN
UC-14	Híbrido	Solo	UENF / CALIMAN
UC-15	Híbrido	Solo	UENF / CALIMAN
UC-16	Híbrido	Solo	UENF / CALIMAN
TAINUNG n ^o 1 (Tes.)	Híbrido	Formosa	TAIWAN
GOLDEN (Tes.)	Variedade	Solo	CALIMAN

¹CNPMF: Centro Nacional de pesquisa em mandioca e fruticultura; UENF: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; INCAPER: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.

2.2 Local de condução do experimento

Os experimentos foram instalados no ano agrícola 2013/2014, sendo um na sede da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia e outro em propriedade privada, em Eunápolis, também na Bahia, utilizando delineamento experimental em blocos completos casualizados com cinco repetições, contendo oito plantas por parcela, com 21 genótipos, totalizando 840 plantas por ensaio.

O município de Cruz das Almas está localizado na região do Recôncavo da Bahia, situado à 12° 40' S latitude e 39° 06' W longitude de Greenwich, altitude média de 220 m. O clima da região segundo a classificação Koppen é do tipo tropical quente e úmido, com estação chuvosa e seca (Aw), com pluviosidade média anual de 1.200 mm. Possui temperatura média anual de 24°C e umidade relativa do ar de 80% (SOUZA; SOUZA, 2001). O solo é classificado como Latossolo Amarelo álico coeso, de textura argilosa e com declividade de 0% a 3% (RIBEIRO et al., 1995; RESENDE, 2000).

Eunápolis é um município da Bahia, localizado no extremo sul do Estado, às margens da BR-101. Está situado a 16° 22' S de latitude e 39° 34' W de longitude. O clima apresentado é do tipo tropical úmido (Af), segundo a classificação de Koppen, ou seja, chuvoso, quente e úmido, com temperatura média de 23°C, e precipitação pluviométrica média anual de 1.256 mm. O solo é classificado como Argissolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), com relevo plano e altitude de 187 m.

As sementes foram semeadas em sacos de polietileno, com substrato comercial Plantmax®. Utilizou-se três sementes por saco para garantir a germinação. No caso de germinação das três sementes foi realizado o desbaste, eliminando-se as duas mudas excedentes.

As mudas foram levadas para o campo com aproximadamente 15 cm de altura, sendo plantadas quatro mudas por cova para os híbridos e três mudas por cova para as linhagens e variedades, visando garantir a presença de pelo menos uma planta hermafrodita por cova. O espaçamento utilizado foi de 3,60 m entre linhas e 1,60 m entre plantas. As práticas culturais e os tratos fitossanitários foram realizados conforme recomendações para a cultura (MARTINS; COSTA, 2003).

A sexagem nos experimentos foi realizada aos três meses após o plantio, eliminando as plantas femininas e mantendo as plantas hermafroditas para avaliação das características agronômicas.

2.3 Avaliação de características agronômica

As avaliações dos genótipos foram efetuadas segundo a “Caderneta de Campo para Ensaio Nacional com Mamão”, baseada no Manual de Descritores para Mamão [Catálogo de Germoplasma de Mamão (*Carica papaya* L.)], ajustado pela Embrapa Mandioca e Fruticultura a partir dos descritores estabelecidos pelo *International Board for Plant Genetic Resources* (IBPGR, 1988), atualmente *Bioversity International*, com alterações recomendadas por Dantas et al. (2000).

2.3.1 Avaliação das características morfoagronômicas

Foram avaliadas as seguintes características morfoagronômicas:

- a) Número de frutos comerciais por planta (NFC): avaliado ao 9 e 14 meses após o transplântio (MAT), por meio da contagem de frutos com padrão comercial presentes em cada planta;
- b) Número de frutos deformados por planta (NFD): avaliado aos 9 e 14 (MAT), por meio da contagem de frutos carpeloides, pentândricos e bananiformes presentes em cada planta;
- c) Número de nós sem frutos (NNSF): avaliado aos 9 e 14 (MAT), na região denominada usualmente por “pescoço”, mediante contagem do número de nós que não produziram frutos;

2.4 Análises estatísticas

A análise de interação Genótipos × Ambientes foi realizada considerando as épocas de avaliações realizadas em dois locais (Cruz das Almas-BA e Eunápolis-BA). Portanto, para as características NFC, NFD e NNSF as avaliações foram realizadas em duas épocas (totalizando quatro épocas).

Com base nos dados de quatro épocas deste estudo (duas épocas em cada ambiente), análises de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram avaliadas para as características, usando três métodos diferentes: Eberhart e Russel (1966), Annicchiarico (1992) e Modelos Mistos (RESENDE, 2007; GONÇALVES; FRITSCHÉ-NETO, 2012; CRUZ et al., 2013).

Na metodologia proposta por Annicchiarico (1992) a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente, de acordo com a expressão a seguir:

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij}}{Y_{.j}} \times 100$$

O método adota um Índice de Confiança (*reliability index*) de um determinado genótipo mostrar comportamento relativamente superior, estimado da seguinte forma:

$$W_i = \frac{Z_{i.}}{e} - \alpha \times sd(Z_{i.})$$

Os genótipos que apresentarem simultaneamente menor desvio e maior média percentual possuirão maiores valores de índice. Sendo assim, considera-se que (W_i) expressa a estabilidade e, também, a adaptabilidade genotípica (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

O método Eberhart e Russel (1966) baseia-se a análise de adaptabilidade e estabilidade realizada por meio de ajustes de equação de regressão onde a variável dependente é predita em função de um índice ambiental, conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} é a média da cultivar i no ambiente j ; β_{0i} média geral do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, I$); β_{1i} corresponde ao coeficiente de regressão linear, cuja a estimativa representa a resposta do genótipo i ao índice ambiental; I_j é o índice ambiental ($j = 1, 2, \dots, e$), onde $I_j = \left[\left(\frac{Y_{.j}}{g} \right) - \left(\frac{Y_{..}}{ge} \right) \right]$; δ_{ij} equivale aos desvios da regressão e ε_{ij} corresponde ao erro experimental médio. Segundo esse modelo, a adaptabilidade de um genótipo é estimada pelo seu coeficiente de regressão (β_i) em relação ao índice ambiental (I_j) em cada ambiente, e a estabilidade é estimada pela variância dos desvios de regressão (δ_{ij}). Sendo assim, genótipos com $\beta_i=1$ são considerados adaptados; e genótipos com desvio de regressão δ_{ij} e não significativamente diferente de zero pelo teste de Tukey são considerados estáveis.

Na metodologia de modelos mistos utilizou-se três índices baseados em BLUP para selecionar genótipos com desempenho e estabilidade. A primeira foi à média harmônica dos valores genéticos (HMGV), um índice de estabilidade, o qual considera o genótipo com a maior média harmônica entre os ambientes como o mais estável, como segue:

$$HMGV = \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{Vg_{ij}}}$$

Onde n representa o número de ambientes ou épocas ($n=4$ épocas), i é o genótipo avaliado, e Vg_{ij} é o valor genotípico i no ambiente j .

A adaptabilidade foi estimada pelos valores de PRVG (performance relativa dos valores genotípicos), conforme a expressão:

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

Em que M_j a média da variável analisada, no ambiente j .

A seleção dos melhores genótipos será realizada pelo parâmetro MHPRVG (média harmônica dos valores genéticos preditos) conforme a expressão:

$$HMRPGV = \frac{\frac{n}{\sum_{j=1}^n \times 1}}{Vgij}$$

Em que n representa o número de ambientes ou épocas (n=4), e Vgij é o valor do genótipo i no ambiente j expresso como uma proporção nesse ambiente.

As médias dos genótipos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e todas as análises foram realizadas utilizando-se o software R (R CORE TEAM, 2021).

3. Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância apresentados na Tabela 2, observou-se que houve efeito altamente significativo da interação genótipos por ambientes (G × A) para as três características avaliadas. Em estudos realizados em genótipos de mamoeiro Luz et al. (2018) e Oliveira et al. (2014) também corroboram interação significativa G × A para frutos comerciais (NFC). As interações significativas para as características avaliadas mostram que a produção de frutos é altamente influenciada pelos ambientes e estações do ano (LUZ et al., 2018). No mamoeiro o florescimento é altamente influenciado pelo ambiente. As flores hermafroditas que produzem frutos com padrão comercial podem sofrer anomalias como pentandria, carpeloidia, esterilidade de verão (DAMASCENO JR. et al., 2008). Os frutos deformados (NFD) avaliados no presente estudo provêm de frutos carpelóides e pentândricos, enquanto que o número de nós sem fruto (NNSF) avalia a esterilidade de verão.

Os coeficientes de variação foram elevados para as características NFD e NNSF e moderado para NFC. Esses valores podem ser aceitáveis por se tratar de características com alta influência ambiental e avaliadas em duas épocas e dois locais.

Tabela 2. Análise de variância para as características número de frutos comerciais (NFC), número de frutos deformados (NFD) e número de nós sem fruto (NNSF), obtidos na avaliação de 21 genótipos de mamoeiro plantados em Cruz das Almas e Eunápolis/ Bahia. Cruz das Almas, BA, 2022.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios		
		NFC	NFD	NNSF
Genótipo (G)	20	2815,80***	28,42***	169,22***
Ambiente (A)	3	11853,90***	173,96***	2911,09***
GxA	60	323,80***	9,69***	46,23***
Repetição/A	16	141,70**	7,82**	59,39***
Resíduo	320	77,10	3,80	17,04
Média		30,62	4,04	11,32
CV (%)		23,45	42,21	36,47

*** e ** significativos a 0,1% e 1% pelo teste F, respectivamente.

As médias das características estão apresentadas na Tabela 3. As médias do NFC foram classificadas em grupos e para NFC pode-se observar que os genótipos CNPMF-H10.60, CNPMF-L06 e o CNPMF-L78 foi superior a todos os outros para essa característica (46,20, 45,70 e 48,70, respectivamente), o segundo grupo foi formado por CNPMF-H26.60, GOLDEN e UC-14 que apresentaram médias semelhantes aos do primeiro grupo, entretanto em comparação com o trabalho de Luz et al. (2018) pode-se observar que neste estudo o híbrido UC-14 não apresentou o melhor resultado como no trabalho citado, podendo inferir que as médias podem variar de acordo com o local, época de avaliação e do experimento, visto que de acordo com Luz et al. (2018) tais médias representa o período de avaliação. Os híbridos EW-2747, EW-SINJA, UC-10 e UC-11, apresentaram as menores médias variando de 9,47 a 16,40, assim como no trabalho citado acima que também avaliou o híbrido UC-10 e o mesmo apresentou média inferior aos demais genótipos do estudo.

Para NFD as médias foram classificadas em três grupos. No grupo de médias superiores, formado por 14 genótipos, a variação foi de 1,81 (EW-2747) a 4,26 (TAINUNG nº1). O grupo mediano formou-se por seis genótipos, com médias

variando de 4,52 a 5,51. O grupo apresentando médias inferiores foi composto apenas por um genótipo, o CNPMF-L54 (7,49). Na característica NNSF formaram-se cinco grupos, sendo que seis genótipos (CNPMF-H10.60, CNPMF-H26.60, CNPMF-H36.45, CNPMF-L06, CNPMF-L54 e CNPMF-L78) estão no grupo de médias superiores que variou de 6,90 a 8,52. O grupo representado pela letra “c” formado por oito genótipos (CNPMF-L47-P8, RUBI-INCAPER-511, UC-03, UC-10, UC-12, UC-13, UC-14 E UC-16) apresentou médias variando de 10,96 a 13,34. o grupo com média inferior foi composto apenas pelo genótipo EW-SINJA com média de 17,34. Tanto para a característica NFD quanto para NNSF são considerados genótipos superiores aqueles que apresentaram os menores valores de média, visto que ambas não são características desejáveis para a cultura do mamoeiro.

Tabela 3. Médias das características número de frutos comerciais (NFC), número de frutos deformados (NFD) e número de nós sem fruto (NNSF), obtidos na avaliação de 21 genótipos de mamoeiro plantados em Cruz das Almas e Eunápolis/ Bahia. Cruz das Almas, BA, 2022.

Genótipo	NFC	NFD	NNSF
CNPMF-H10.60	46,20 a	3,85 a	8,52 a
CNPMF-H26.60	40,80 b	4,14 a	7,61 a
CNPMF-H36.45	38,00 c	5,51 b	8,04 a
CNPMF-L06	45,70 a	3,54 a	6,90 a
CNPMF-L10	24,00 e	5,09 b	13,69 d
CNPMF-L47-P8	30,10 d	3,28 a	13,06 c
CNPMF-L54	41,20 b	7,49 c	6,91 a
CNPMF-L78	48,70 a	3,10 a	7,94 a
EW-2747	9,37 g	1,81 a	15,39 d
EW-SINJA	10,50 g	4,98 b	17,34 e
GOLDEN	40,90 b	3,46 a	9,75 b
RUBI-INCAPER-511	24,80 e	4,52 b	12,16 c
TAINUNG-01	25,70 e	4,26 a	14,18 d
UC-03	20,60 e	5,01 b	13,34 c
UC-10	16,40 f	3,02 a	12,59 c
UC-11	16,90 f	2,95 a	13,95 d
UC-12	23,20 e	3,82 a	11,68 c
UC-13	33,10 d	3,90 a	10,96 c
UC-14	41,50 b	3,10 a	11,55 c
UC-15	33,40 d	4,71 b	10,53 b
UC-16	31,90 d	3,38 a	11,55 c

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Os resultados das análises de adaptabilidade e estabilidade, obtidas por meio do método proposto por Annicchiarico (1992), estão apresentados na Tabela 4, para as características Número de frutos comerciais (NFC), Número de frutos deformados (NFD) e Número de nós sem frutos (NNSF). De acordo com esse método, o índice de confiança (W_i) demonstra o desempenho do genótipo em relação à média do ambiente, sendo que os genótipos que apresentarem simultaneamente menor desvio e maior média percentual possuirão maiores valores de índice que expressam a adaptabilidade e a estabilidade. Neste trabalho para característica NFC a linhagem CNPMF-L78 destacou-se por apresentar maior valor do índice de confiança sendo o primeiro do rank, seguido dos híbridos CNPMF-H10.60, CNPMF-H26.60 e CNPMF-H36.45, demonstrando assim serem promissoras quanto a adaptabilidade e estabilidade da produção.

Para a característica NFD o ideal é que as plantas possuam poucos frutos ou nenhum nessa condição, sendo assim, de acordo com os resultados os genótipos EW-2747, UC-11 e CNPMF-L78 apresentaram as menores médias, conseqüentemente os últimos colocados no rank, com menores valores de W_i , visto que o método de Annicchiarico (1992) baseia-se na superioridade do genótipo e maior índice de recomendação (W_i) (CRUZ et al, 2004), em uma característica que não é favorável para o melhorista a avaliação se dá considerando os genótipos que apresentaram os menores valores para tal característica, ou seja, neste trabalho os genótipos citados acima foram os considerados adaptados e estáveis de acordo com a tabela 4. Esse mesmo argumento é considerado para a característica NNSF, sendo que os genótipos CNPMF-H10.60, CNPMF-H26.60, CNPMF-L54 e CNPMF-L06 apresentaram os menores valores de W_i e menores médias, sendo considerados com adaptabilidade e estabilidade para os ambientes testados.

Tabela 4. Estimativas de adaptabilidade e estabilidade em 21 genótipos de mamoeiro plantados em Cruz das Almas e Eunápolis/ Bahia pelo método Annicchiarico (1992) analisados em quatro épocas diferentes. NFC: Número de frutos comerciais, NFD: Número de frutos deformados e NNSF: Número de nós sem frutos. Cruz das Almas, BA, 2022.

Genótipo	NFC			NFD			NNSF		
	Média	Wi	rank	Média	Wi	rank	Média	Wi	rank
CNPMF-H10.60	46.20	107.00	2	3.85	85.60	8	8.52	51.50	20
CNPMF-H26.60	40.80	92.40	3	4.14	86.30	6	7.61	51.00	21
CNPMF-H36.45	38.00	88.20	4	5.51	125.00	2	8.04	69.50	15
CNPMF-L06	45.70	54.60	9	3.54	79.00	12	6.90	54.20	18
CNPMF-L10	24.00	6.03	20	5.08	98.00	4	13.70	102.00	7
CNPMF-L47-P8	30.10	53.40	10	3.28	67.80	17	13.10	87.40	11
CNPMF-L54	41.20	52.90	11	7.49	137.00	1	6.91	53.90	19
CNPMF-L78	48.70	118.00	1	3.10	57.70	19	7.94	68.40	16
EW-2747	9.37	13.20	18	1.80	36.00	21	15.40	115.00	3
EW-SINJA	10.50	9.75	19	4.98	79.80	11	17.30	140.00	1
GOLDEN	40.90	-32.30	21	3.46	69.70	16	9.75	61.30	17
RUBI-INCAPER-511	24.80	42.00	14	4.52	80.50	10	12.20	86.70	13
TAINUNG-01	25.70	68.60	8	4.26	85.80	7	14.20	102.00	6
UC-03	20.60	36.00	15	5.01	100.00	3	13.30	108.00	5
UC-10	16.40	23.10	16	3.02	58.50	18	12.60	108.00	4
UC-11	16.90	22.50	17	2.95	55.30	20	14.00	117.00	2
UC-12	23.20	50.70	12	3.82	70.30	15	11.70	87.40	12
UC-13	33.10	76.00	7	3.90	84.30	9	11.00	94.40	9
UC-14	41.50	78.00	5	3.10	71.20	14	11.50	94.00	10
UC-15	33.40	45.60	13	4.71	94.40	5	10.50	80.70	14
UC-16	31.90	76.30	6	3.38	75.30	13	11.60	96.10	8

Wi: Índice de confiança genotípico

Portanto estando as características NFC, NFD e NNSF relacionadas a produtividade, o interessante é que a média de NFC seja superior à das demais, pois quanto maior o NFC maior será a produtividade que é algo importante na recomendação de uma cultivar.

De acordo com os resultados para o método Annicchiarico (1992), a linhagem CNPMF-L78 foi superior às demais e as testemunhas em duas características (NFC e NFD). Os híbridos CNPMF-H10.60 e CNPMF-H26.60 também apresentaram-se superiores em duas características (NFC e NNSF). Para as características que não obtiveram superioridade, os índices foram medianos, o que não implicaria na recomendação dos genótipos quanto adaptados e estáveis para os locais de estudo de acordo com a metodologia.

Os resultados obtidos pelo método Eberhart e Russell (1966), apresentados na Tabela 5, para a característica NFC demonstra que dos 21 genótipos avaliados apenas seis apresentaram ampla adaptabilidade, sendo CNPMF-H26.60, CNPMF-L47-P8, RUBI-INCAPER-511, UC-13, UC-14 e UC-16, significando que tiveram ampla adaptabilidade a todas as épocas de colheita em ambos locais. Os genótipos CNPMF-H10.60, CNPMF-H36.45, CNPMF-L06, CNPMF-L54, CNPMF-L78 e a testemunha Golden, apresentaram coeficiente de regressão superior a 1,0 ($\beta_1 > 1$), podendo inferir que tais genótipos são adaptados a ambientes favoráveis. Os demais genótipos apresentaram coeficiente de regressão inferior a 1,0 ($\beta_1 < 1$), refletindo desempenho relativamente melhor em ambientes desfavoráveis. Para previsibilidade do comportamento, apenas dois dos genótipos que apresentaram ampla adaptabilidade se mantiveram estáveis, sendo estes o CNPMF-H26.60 e o UC-13. Os genótipos EW-2747, TAINUNG 01 e UC-10 também se apresentaram estáveis, porém ambos foram adaptados a condições de ambientes desfavoráveis.

Na característica NFD 11 genótipos (CNPMF-H10.60, CNPMF-H26.60, CNPMF-H36.45, CNPMF-L06, CNPMF-L47-P8, CNPMF-L78, GOLDEN, UC-10, UC-11, UC-13 e UC-16) apresentaram ampla adaptabilidade. As linhagens CNPMF-L10, CNPMF-L54 e os híbridos EW-SINJA, RUBI INCAPER 511, UC-03 apresentaram adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$), já os com

adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis ($\beta_1 < 1$), foram EW-2747, TAINUNG nº1, UC-12, UC-14 e UC-15. Em relação à estabilidade, os genótipos CNPMF-H10.60, CNPMF-L06, EW-2747, UC-03, UC-14 e UC-16 foram estáveis nos períodos de avaliação (Tabela 5).

Para a característica NNSF 10 genótipos apresentaram ampla adaptabilidade, a saber: CNPMF-H26.60, CNPMF-L10, GOLDEN, UC-03, UC-10, UC-11, UC-13, UC-14, UC-15 e UC-16. Em relação à adaptabilidade para ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$) a linhagem CNPMF-L47-P8 e os híbridos EW-2747, EW-SINJA, RUBI INCAPER 511, TAINUNG nº1 indicaram responsividade para determinado ambiente. Os genótipos CNPMF-H10.60, CNPMF-H36.45, CNPMF-L06, CNPMF-L54, CNPMF-L78 e UC-12 foram adaptados para ambientes desfavoráveis ($\beta_1 < 1$). De acordo com a Tabela 5, a variedade GOLDEN, os híbridos UC-10, UC-13, UC-14 e UC-16 foram os que apresentaram além de uma ampla adaptação também foram considerados estáveis. Porém outros genótipos apresentaram previsibilidade do comportamento estável mesmo não apresentando adaptabilidade geral, a saber: CNPMF-H36.45, CNPMF-L06 e CNPMF-L78.

Para esta metodologia de Eberhart e Russell (1966), o genótipo ideal será aquele que apresentar a produtividade média superior a média geral, que para esse trabalho será considerada a característica NFC e médias inferior à média geral para as características NFD e NNSF, coeficiente de regressão igual a unidade e com pequeno desvio da regressão ($\beta_1 = 1$), com comportamento previsível ($\delta_{ij} = 0$) e com comportamento satisfatório em função do ambiente ($R^2 > 80\%$). Sendo assim, o híbrido UC-13 apresentou adaptabilidade e estabilidade em quase todas as características, com exceção quanto à estabilidade em NFD, no qual o mesmo não foi estável, outros genótipos como o CNPMF-H26.60, CNPMF-L78, GOLDEN, UC-14 e UC-16 apresentaram adaptabilidade, estabilidade, médias superiores à média geral e R^2 em mais de uma das características avaliadas no estudo.

Tabela 5. Estimativas de adaptabilidade e estabilidade em 21 genótipos de mamoeiro plantados em Cruz das Almas e Eunápolis/Bahia pelo método Eberhart and Russell (1966) analisados em quatro épocas diferentes. NFC: Número de frutos comerciais, NFD: Número de frutos deformados e NNSF: Número de nós sem frutos. Cruz das Almas, BA, 2022.

Genótipo	NFC				NFD				NNSF			
	Média	β_1	δ_{ij}	R ²	Média	β_1	δ_{ij}	R ²	Média	β_1	δ_{ij}	R ²
CNPMF-H10.60	46,20	1,55**	36,30**	0,91	3,85	0,58	0,01	0,68	8,52	0,66*	9,32**	0,62
CNPMF-H26.60	40,80	0,86	-2,77	0,98	4,14	0,64	0,66**	0,50	7,61	0,73	1,06*	0,89
CNPMF-H36.45	38,00	1,54**	10,40**	0,96	5,51	0,63	0,18*	0,64	8,04	0,70*	-1,62	1,00
CNPMF-L06	45,70	1,44**	225,00**	0,61	3,54	0,79	-0,01	0,80	6,90	0,21**	-0,76	0,67
CNPMF-L10	24,00	0,68**	102,00**	0,42	5,08	2,18**	1,53**	0,86	13,70	1,26	11,90**	0,83
CNPMF-L47-P8	30,10	0,88	30,50**	0,79	3,28	0,53	0,47**	0,45	13,10	1,70**	14,40**	0,88
CNPMF-L54	41,20	1,30*	119,00**	0,70	7,49	2,19**	8,02**	0,59	6,91	0,31**	2,60**	0,49
CNPMF-L78	48,70	1,70**	33,70**	0,93	3,10	1,05	1,18**	0,64	7,94	0,61**	-1,47	0,99
EW-2747	9,37	0,48**	-4,90	0,99	1,80	0,25**	-0,04	0,32	15,40	1,50**	16,30**	0,84
EW-SINJA	10,50	0,37**	3,77*	0,72	4,98	2,21**	4,04**	0,73	17,30	1,75**	0,54*	0,98
GOLDEN	40,90	2,12**	365,00**	0,67	3,46	1,22	0,05	0,90	9,75	1,14	-0,12	0,97
RUBI-INCAPER-511	24,80	1,19	12,10**	0,93	4,52	2,22**	1,59**	0,86	12,20	1,45**	2,45**	0,96
TAINUNG-01	25,70	0,63**	-3,61	0,98	4,26	0,14**	0,70**	0,04	14,20	1,71**	3,85**	0,96
UC-03	20,60	0,54**	22,20**	0,64	5,01	1,96**	0,08	0,95	13,30	0,79	8,62**	0,71
UC-10	16,40	0,67**	0,87	0,93	3,02	0,75	0,80**	0,54	12,60	0,96	-1,43	0,99
UC-11	16,90	0,52**	18,70**	0,65	2,95	0,75	0,96**	0,51	14,00	0,91	2,14**	0,90
UC-12	23,20	0,62**	13,10**	0,78	3,82	0,30**	3,26**	0,06	11,70	0,63**	10,10**	0,58
UC-13	33,10	0,81	-2,61	0,98	3,90	0,95	0,13*	0,81	11,00	0,90	-1,38	0,99
UC-14	41,50	1,23	54,00**	0,81	3,10	0,34*	-0,38	1,00	11,50	1,12	-0,69	0,98
UC-15	33,40	0,68**	22,40**	0,74	4,71	0,37*	1,55**	0,15	10,50	0,84	5,35**	0,81
UC-16	31,90	1,20	10,50**	0,94	3,38	0,95	-0,05	0,87	11,60	1,14	-1,49	1,00

β_1 * e ** difere de um, a 5 e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente. δ_{ij} * e ** difere de zero, a 5 e 1% de probabilidade pelo teste respectivamente

A Tabela 6 apresenta os resultados para adaptabilidade e estabilidade de acordo com a média harmônica dos valores genéticos (HMGV), o desempenho relativo dos valores genotípicos (PRVG), a medição de estabilidade e a combinação com a média harmônica do desempenho relacionado aos valores genéticos (HMRPGV). Para NFC, os genótipos CNPMF-H10.60, CNPMF-L06 e CNPMF-L78, apresentaram maiores índices de estabilidade (HMGV), adaptabilidade (PRVG) e também são os melhores segundo a HMRPGV a qual seleciona, simultaneamente, genótipos com alto número de frutos comerciais, ampla adaptabilidade e estabilidade.

Na característica NFD o interessante é selecionar genótipos que apresentem os menores índices, visto que essa é uma característica que não é desejada, pois influencia diretamente na produção. Portanto tem-se o CNPMF-H10.60, CNPMF-L06, CNPMF-L47-P8, CNPMF-L78, EW-2747, GOLDEN, UC-03, UC-10, UC-11, UC-12, UC-13, UC-14 e UC-16 com menores índices de estabilidade (HMGV), adaptabilidade (PRGV) e HMRPGV que seleciona simultaneamente ampla adaptabilidade e estabilidade.

Para característica NNSF também segue a análise feita para NFD, ou seja, selecionar aqueles que obtiveram índices menores, pois indicam que são adaptáveis e estáveis nos locais que foram testados, sendo assim, os genótipos CNPMF-H10.60, CNPMF-H26.60, CNPMF-H36.45, CNPMF-L06, CNPMF-L54 e CNPMF-L78, apresentaram melhores estimativas de adaptabilidade (PRGV), estabilidade (HMGV) e HMRPGV.

No geral para esse método os híbridos CNPMF-H10.60 e CNPMF-L06, além da linhagem CNPMF-L78 que foram selecionados com adaptabilidade e estabilidade na característica NFC, também se apresenta adaptados e estáveis quanto a NFD e NNSF. Outros genótipos apenas apresentaram adaptabilidade e estabilidade em duas características do estudo, sendo NFD e NNSF que são importantes, porém na característica NFC que do ponto de vista comercial é bem importante não apresentou resultados satisfatórios de adaptabilidade e estabilidade nos locais de estudo.

Tabela 6. Estimativas de adaptabilidade e estabilidade em 21 genótipos de mamoeiro plantados em Cruz das Almas e Eunápolis/ Bahia pelos índices baseados em BLUPs, analisados em quatro épocas diferentes. NFC: Número de frutos comerciais, NFD: Número de frutos deformados e NNSF: Número de nós sem frutos. Cruz das Almas, BA, 2022.

Genótipo	NFC				NFD				NNSF			
	Média	HMGV	RPGV	HMRPGV	Média	HMGV	RPGV	HMRPGV	Média	HMGV	RPGV	HMRPGV
CNPMF-H10.60	46.20	41.10	1.50	1.49	3.85	3.68	0.97	0.96	8.52	5.85	0.75	0.69
CNPMF-H26.60	40.80	38.90	1.37	1.35	4.14	3.89	1.03	1.02	7.61	5.23	0.67	0.63
CNPMF-H36.45	38.00	32.90	1.22	1.21	5.51	5.15	1.35	1.33	8.04	6.60	0.73	0.72
CNPMF-L06	45.70	40.20	1.50	1.43	3.54	3.39	0.90	0.89	6.90	6.46	0.67	0.67
CNPMF-L10	24.00	18.10	0.77	0.70	5.08	4.39	1.20	1.17	13.70	10.90	1.18	1.17
CNPMF-L47-P8	30.10	27.80	1.00	0.98	3.28	3.20	0.85	0.83	13.10	9.97	1.10	1.08
CNPMF-L54	41.20	37.80	1.37	1.32	7.49	6.23	1.74	1.66	6.91	5.92	0.65	0.64
CNPMF-L78	48.70	43.50	1.58	1.57	3.10	2.85	0.79	0.76	7.94	6.64	0.72	0.72
EW-2747	9.37	6.46	0.29	0.26	1.80	1.93	0.52	0.51	15.40	12.90	1.35	1.32
EW-SINJA	10.50	7.20	0.34	0.29	4.98	4.02	1.17	1.08	17.30	14.10	1.49	1.48
GOLDEN	40.90	27.20	1.25	1.08	3.46	3.12	0.86	0.84	9.75	6.59	0.82	0.78
RUBI-INCAPER-511	24.80	20.40	0.78	0.77	4.52	3.84	1.06	1.03	12.20	9.34	1.03	1.02
TAINUNG-01	25.70	24.00	0.86	0.85	4.26	4.13	1.09	1.05	14.20	10.90	1.20	1.19
UC-03	20.60	18.00	0.68	0.66	5.01	4.32	1.18	1.16	13.30	11.60	1.21	1.19
UC-10	16.40	12.40	0.52	0.49	3.02	2.81	0.77	0.76	12.60	10.80	1.13	1.12
UC-11	16.90	13.80	0.55	0.53	2.95	2.73	0.76	0.73	14.00	12.00	1.25	1.24
UC-12	23.20	20.70	0.76	0.76	3.82	3.55	0.97	0.93	11.70	10.10	1.07	1.04
UC-13	33.10	31.40	1.11	1.10	3.90	3.60	0.97	0.96	11.00	9.24	0.98	0.98
UC-14	41.50	38.40	1.38	1.35	3.10	3.11	0.81	0.81	11.50	9.27	1.01	1.01
UC-15	33.40	32.00	1.14	1.10	4.71	4.44	1.18	1.14	10.50	9.19	0.96	0.94
UC-16	31.90	28.00	1.03	1.02	3.38	3.21	0.85	0.85	11.60	9.30	1.01	1.01

HMGV: média harmônica dos valores genéticos; RPGV: performance relativa dos valores genotípicos; HMRPGV: média harmônica dos valores genéticos preditos.

De modo geral pode-se observar de acordo com os resultados que os métodos utilizados corroboram em relação a superioridades dos materiais, destacando-se os genótipos CNPMF-H10.60, CNPMF-L78, CNPMF-H36.45 nos métodos Annicchiarico (1992) e Modelos Mistos nas três características avaliadas, além do CNPMF-H26.60 no método de Eberhart e Russell (1966) na característica NFC.

Estudos para adaptabilidade e estabilidade na cultura do mamoeiro são escassos na literatura, entretanto Luz *et al.* (2018) e Oliveira *et al.* (2014) também utilizaram metodologias para avaliação de genótipos de mamão quanto ao comportamento produtivo em diferentes ambientes. Assim como neste estudo, os autores utilizaram dois ambientes diferentes sendo que em um dos estudos foram recomendados genótipos de acordo com os resultados dos métodos, demonstrando a importância de estudar adaptabilidade e estabilidade. Em relação aos métodos utilizados no presente estudo, foi possível observar que Luz *et al.* (2018) também utilizaram de dois desses (Eberhart e Russell (1966) e Modelos Mistos), os quais apresentaram divergência quanto à concordância exata dos resultados, pois entende-se que cada método tem sua especificidade. Entretanto, a escolha de quais e quantos métodos utilizar é do melhorista e também do detalhe da informação requerida, tendo em vista que as informações de cada método são complementares.

4. CONCLUSÕES

A interação G x A foi significativa para o conjunto das características avaliadas demonstrando que as mesmas são facilmente influenciadas pelo ambiente e pela época de avaliação.

Por diferentes métodos constatou-se que os genótipos CNPMF-H10.60, CNPMF-L78, CNPMF-H36.45, CNPMF-H26.60 são os mais adaptados, estáveis e com boa frutificação, com potencial de recomendação e registro para as regiões na qual o estudo foi realizado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAVIND, G. et al. Tradicional and medicinal uses of *Carica papaya*. **Journal of Medicinal Plants Studies**, v. 1, n. 1, p. 7-15, 2013.
- CRUZ, C. D. GENES: software para análise de dados em estatística experimental e em genética quantitativa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C.D., CARNEIRO, P.C.S., REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.2, 3ª. ed. Viçosa: UFV, 668p., 2014.
- DANTAS, J. L. L. *et al.* **Catálogo de germoplasma de mamão (*Carica papaya* L.)**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 40p., 2000. (Embrapa Mandioca e Fruticultura, Documentos, 94).
- EBERHART, S.A; RUSSEL, W.A. Parâmetros de estabilidade para comparar variedades. **Crop Sci.** v.6, p.36-40, 1966.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations for a world without hunger. 2022**. Area harvested, yield and production in 2020/ FAOSTAT / FAO Statistics Division. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 02. fev. 2022.
- FRUTOS, E.; GALINDO, M. P.; LEIVA, V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 28, n. 7, p. 1629-1641, 2013.
- GONÇALVES, M. C.; FRITSCHÉ-NETO, R. Tópicos especiais em biometria no melhoramento de plantas. **Editores Suprema, Visconde do Rio Branco**, p. 282, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal, 2020**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>> Acesso em: 6 out. 2022.
- IBPGR – International Board for Plant Genetic Resources. **Descriptors for Papaya**, Roma, Italy, 1988. 31p.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988.

LUZ, L.N. et al. Adaptability and stability of papaya hybrids affected by production seasonality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, n. 4, p. 357-364, 2018.

MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. **A cultura do mamão: tecnologia e produção**. Vitória-ES: Incaper, p.59-102, 2003.

OLIVEIRA, E. J. D. et al. Desempenho produtivo e interação genótipo x ambiente em híbridos e linhagens de mamoeiro. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 402-410.

RAMALHO, M.A.P. et al. **Aplicações da Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas**. Lavras MG: UFLA, 522p., 2012.

RESENDE, M.D.V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 359p., 2007.

REZENDE, J. O. **Solos coesos de tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000,117 p. (séries estudos agrícolas).

RIBEIRO, L. P. et al. Levantamento detalhado dos solos, capacidade de uso e classificação de terras para irrigação da Estação de Plasticultura, da Universidade Federal da Bahia/Politeno, em Cruz das Almas (Ba). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 19, p. 105-113, 1995.

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.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D. **Caracterização físico-hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. 56p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

VYAS, M.B., SHAH, S.K. Review on nutritional and medicinal values of "Carica". **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.5, n.4, p. 284-286, 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre a cultura do mamoeiro voltado para a seleção de novas cultivares com maior produtividade e adaptados a diferentes regiões do país torna-se um desafio mesmo a cultura estando no ranking de mais produzida e também apresentando receitas favoráveis quanto à exportação.

Neste contexto, o presente trabalho contribui para a recomendação de novos materiais adaptados, mais estáveis e de alto rendimento, tendo em vista o conjunto de características de interesse do produtor.

Dos genótipos selecionados, a maioria apresentara características do grupo Solo o que possibilita a recomendação de híbridos Solo para produção comercial diante da escassez desse tipo de cultivares no mercado.

Além de apresentar genótipos da Embrapa com potencial de recomendação e registro para as regiões na qual o estudo foi realizado. Demonstrando a importância dessa instituição para pesquisadores, produtores e comunidade em geral.