

ANÁLISE DIALÉLICA PARA RENDIMENTO E QUALIDADE DE
FRUTOS DO MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

DEISY LÚCIA CARDOSO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
ABRIL – 2012

ANÁLISE DIALÉTICA PARA RENDIMENTO E QUALIDADE DE
FRUTOS DO MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

DEISY LÚCIA CARDOSO

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutora em Genética e Melhoramento
de Plantas.

Orientador: Prof. Messias Gonzaga Pereira

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
ABRIL – 2012

ANÁLISE DIALÉLICA PARA RENDIMENTO E QUALIDADE DE
FRUTOS DO MAMOEIRO (*Carica papaya* L)

DEISY LÚCIA CARDOSO

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutora em Genética e Melhoramento
de Plantas.

Aprovada em 26 de abril de 2012.

Comissão Examinadora:

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

Prof. Antônio Teixeira do Amaral Junior (D.Sc., Genética e Melhoramento) –
(UENF)

Prof. Claudio Horst Bruckner (D.Sc., Genética e Melhoramento) – (UFV)

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph. D., Melhoramento de Plantas) – (UENF)
(Orientador)

A Deus, meu Senhor,

Que está comigo a cada instante da minha vida,
guiando-me com as suas poderosas mãos,

Que nunca me desamparou,

Que une a minha família com laços de afeto e amor,

Que colocou diante de mim bons amigos,

E que me faz ser feliz e em Quem eu encontro
segurança e paz.

“O que atenta prudentemente para o assunto achará o bem, e o que confia no
SENHOR será bem-aventurado.”

Provérbios 16:20

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, por me sustentar todos os dias da minha vida.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa Caliman Agrícola S.A., por todo o suporte na condução dos experimentos.

Ao meu amado esposo, Henrique Alexandrino Santos, um presente maravilhoso que o Senhor me concedeu.

À minha amada família - meus pais, meus irmãos, meus cunhados, meus sobrinhos, meus sogros, meus tios e primos - pelo amor, pelos momentos de alegrias e por tudo o que representam pra mim.

Aos amigos conquistados - Célia, Vanessa, Alessandra, Cláudia, Renata, Hadassa, Fernanda, Matheus, Chafic, Lucas, Sérgio, Kellen - pelo companheirismo, apoio e importantes momentos compartilhados nessa fase da vida, guardo todos vocês no meu coração. Aos amigos do Núcleo de Estudos Ganho Genético, em especial ao Leandro, pela grande ajuda nas análises.

Ao meu orientador Messias Gonzaga Pereira, pela orientação, pela confiança, pela compreensão, pelos valiosos ensinamentos, pelas dúvidas esclarecidas, pela paciência, agradeço de coração.

Aos membros da banca, pela colaboração, pelas sugestões, pelo profissionalismo e pela disponibilidade.

Ao Daniel, secretário do Programa, pela presteza no atendimento e colaboração.

A todos os que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, o meu muito obrigada!!!

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos gerais da espécie <i>Carica papaya</i> L.....	3
2.2. Melhoramento genético do mamoeiro.....	5
2.3. Cruzamentos dialélicos.....	8
2.3.1. Capacidade Geral de Combinação (CGC).....	9
2.3.2. Capacidade Específica de Combinação (CEC).....	10
2.4. Heterose.....	11
2.4.1. Grupos Heteróticos.....	12
3. TRABALHOS.....	14
3.1. ANÁLISE DIALÉLICA DAS CAPACIDADES GERAL E ESPECÍFICA DE COMBINAÇÃO EM MAMOEIRO.....	14
3.1.1. RESUMO.....	14
3.1.2. ABSTRACT.....	15
3.1.3. INTRODUÇÃO.....	16
3.1.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
3.1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
3.2. ESTIMATIVAS DE HETEROSE EM CRUZAMENTOS DIALÉLICOS DE MAMOEIRO.....	55
3.2.1. RESUMO.....	55
3.2.2. ABSTRACT.....	56

3.2.3. INTRODUÇÃO.....	57
3.2.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	59
3.2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
3.2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
4. RESUMO E CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

RESUMO

CARDOSO, Deisy Lúcia; D. SC.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Abril de 2012; Análise dialéctica para rendimento e qualidade de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.). Orientador: Messias Gonzaga Pereira. Conselheiros: Telma Nair Santana Pereira e Alexandre Pio Viana.

O Brasil é um dos maiores produtores de mamão (*Carica papaya* L.) do mundo. No entanto, seu cultivo é limitado pela baixa disponibilidade de cultivares e híbridos, tornando-o vulnerável às condições edafoclimáticas e principalmente a pragas e doenças. Este trabalho teve como objetivo desenvolver novos híbridos de mamão. Foram avaliados oito genitores e os 56 híbridos obtidos entre eles quanto à capacidade combinatória em um dialelo completo e estimadas as heteroses dos híbridos. Inicialmente, foram realizados os cruzamentos entre os dois grupos heteróticos de mamão: Formosa (Maradol, JS 12, JS 12/4, Sekati) e Solo (Waimanalo, Golden, SS 72/12, São Mateus). As características avaliadas foram altura da planta, altura de inserção do primeiro fruto, diâmetro do caule, número total de frutos, produtividade, peso médio do fruto, diâmetro do fruto, comprimento do fruto, firmeza externa da polpa, firmeza interna da polpa, teor de sólidos solúveis totais, espessura média da polpa do fruto e diâmetro da cavidade central do fruto. De acordo com o método 1, de Griffing (1956), houve significância dos quadrados médios relativa à capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) para as características avaliadas, denotando a importância de efeitos aditivos e não-aditivos na expressão das características. As características diâmetro do caule (DC), produtividade (PROD) e teor de sólidos solúveis totais (SST) expressaram

superioridade dos efeitos não-aditivos em relação aos efeitos aditivos, assim as hibridações com o objetivo de explorar o efeito heterótico poderão proporcionar ganhos superiores. As estimativas da heterose refletem a viabilidade da sua exploração, podendo ser explorados os benefícios do vigor híbrido em mamoeiro tanto inter como intragrupo heterótico. Foram preselecionados 20 híbridos, que comporão o ensaio de avaliação.

ABSTRACT

CARDOSO, Deisy Lúcia; D. SC.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; April de 2012; Diallel analysis for yield and fruit quality of papaya (*Carica papaya* L.). Advisor: Messias Gonzaga Pereira. Committee Members: Telma Nair Santana Pereira and Alexandre Pio Viana.

Brazil is one of the largest producers of papaya (*Carica papaya* L.) in the world. However, the cultivation of papaya is limited by low availability of cultivars and hybrids, a fact that makes its cultivation vulnerable to climatic conditions and especially to pests and diseases. This study aimed to develop new papaya hybrids. Eight papaya genotypes and their 56 hybrids were evaluated in terms of combining ability according to a complete diallel design and heterosis of such hybrids were estimated. Initially, crosses were performed between the two heterotic groups of papaya: Formosa (Maradol, JS 12, JS 12/4, Sekati) and Solo (Waimanalo, Golden, SS 72/12, São Mateus). The evaluated characteristics were plant height, height of insertion of the first fruit, stem diameter, total number of fruits, fruit yield, fruit weight, fruit diameter, fruit length, external firmness of flesh, internal firmness of flesh, total soluble solids, the average thickness of fruit pulp, the diameter of the central cavity of the fruit. According to method 1 of Griffing (1956), there were significant mean squares in the general combining ability (GCA) and the specific combining ability (SCA) of all the evaluated characteristics, indicating the importance of additive effects and non-additive effects in the expression of such characteristics. The characteristics SD, TSS and Y expressed superiority of non-additive effects in relation to additive effects, thus, hybridizations aiming to explore the heterotic effect may provide superior gains. The heterosis

estimates reflect the viability of heterosis exploitation and hence, it is possible to exploit the benefits of hybrid vigor in papaya as between heterotic groups as within each of them. Finally, 20 hybrids were pre-selected to form an evaluation test.

1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de mamão concentra-se nos estados do Espírito Santo e Bahia, abrangendo 86% da produção nacional. Entre os países exportadores, o Brasil ocupa a segunda posição, e apenas 2,46% da produção nacional é destinada à exportação (Agrianual, 2011).

Dos problemas enfrentados pela cultura, destaca-se a falta de alternativas quanto à escolha de cultivares. No Brasil, antes da introdução do mamoeiro do grupo Solo, praticamente não existiam variedades comerciais para o plantio, visto que as sementes utilizadas apresentavam elevado grau de segregação, predominando o cultivo de mamoeiros dioicos comuns. Só a partir de 1976/77, a cultura retomou sua importância econômica, principalmente pela introdução de cultivares do grupo Solo e de híbridos do grupo Formosa (Marin et al., 1994). Essas cultivares e híbridos introduzidos no país tiveram grande aceitação tanto no mercado interno quanto no externo, contribuindo para uma expansão significativa da comercialização dos frutos (Ruggiero, 1988).

Desde então, a oferta de novas variedades e híbridos comerciais de mamão não apresentou acréscimo significativo, no entanto, em 2001, este cenário começou a mudar com o lançamento de nove híbridos, os primeiros híbridos nacionais de mamão registrados no Ministério da Agricultura. O primeiro deles, "UENF/CALIMAN01", nome comercial 'Calimosa', foi recomendado aos agricultores e vem sendo cultivado nas diferentes regiões produtoras do Brasil, nos Estados do Rio Grande do Norte, Bahia e Espírito Santo. Para o

desenvolvimento desses híbridos, utilizou-se o delineamento genético dialelo parcial, partindo da premissa da existência de dois grupos heteróticos: Solo e Formosa. Assim, todos os híbridos testados envolviam o cruzamento entre genitores - um do grupo Solo e outro do grupo Formosa (Marin et al, 2006 a e b).

No entanto, em função de trabalhos de diversidade genética via marcadores de DNA, bem como de cruzamentos e avaliações preliminares, desenvolvidos na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, não há como assegurar a existência clara dos dois grupos heteróticos. Ou seja, provavelmente, podem ser identificados excelentes híbridos, com alta expressão de heterose, em cruzamentos envolvendo genitores do mesmo grupo, Solo ou Formosa.

Face ao exposto, surge a presente proposta, pioneira em mamão, que se baseia no uso de um dialelo completo. Deste modo, neste trabalho, foram avaliados híbridos entre Solo versus Solo, Formosa versus Formosa e Solo versus Formosa, além das respectivas autofecundações. Tais tratamentos foram avaliados quanto a atributos quantitativos como rendimento, peso médio de frutos, número de frutos, assim como atributos qualitativos, em especial, o teor de sólidos solúveis.

2 .REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Aspectos gerais da espécie *Carica papaya* L.

O mamoeiro, *Carica papaya* L., é uma planta herbácea das regiões tropicais e subtropicais. É originário das Américas, mais precisamente da Bacia Amazônica Superior, onde ocorre maior diversidade genética (Couto, 1999). Trata-se de uma espécie de grande importância econômica, principalmente pelo aproveitamento de seus frutos, que podem ser consumidos *in natura*, sob a forma de produtos industrializados, ou pela extração da papaína ou pectina (Peres et al., 2000).

O mamoeiro de interesse econômico pertence à classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Violales, subordem Caricaceae, família Caricaceae, gênero *Carica*, espécie *Carica papaya* L. A família Caricaceae está dividida em cinco gêneros, quatro americanos e um africano. São eles: *Carica*, *Horovitzia*, *Jacaratia*, *Jarilla* e *Cylicomorpha* (Badillo, 1993).

A família Caricaceae era considerada compreendendo 31 espécies em três gêneros (*Carica*, *Jaracatia* e *Jarilla*) da América tropical e um quarto gênero, *Cylicomorpha*, da África equatorial (Nakasone e Paull, 1998). No entanto, após uma revisão taxonômica, algumas espécies formalmente distribuídas no gênero *Carica* foram reclassificadas no gênero *Vasconcella* (Badillo, 2002). Dessa forma, a classificação da família Caricaceae foi revisada para compreender *Cylicomorpha* e cinco gêneros das Américas do Sul e Central - os gêneros

Carica, *Jaracatia*, *Jarilla*, *Horovitzia* e *Vasconcell*. Nessa nova classificação, *Carica papaya* é a única espécie do gênero *Carica* (Badillo, 2002).

O mamoeiro cultivado apresenta variedades dioicas (plantas femininas e masculinas) e ginoico-andromonoicas (plantas femininas e hermafroditas), tendo esse caráter controle monogênico. O sistema de determinação do sexo em *Carica papaya* tem atraído a atenção dos melhoristas em função dos problemas econômicos causados pela segregação dos tipos sexuais em lavouras comerciais (Ming et al., 2007).

Na comercialização, há uma preferência por frutos piriformes provenientes de plantas hermafroditas em detrimento dos frutos esféricos provenientes de plantas femininas. Visto que ainda não há um método de determinação do sexo do mamão nos estádios de sementes, há necessidade do plantio de três mudas por cova. Após atingirem a maturidade reprodutiva, as plantas femininas são removidas da lavoura, e o plantio fica constituído apenas por plantas hermafroditas.

Várias hipóteses têm sido propostas por pesquisadores visando a esclarecer o sistema de determinação do sexo em mamoeiro.

Uma das hipóteses se sustenta no controle dessa característica por um loco com alelos múltiplos, com base nas segregações obtidas após o cruzamento entre os três tipos sexuais: as plantas femininas geneticamente homozigotas para o alelo m e as plantas masculinas e hermafroditas heterozigotas. Nesses casos, as plantas são identificadas como: mm – plantas femininas; M_1m – plantas masculinas; e M_2m – plantas hermafroditas. As combinações M_1M_1 , M_2M_2 e M_1M_2 são letais zigóticas, não ocorrendo na natureza (Hofmeyer, 1938; Storey, 1941 e 1953; Horovitz, 1954).

Outra hipótese, proposta por Horovitz e Jimenez (1967), sugere que a determinação do sexo seria do tipo XY. De acordo com Ming et al. (2007), o sexo do mamoeiro é controlado por cromossomos sexuais recentemente evoluídos, havendo dois cromossomos Y (XX , XY , XY^h).

Outro problema recorrente em campos de produção de mamão, relacionado à expressão do sexo, é a reversão sexual, observada em plantas masculinas e hermafroditas, cujas flores variam sua expressão sexual sob diferentes condições ambientais. O processo de reversão sexual pode ser

explicado como resposta das plantas masculinas e hermafroditas a mudanças climáticas (Storey, 1941)

A temperatura e a luz parecem exercer influência na alteração do sexo das flores, o grau de masculinidade aumenta com a elevação da temperatura, já a reversão à feminilidade cresce com a diminuição da temperatura (Singh, 1963). Assim, o problema da reversão sexual encontra na temperatura uma explicação. Damasceno Júnior et al. (2008) observaram uma elevada taxa de número de flores masculinas em plantas hermafroditas. Esses autores fizeram seus levantamentos em março, correspondendo às flores que possivelmente foram diferenciadas nos meses de janeiro e fevereiro. Assim, a reversão sexual seria, portanto, um mecanismo de sobrevivência da planta já que os meses de janeiro a março correspondem a épocas quentes com altas temperaturas e se a planta for converter em fruto todas as flores emitidas, provavelmente, ela sofrerá um desgaste fisiológico.

Para Soares (2007), outros fatores como a umidade relativa e a precipitação também podem influenciar a reversão e a deformação florais e a frutificação. Este autor observou maior número de ocorrência de esterilidade feminina, em plantas hermafroditas, em épocas quentes, com temperatura média de 31° C. Em função desses resultados, o autor destaca a temperatura como um dos mais importantes fatores que provocam anomalias florais e de frutificação.

1.2. Melhoramento genético do mamoeiro

Programas de melhoramento de plantas são conduzidos com vários objetivos, porém é notório que a principal meta é a elevação do valor econômico da espécie (Borém e Miranda, 2009). Para atingir esses objetivos, é necessário definir os critérios de seleção e as características a serem melhoradas.

Os programas de melhoramento do mamoeiro geralmente visam a desenvolver variedades e/ou híbridos resistentes a doenças, agregando características agrônomicas desejáveis, tais como planta com alto vigor, frutificação precoce e com menor altura de inserção do fruto e alta produtividade de frutos por planta. Esses objetivos só são alcançados pela aplicação de métodos de melhoramento e seleção de genótipos com rendimentos superiores, bem como pela obtenção de linhagens ou híbridos, gerando genótipos superiores,

que agreguem as características desejáveis (Harkness, 1967; Ishii e Holtzmann, 1963; Gabrovska et al., 1967).

Segundo Rodríguez (1998), o aumento da base genética do mamoeiro é um ponto de grande importância dentro do programa, pois aumenta a possibilidade de obter ganho genético por seleção, aumentando também a chance de se chegar mais rapidamente a variedades e híbridos que possam ser utilizados pelos agricultores.

Para a ampliação da base genética, Nakasone (1980) comenta que é necessário introduzir variedades e/ou linhagens melhoradas de mamão em regiões onde se deseja estudar a viabilidade desse cultivo sob determinadas condições climáticas, em função da sensibilidade das plantas hermafroditas do grupo Solo às variações ambientais.

Nos anos 70, ocorreram as primeiras introduções de mamoeiro do grupo Solo. Antes deste período, os plantios comerciais brasileiros apresentavam grande variação na forma, tamanho, aroma e sabor, pois a propagação era via semente de plantas dioicas que apresentavam elevada segregação.

Atualmente, as cultivares mais plantadas no Brasil - Golden e Tainung – pertencem, respectivamente, aos grupos Solo e Formosa, o que contribui para uma estreita base genética, implicando vulnerabilidade a doenças, pragas e a variações edafoclimáticas. Fica evidente a necessidade de fortalecer os programas de melhoramento genético que tenham como objetivo ampliar a base genética atual e, assim, gerar variedades com tolerância ou resistência às principais doenças, como o vírus da mancha anelar e meleira, e com características agronômicas desejáveis, visando a satisfazer as exigências do mercado interno e externo (Pérez, 2004).

Segundo Nakasone et al. (1972), o melhoramento das principais características da planta e do fruto devem ser feitos através de cruzamentos sistemáticos entre variedades divergentes, no entanto, esse método demanda tempo, uma vez que podem ocorrer muitas características indesejáveis até se obter uma variedade com características aceitáveis no mercado.

Após o cruzamento entre cultivares distintas, há dois caminhos a seguir, o primeiro seria conduzir a população por meio de sucessivas autofecundações, visando a aumentar a probabilidade de encontrar recombinações desejáveis, pelo método genealógico. O segundo caminho seria fazer retrocruzamentos, utilizando

principalmente o parental que apresente características desejáveis comercialmente (Nakasone e Storey, 1955).

Até meados do século XX, eram poucas e insuficientes as informações para explicar o efeito heterótico em mamoeiro, denotando a pouca exploração do vigor híbrido. Efeitos benéficos da exploração do vigor híbrido foram relatados por Lassoudiere (1968), analisando o híbrido F₁ (Philippine x Solo), o qual se mostrou mais vigoroso e com floração precoce.

Efeitos positivos da heterose foram observados por Mekano e Nakasone (1975) para as características altura de plantas, diâmetro do caule, número e peso médio dos frutos em cruzamentos interespecíficos de *Carica cauliflora* (*Vasconcellea cauliflora*) e *Carica goudotiana* (*Vasconcellea goudotiana*) como genitores com *Carica monoica* (*Vasconcellea monoica*). Em ambos os cruzamentos, os híbridos F₁ foram significativamente superiores aos genitores mais vigorosos (*C. cauliflora* e *C. goudotiana*).

Hamilton (1954) observou vigor híbrido na geração F₁ proveniente de cruzamentos entre genitores do grupo Solo e outros genótipos contrastantes entre si. Entretanto, o mesmo fato não foi observado quando os híbridos eram provenientes de cruzamentos entre genótipos do grupo Solo, segundo o autor, possivelmente, em função da proximidade genética entre esses genótipos.

No Brasil, Sampaio et al. (1983) conduziram os primeiros trabalhos para obtenção de híbridos de mamão, em Conceição do Almeida/BA, na tentativa de obter um híbrido com boa produção e resistência à *Phytophthora parasitica*, resultante dos cruzamentos entre Sunrise Solo x A-G e entre K-77 x Tailândia.

No entanto, o primeiro híbrido brasileiro lançado foi o Uenf/Caliman01, conhecido como Calimosa, desenvolvido pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) em parceria com a Caliman Agrícola S.A. Utilizando um procedimento genético de cruzamentos Dialélo Parcial, Marin et al. (2006) obtiveram 64 híbridos F₁, decorrentes de todas as combinações possíveis entre oito genitores do Grupo Solo e oito genitores do Grupo Formosa, além da autofecundação dos 16 genitores. Os oitenta genótipos foram avaliados em condições de campo em experimentos realizados no ES e no RJ, culminando no final com nove combinações híbridas com aspectos qualitativos e de uniformidade, superiores ao híbrido Tainung, comumente plantado até então.

1.3. Cruzamentos dialélicos

Apresentados por Hayman (1954) e Griffing (1956), os cruzamentos dialélicos são uma técnica importante para o melhoramento de plantas, pois permitem a recombinação de variabilidade genética disponível, conseqüentemente, a obtenção de novos genótipos.

De acordo com Geraldi e Miranda (1998), os sistemas de cruzamentos dialélicos são bastante empregados em programa de melhoramento de plantas, uma vez que possibilitam a avaliação da capacidade combinatória e do potencial heterótico de variedades ou linhas em cruzamentos, ou nos estudos básicos da estrutura genética das populações.

As metodologias de análise dialélica têm por finalidade analisar o delineamento genético, fornecendo estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para a hibridação e no entendimento dos efeitos gênicos envolvidos na herança dos caracteres (Cruz et al., 2004).

A análise de cruzamentos dialélicos é habitualmente utilizada na investigação de caracteres quantitativos. Sua utilização tem origem no desenvolvimento dos conceitos das capacidades geral e específica de combinação (Sprague e Tatum, 1942).

Um sistema de cruzamentos dialélicos é definido como aquele no qual é escolhido um grupo de linhagens autofecundadas, que são cruzadas entre si, fornecendo um máximo de p^2 combinações (Hayman, 1954; Griffing, 1956).

Entre as diversas metodologias para análise e interpretação dos cruzamentos dialélicos, o método mais utilizado é o de Griffing (1956). Sua ampla utilização se deve à facilidades de análise e interpretação, além de ser amplamente generalista ou seja, podem ser utilizados como genitores clones, linhas puras, linhas endogâmicas, populações de autofecundação ou de cruzamento. Esse método foi desenvolvido para avaliar a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) dos genótipos provenientes de cruzamentos dialélicos. O método experimental pode variar se os genitores ou os cruzamentos recíprocos forem incluídos, apresentando quatro possíveis métodos experimentais, cada método requerendo uma forma diferente de análise.

Método 1: avaliam-se os genitores, os híbridos (F_1 e recíprocos), perfazendo um total de p^2 combinações;

Método 2: avaliam-se os genitores, os híbridos F_1 , perfazendo um total de $p(p + 1)/2$ combinações;

Método 3: avaliam-se os híbridos F_1 e seus recíprocos, perfazendo um total de $p(p - 1)$ combinações; e

Método 4: avalia-se apenas o grupo de híbridos F_1 , perfazendo um total de $p(p - 1)/2$ combinações;

O método 1 é aplicado quando há interesse no estudo da variação decorrente de genes extracromossômicos (Ramalho et al., 1993). Ele permite avaliar o comportamento de determinado cruzamento, bem como o seu recíproco, decorrente de genes citoplasmáticos, localizados em cloroplastos ou mitocôndrias. Segundo Cruz et al. (2004), os efeitos recíprocos da capacidade específica de combinação permitem identificar qual dos genitores deverá ser utilizado como receptor (genitor feminino) ou doador (genitor masculino) de pólen no cruzamento escolhido.

1.3.1. Capacidade Geral de Combinação (CGC)

O termo capacidade geral de combinação refere-se ao comportamento médio de uma linhagem em uma série de combinações híbridas e está associado aos efeitos aditivos dos alelos e às ações epistáticas do tipo aditivas (Sprague e Tatum, 1942; Cruz e Vencovsky, 1989; Cruz et al., 2004).

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) fornecem informações a respeito das potencialidades do parental em gerar combinações favoráveis à formação de genes predominantemente aditivos em seus efeitos. Quanto mais altas forem essas estimativas, positivas ou negativas, determinado parental será considerado muito superior ou inferior aos demais incluídos no dialelo, e, se próximas de zero, seu comportamento não difere da média geral dos cruzamentos; desta forma, a CGC pode ser utilizada na indicação dos melhores pais em um programa de melhoramento que vise ao desenvolvimento de novas variedades (Cruz et al., 2004).

O efeito da CGC indica a superioridade de determinado parental e sua divergência entre os demais. Quando os genitores pertencerem a populações de

polinização aberta, linhas endogâmicas ou linhas puras, quanto maiores forem os efeitos da CGC, maiores serão as diferenças entre as frequências gênicas desse parental e as frequências médias de todos os genitores do dialelo (Viana, 2000).

Trabalhando com mamão, Marin et al. (2006) encontraram maior magnitude de CGC para as características altura de inserção do primeiro fruto, número de frutos por plantas aos 270 dias após o plantio, peso médio do fruto e degustação de sabor. Relataram ainda, em decorrência da existência da variabilidade aditiva (CGC) e de dominância (CEC) para quase todas as características analisadas, a possibilidade de obtenção de novas cultivares, através da utilização dos genitores avaliados em seu trabalho, em programas de melhoramento.

1.3.2. Capacidade Específica de Combinação (CEC)

Em 1942, Sprague e Tatum definiram o termo capacidade específica de combinação para designar os casos em que certas combinações híbridas são superiores ou inferiores em relação ao esperado quanto à performance média dos dois genitores. Já em 1987, Falconer definiu CEC como o desvio do desempenho médio de uma combinação particular em relação à média dos genitores envolvidos no cruzamento. Todavia, os efeitos da CEC enfatizam a importância de interações não aditivas resultantes da complementação gênica entre os genitores, possibilitando antever respostas de ganho genético com a exploração da heterose (Bastos et al., 2003).

A combinação híbrida mais favorável deve ser, portanto, aquela que apresentar maior estimativa de capacidade específica de combinação (\hat{S}_{ij}) e que seja resultante de um cruzamento em que pelo menos um dos genitores apresente elevada capacidade geral de combinação (Cruz et al., 2004). É válido ressaltar, porém, que dois genitores de elevada CGC nem sempre proporcionam a formação da melhor combinação do dialelo (Cruz e Vencovsky, 1989).

Marin et al. (2006), avaliando o comportamento de 16 genitores de mamão e seus híbridos para peso do fruto, utilizando o esquema dialélico, Método 2 de Griffing (1956), verificaram que os genótipos “Maradol Roxo” e “JS 12” do grupo ‘Formosa’ e “Waimanalo” e “Santa Bárbara” do grupo ‘Solo’ apresentaram

as maiores magnitudes de CEC, e suas combinação híbridas podem ser indicadas para a obtenção de híbridos com frutos de maior peso.

1.4. Heterose

A heterose ou vigor híbrido é o fenômeno pelo qual os descendentes apresentam melhor desempenho, maior vigor ou maior produção do que a média dos pais, sendo definido como o percentual de superioridade dos descendentes em relação à média de produção dos pais (Allard, 1971; Borém e Miranda, 2009). O termo heterose é também definido como a expressão genética dos efeitos benéficos da hibridação (Ronzelli Júnior, 1996). Já a heterobiose estima o grau de heterose em relação ao melhor parental, assim o híbrido deverá apresentar características superiores às do melhor genitor.

A manifestação da heterose pode ser observada no desenvolvimento do sistema radicular, na área foliar, na taxa de fotossíntese, na produção e no tamanho dos frutos. A heterose é mais pronunciada quanto mais divergentes forem as linhagens envolvidas no cruzamento, havendo duas hipóteses que tentam explicar os princípios genéticos da sua manifestação (Allard, 1971; Borém e Miranda, 2009).

A primeira explicação genética da heterose se fundamenta nas interações de dominância, pelo acúmulo, no híbrido, de genes dominantes provenientes de ambos os pais (Bruce, 1910; Rickey, 1946). A teoria da sobredominância, segunda explicação, também conhecida como estímulo fisiológico ou heterozigidade, explica a heterose pela própria condição heterozigótica dos locos: a presença de alelos contrastantes em cada loco provocaria a ativação de rotas bioquímicas diferentes que resultariam no melhor desempenho, assim locos em condição heterozigótica seriam superiores a qualquer um dos homozigotos (Shull, 1908; East, 1936).

A exploração da heterose permite o desenvolvimento de variedades híbridas através da utilização das interações gênicas que só podem ser aproveitadas na geração híbrida. Diversos autores têm constatado que a heterose em relação à taxa de crescimento e ao aumento potencial de produção pode estar associada à alta atividade fisiológica e bioquímica das plantas F_1 híbridas (Srivastava, 1983; Mc Daniel, 1986).

A exploração do vigor híbrido no mamoeiro já ocorre, tendo os efeitos benéficos da heterose para essa cultura sido relatados por Lassoudiere (1968) e Mekano e Nakasone (1975). No entanto, é limitada pela baixa disponibilidade de híbridos. No mercado brasileiro de sementes híbridas, praticamente todo o volume comercializado corresponde aos híbridos Uenf/CAliman 01 e Tainung 01.

Verificando a possibilidade de ganhos para a cultura do mamoeiro através da exploração do vigor híbrido, Marin et al. (2006) observaram combinações híbridas que se destacaram com relação à produção, sabor, uniformidade.

1.4.1. Grupos Heteróticos

Grupos heteróticos são grupos de germoplasmas com composição genética similar. Um grupo heterótico geralmente é formado por germoplasmas com ancestrais comuns e por germoplasmas que, em diferentes cruzamentos, apresentam contribuições similares. Quando no cruzamento entre germoplasmas, são exibidos altos níveis de heterose e/ou capacidade específica de combinação, esses germoplasmas são então alocadas em grupos heteróticos distintos, enquanto aqueles que não apresentam esses resultados são alocadas no mesmo grupo heterótico (Hallauer et al., 1995; Lee, 1995).

A heterose se manifesta em cruzamentos envolvendo populações divergentes geneticamente e com alto nível de dominância direcional para o caráter em estudo (Falconer e Mackay, 1996). Assim, podem-se direcionar cruzamentos visando a aproveitar a heterose nos híbridos, portanto, os híbridos oriundos de diferentes grupos heteróticos apresentarão performance superior àqueles formados por cruzamentos dentro do mesmo grupo heterótico (Hallauer et al., 1995).

Deste modo, ressalta-se a grande importância desse conceito em programas de melhoramento, uma vez que os cruzamentos podem ser dirigidos e não feitos de forma aleatória. Assim, materiais alocados em um determinado grupo são avaliados em cruzamentos com materiais alocados em outro grupo, já sabendo a priori que esses cruzamentos deverão apresentar desempenhos superiores a aqueles realizados dentro dos grupos heteróticos.

Em programas de melhoramento de milho, usualmente as linhagens de um grupo heterótico são avaliadas em cruzamentos com algumas linhagens

derivadas de outro grupo heterótico. Dessa forma, os cruzamentos são dirigidos para explorar de forma eficiente a heterose e/ou a capacidade específica de combinação entre os materiais de grupos heteróticos distintos (Hallauer e Miranda, 1981).

3. TRABALHOS

3.1. ANÁLISE DIALÉLICA DAS CAPACIDADES GERAL E ESPECÍFICA DE COMBINAÇÃO EM MAMOEIRO

3.1.1. RESUMO

A escolha correta de genitores a serem utilizados em hibridação constitui a decisão de maior importância do melhorista. O conhecimento prévio do potencial de determinadas combinações híbridas permite ao melhorista concentrar seus esforços naquelas mais promissoras. Diante do exposto, foram avaliados oito genitores de mamão e os 56 cruzamentos obtidos entre eles quanto à capacidade combinatória em um dialelo completo, método 1 de Griffing. Esses genótipos foram avaliados no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em Linhares – ES. Foram avaliadas as características altura da planta, altura de inserção do primeiro fruto, diâmetro do caule, número total de frutos, produtividade, peso médio do fruto, diâmetro do fruto, comprimento do fruto, firmeza externa da polpa, firmeza interna da polpa, teor de sólidos solúveis totais, formato da cavidade central do fruto, espessura média da polpa do fruto e diâmetro da cavidade central do fruto. A análise dialélica evidenciou a importância dos efeitos gênicos aditivos e não-aditivos em todas as características avaliadas. Apenas sete características apresentaram efeito recíproco significativo. Os

genitores Maradol, JS 12 e Sekati apresentaram maior potencial para incremento na produtividade, e as combinações que possuem maior potencial para aumento da produtividade apresentaram em sua composição um dos melhores genitores. Os resultados do trabalho refletem a variabilidade genética entre os genitores e revelam suas potencialidades para obtenção de híbridos superiores.

3.1.2. ABSTRACT

The correct choice of parents to be used in hybridization is the most important decision of the breeder. Prior knowledge of the potential of certain hybrid combinations allows the plant breeder to concentrate efforts on those most promising. In the face of it, eight papaya genotypes and their 56 combinations were evaluated in terms of combining ability, according to a complete diallel design. Such genotypes were evaluated in randomized block design with four replications in Linhares - ES. The evaluated characteristics were plant height, height of insertion of the first fruit, stem diameter, total number of fruits, fruit yield, fruit weight, fruit diameter, fruit length, external firmness of flesh, internal firmness of flesh, content of soluble solids, the shape of the central cavity of the fruit, the average thickness of fruit pulp, the diameter of the central cavity of the fruit. The diallel analysis highlighted the importance of additive and non-additive genetic effects for all evaluated traits. Only seven characteristics showed significant reciprocal effect. The genitors Maradol, JS 12 and Sekati exhibited greater potential for increase of fruit yield. The combinations that possess the greatest potential for this trait in their composition used one of those best parents. The results of the work reflect the genetic variability between the parents and show their potential to obtain superior hybrids.

3.1.3. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores mundiais de mamão. Apesar da importância da cultura, ainda há pouca disponibilidade de cultivares, tornando o cultivo do mamoeiro vulnerável ao ataque de pragas e doenças e às variações climáticas. Assim, o grande desafio dos melhoristas consiste em disponibilizar aos agricultores genótipos com elevada qualidade e identificar constituições genéticas superiores.

No melhoramento de plantas, a primeira dificuldade encontrada pelo melhorista é com relação ao conhecimento e identificação dos genitores que deverão ser utilizados em hibridações. A escolha dos genitores com base apenas em caracteres desejáveis é insuficiente para assegurar a obtenção de progênies com alto potencial genético. É necessário que os genitores utilizados nos cruzamentos tenham capacidade combinatória em nível expressivo para produzir, em alta frequência, recombinações favoráveis (Ferreira Filho, 1982).

Neste contexto, as análises dialélicas são de grande importância. Suas metodologias têm por finalidade analisar o delineamento genético, fornecendo estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para a hibridação e no entendimento dos efeitos gênicos envolvidos na herança dos caracteres. Amplamente utilizadas, as análises dialélicas são utilizadas em quase todas as espécies cultivadas pelo grande número de informações genéticas fornecidas por esta metodologia, inclusive a inferência sobre a capacidade combinatória de genitores e híbridos (Cruz et al., 2004).

A relação entre as progênies e seus híbridos é digna de estudos por predizer as potencialidades das gerações futuras e fornecer estimativas de parâmetros genéticos essenciais para o melhoramento (Leffel e Weiss, 1958). O método de análise empregado por Griffing (1956) fornece informações sobre a capacidade geral e específica de combinações dos genitores em cruzamentos. Nessa análise, as somas de quadrado de genótipos são desdobradas em efeitos de capacidade geral (CGC), específica de combinação (CEC) e efeitos recíprocos.

O termo capacidade geral de combinação (CGC) refere-se ao comportamento médio de uma linhagem em uma série de combinações híbridas e

está associado aos efeitos aditivos dos alelos e às ações epistáticas do tipo aditivas (Sprague e Tatum, 1942; Cruz e Vencovsky, 1989; Cruz et al., 2004).

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) fornecem informações a respeito das potencialidades do parental em gerar combinações favoráveis ao encontro de genes predominantemente aditivos em seus efeitos. Quanto mais altas forem essas estimativas, positivas ou negativas, determinado parental será considerado muito superior ou inferior aos demais incluídos no dialelo, e, se próximas de zero, seu comportamento não difere da média geral dos cruzamentos; desta forma, a CGC pode ser utilizada na indicação dos melhores pais em um programa de melhoramento que vise ao desenvolvimento de novas variedades (Cruz et al., 2004).

Sprague e Tatum (1942) definiram o termo capacidade específica de combinação (CEC) para designar os casos em que certas combinações híbridas são superiores ou inferiores em relação ao esperado quanto à performance média dos dois genitores. Em 1987, Falconer definiu CEC como o desvio do desempenho médio de uma combinação particular em relação à média dos genitores envolvidos no cruzamento. Todavia, os efeitos da CEC enfatizam a importância de interações não aditivas resultantes da complementação gênica entre os genitores, possibilitando antever respostas de ganho genético com a exploração da heterose.

A combinação híbrida mais favorável deve ser, portanto, aquela que apresentar maior estimativa de capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ij}) e que seja resultante de um cruzamento em que pelo menos um dos genitores apresente elevada capacidade geral de combinação (Cruz et al., 2004). É válido ressaltar, porém, que dois genitores de elevada CGC nem sempre proporcionam a formação da melhor combinação do dialelo (Cruz e Vencovsky, 1989).

O conhecimento dos componentes da capacidade combinatória é de grande relevância na escolha dos genitores geneticamente divergentes envolvidos em cruzamentos, sobretudo quando se deseja identificar híbridos promissores (Allard, 1956). Uma vez que a heterose se manifesta quando os cruzamentos são feitos entre populações geneticamente divergentes, podem-se direcionar cruzamentos visando a aproveitar a heterose nos híbridos (Falconer e Mackay, 1996).

Os híbridos formados por cruzamentos de genitores oriundos de diferentes grupos heteróticos apresentarão desempenho quando comparados com híbridos formados por genitores oriundos do mesmo grupo heterótico (Hallauer et al., 1988). Em mamoeiro, genótipos do grupo Solo e Formosa são considerados contrastantes entre si

O presente trabalho teve como objetivo determinar a CGC e CEC através de cruzamento dialélico completo (genitores, F_1 's e recíprocos) entre genitores do grupo Solo e Formosa, para utilização em programas de melhoramento.

3.1.4. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos nos campos experimentais da empresa Caliman Agrícola S.A, Fazenda Romana, localizada no município de Linhares, no Estado do Espírito Santo.

Os genitores foram escolhidos em função de informações prévias obtidas em trabalhos de herança (Cattaneo, 2001; Ide, 2009), de retrocruzamentos (Silva, 2006; Ramos, 2007; Silva, et al., 2007a, 2007b, 2007c) e de análise em dialelo parcial (Marin, 2001; Marin et al. 2006a, 2006b). Procurou-se priorizar o uso de genitores que têm demonstrado características agronômicas tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo, não somente em termos per se, mas também em combinação (Tabela 1).

A obtenção dos híbridos, primeiro ensaio, foi realizada por meio de cruzamentos entre oito genótipos de mamoeiro: quatro do grupo Formosa (Maradol, JS 12, JS 12/4, Sekati) e quatro do grupo Solo (Waimanalo, Golden, SS 72/12 e São Mateus) (Tabela 2). Para a instalação dos genitores no campo de cruzamento, foram utilizadas duas repetições, sendo cada parcela constituída por duas fileiras de 10 plantas. Na época do florescimento, foram feitos todos os cruzamentos possíveis entre os genótipos, manualmente.

Tabela 1. Identificação dos oito genitores de mamão do Banco de Germoplasma de mamão UENF/Caliman

Código no BAG	Identificação	Grupo Heterótico	Peso (gramas)	Nomenclatura no Dialelo	Procedência
23	Maradol	Formosa	2000	01 - MR	México
31	JS 12	Formosa	900	02 - JS	CNPMFT
60	JS12/4	Formosa	900	03 - J4	UENF/CALIMAN
25	Sekati	Formosa	900	04 - SK	Malásia
20	Waimanalo	Solo	550	05 - WM	CNPMFT
11	Golden	Solo	350	06 - GG	CALIMAN
12	SS 72/12	Solo	400	07- SS	Havaí
17	São Mateus	Solo	550	08 - SM	INCAPER

Tabela 2. Esquema de cruzamentos do dialelo completo com oito genitores

Genitores		FORMOSA				SOLO			
		MR	JS	J4	SK	WM	GG	SS	SM
FORMOSA	MR	⊗	F ₁						
	JS	R	⊗	F ₁					
	J4	R	R	⊗	F ₁				
	SK	R	R	R	⊗	F ₁	F ₁	F ₁	F ₁
SOLO	WM	R	R	R	R	v	F ₁	F ₁	F ₁
	GG	R	R	R	R	R	⊗	F ₁	F ₁
	SS	R	R	R	R	R	R	⊗	F ₁
	SM	R	R	R	R	R	R	R	⊗

No segundo ensaio, foram avaliados os híbridos (F₁s e recíprocos) e genitores. Após a obtenção das sementes híbridas e a produção das mudas, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, composto por 64 tratamentos. Cada parcela foi representada por duas fileiras de cinco plantas. O esquema de plantio foi o de três mudas por cova e após a sexagem, foi mantida a planta hermafrodita, quando existia.

As características avaliadas foram:

- A. Altura da planta (AP): expressa em cm, medida com auxílio de uma régua graduada em cm, aos 170 e 320 dias após o transplântio, correspondendo à distância entre o nível do solo até o ponto de inserção do último par de folhas, localizado no ápice caulinar do mamoeiro;
- B. Altura de inserção do primeiro fruto (AIPF): expressa em cm, tomada do nível do solo à inserção do primeiro fruto na axila foliar do mamoeiro, aos 180 dias após o transplântio;
- C. Diâmetro do caule (DC): expresso em cm, avaliado aos 170 dias após o transplântio, a 10 cm do solo, utilizando-se um paquímetro digital;
- D. Número total de frutos (NFC): determinado mediante a contagem de todos os frutos com características comerciais, respectivamente, aos 170, 225 e 320 dias após o transplântio;
- E. Produtividade (PROD): expressa em $t \cdot ha^{-1}$, obtida pela multiplicação do número de frutos por planta pelo peso médio do fruto por planta, respectivamente, aos 170, 225 e 320 dias após o transplântio, e transformados em $t \cdot ha^{-1}$;
- F. Peso médio do fruto (PMF): expresso em gramas, obtido pela pesagem, em balança analítica, de uma amostra de cinco frutos em cada parcela;
- G. Diâmetro do fruto (DF): expresso em mm, mediante o uso de paquímetro digital, a partir de medições realizada em cinco frutos por parcela, obtendo-se o diâmetro médio dos frutos;
- H. Comprimento do fruto (CF): expresso em mm, mediante o uso de paquímetro digital, a partir de medições realizada em cinco frutos por parcela, obtendo-se o comprimento médio dos frutos;
- I. Firmeza externa da polpa (FE): expressa em Newton (N), as medidas foram tomadas na região equatorial dos frutos, em três pontos equidistantes na parte externa do fruto;
- J. Firmeza interna da polpa (FI): expressa em Newton (N), as medidas foram tomadas na região equatorial do frutos, em três pontos equidistantes na parte interna do fruto;
- K. Teor de sólidos solúveis totais (SST): expresso em °Brix, obtido pelo uso de um refratômetro digital, em uma amostra de cinco frutos por parcela;
- L. Espessura média da polpa do fruto (EP): expressa em mm, obtida pela medição do mesocarpo, após o corte transversal do fruto, medindo a

espessura da polpa em dois pontos com auxílio de uma régua graduada, utilizando-se a média de uma amostra de cinco frutos em cada parcela; e
 M. Diâmetro da cavidade central do fruto (DCV): expresso em mm, determinado em amostras de cinco frutos por parcela, com auxílio de um paquímetro.

Após as avaliações, foram realizadas as análises estatísticas, utilizando-se o programa GENES, desenvolvido por Cruz (2006). A análise de variância padrão foi realizada para conclusão, sobre as diferenças entre tratamentos (teste F). E o agrupamento das médias foi obtido por meio do teste Scott-Knott (1974).

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

Em que:

μ = média geral dos tratamentos;

t_i = efeito fixo do i-ésimo genótipo ($i = 1, 2, 3, \dots, t$);

b_j = efeito do j-ésimo bloco ($j = 1, 2, 3$ e 4); e

$\bar{\varepsilon}_{ij}$ = Erro experimental associado à observação.

Foi também realizada a análise dialélica conforme proposto por Griffing (1956), permitindo estimar a capacidade geral de combinação (CGC) de cada genitor e a capacidade específica (CEC) de cada combinação híbrida e os possíveis efeitos recíprocos. A metodologia utilizada foi o Método Experimental 1, em que são incluídas as p^2 combinações. E o modelo estatístico é dado a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} = valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$) ou do genitor ($i=j$);

μ = média geral;

g_i, g_j = efeitos da capacidade geral do i-ésimo ou j-ésimo genitor ($i, j = 1, 2, 3, \dots, p$);

s_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e j ;

r_{ij} = efeito recíproco que mede as diferenças proporcionais pelo genitor i , ou j , quando utilizado como genitor masculino ou genitor feminino no cruzamento ij ; e $\bar{\varepsilon}_{ij}$ = erro experimental médio associado à observação de ordem ij [$NID(0, \sigma^2)$].

3.1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Análises de variância

Os quadrados médios para genótipos (genitores, F_1 s e recíprocos) foram todos significativos pelo teste de F (Tabelas 3 e 4), evidenciando que os genótipos são geneticamente contrastantes para as características avaliadas. Portanto, há variabilidade genética entre os híbridos (F_1 s e recíprocos) resultantes dos cruzamentos entre os oito genótipos de mamão utilizados como genitores.

As características altura de planta aos 170 dias (AP), diâmetro do caule (DC) referentes à planta e as características diâmetro do fruto (DF), comprimento do fruto (CF), firmeza externa (FE), firmeza interna (FI), teor de sólidos solúveis totais (SST), espessura da polpa (EP) e diâmetro da cavidade (DCV) referentes ao fruto apresentaram baixos valores de coeficiente de variação (inferiores a 10%), demonstrando assim reduzida influência das variações ambientais sobre estas características.

Tabela 3. Análise de variância de seis características morfoagronômicas de híbridos (F₁ e recíprocos) e respectivos genitores de um dialelo completo de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}					
		^{1/} AP 170 DAT	AIPF 170 DAT	DC 170 DAT	AP 320 DAT	NFC (1+2+3)	PROD t.ha ⁻¹
Bloco	3	645,47	518,93	110,89	11596,70	139,16	2068,09
Genótipo	63	1585,58**	945,81**	69,08**	4428,13**	823,29**	2095,65**
Resíduo	189	177,76	133,99	27,88	356,15	49,03	383,52
Média		191,02	83,71	77,40	248,49	40,72	83,45
CV(%)		6,97	13,82	6,82	7,59	17,19	23,46

** significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{1/}AP: Altura da Planta, em cm, aos 170 DAT (Dias Após o Transplante); AIPF: Altura de Inserção do Primeiro Fruto, em cm; DC: Diâmetro do Caule, em mm; AP: Altura da Planta, em cm, aos 320 DAT; NFC: Número Total de Frutos, somatório das contagens de frutos aos 170, 225 e 320 DAT; PROD = Produtividade, em t.ha⁻¹.

Tabela 4. Análise de variância de oito características referentes à qualidade dos frutos de híbridos (F₁ e recíprocos) e respectivos genitores de um dialelo completo de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}							
		^{1/} PMF gramas	DF mm	CF mm	FE N	FI N	SST °Brix	EP mm	DCV mm
Bloco	3	26020,24	90,34	213,65	247,25	78,61	0,64	4,51	62,01
Genótipo	63	695226,65**	622,87**	8914,70**	342,25**	221,67**	3,78**	49,24**	166,24**
Resíduo	189	12500,38	24,16	309,67	77,93	26,60	0,45	1,89	19,35
Média		908,74	93,96	199,22	94,86	69,12	10,86	23,65	46,67
CV(%)		12,30	5,23	8,83	9,30	7,46	6,23	5,81	9,42

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

^{1/}PMF: Peso Médio do Fruto; DF: Diâmetro do Fruto; CF: Comprimento do Fruto; FE: Firmeza Externa da Polpa; FI: Firmeza Interna da Polpa; SST: Teor de Sólidos Solúveis Totais; EP: Espessura Média da Polpa do Fruto; DCV: Diâmetro da Cavidade Central do Fruto.

2. Avaliações das médias dos genitores e híbridos (F_1 s e recíprocos)

As médias das características relativas aos genitores e híbridos (F_1 s e recíprocos) são apresentadas nas Tabelas 5 e 6, tendo sido as médias agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974).

Na Tabela 5, a altura de planta e o número total de frutos apresentaram a maior variabilidade, evidenciada pela formação de cinco grupos. Para a característica diâmetro do caule, constataram-se médias de tratamentos mais homogêneas, com a formação de apenas dois grupos.

O peso médio de frutos juntamente com a espessura da polpa do fruto, Tabela 6, apresentaram maior variabilidade, evidenciada pela formação de oito grupos. As médias mais homogêneas foram da firmeza externa dos frutos, com a formação de três grupos.

Na cultura do mamoeiro, são indesejáveis tanto as plantas muito altas como o nanismo. Geralmente, plantas muito altas apresentam entrenós de maior comprimento, ficando os frutos mais distantes um do outro, conseqüentemente, diminuindo a longevidade da colheita; em contrapartida, o nanismo é indesejável, uma vez que plantas pequenas apresentam menor área para frutificação (Nakasone e Storey, 1953; Nakasone e Lamoureux, 1982). Para a característica AP, observa-se que o tratamento de número 4, referente ao genitor Sekati, apresentou as plantas mais baixas. Os genitores Maradol (1) e São Mateus (8) também apresentaram plantas baixas. Os híbridos com melhores desempenhos para esta característica, ou seja, em que foram observados baixos valores para essa característica, correspondem aos tratamentos: 11 (Maradol x Sekati), 18 (JS 12 x Sekati), 30 (Sekati x Maradol), 31 (Sekati x JS 12) e 61 (São Mateus x JS 12). Observa-se ainda que todos os cinco híbridos apresentam em sua composição pelo menos um dos genitores com melhor desempenho para altura da planta.

Tabela 5. Valores médios de seis características morfoagronômicas de híbridos (F₁s e recíprocos) e respectivos genitores de um dialelo completo de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa

Genitores e Híbridos (F ₁ e recíprocos)	AP 170 DAT	AIPF 170 DAT	DC 170 DAT	AP 320 DAT	NFC (1+2+3)	PROD t.ha ⁻¹
01. Maradol	150,13 d	51,94 d	67,38 b	171,12 f	21,57 e	110,01 a
02. JS 12	189,84 b	73,83 c	71,34 b	256,60 c	37,85 d	77,91 c
03. JS 12/4	189,16 b	86,01 b	72,02 b	250,93 c	28,45 e	72,66 c
04. Sekati	122,51 e	53,75 d	65,55 b	154,82 f	25,65 e	58,92 c
\bar{x} Genitor Formosa	162,91	66,38	69,07	208,37	28,38	79,88
05. Waimanalo	231,62 a	116,95 a	68,53 b	310,42 a	13,35 e	13,50 d
06. Golden	200,78 b	113,52 a	77,80 a	278,63 b	62,22 b	32,80 d
07. SS 72/12	201,90 b	74,57 c	80,87 a	288,90 b	93,45 a	65,99 c
08. São Mateus	164,16 d	55,25 d	82,31 a	209,14 e	40,27 d	63,01 c
\bar{x} Genitor Solo	199,62	90,07	77,38	271,77	52,32	43,83
09. 1x2	176,09 c	94,71 b	78,36 a	219,37 e	30,42 e	110,63 a
10. 1x3	202,31 b	61,05 d	75,27 b	247,69 c	21,40 e	99,16 b
11. 1x4	161,21 d	77,61 c	73,08 b	190,83 f	25,97 e	109,48 a
12. 1x5	205,44 b	83,43 b	77,73 a	254,07 c	22,62 e	88,67 b
13. 1x6	203,49 b	76,05 c	80,33 a	264,55 c	38,70 d	121,22 a
14. 1x7	191,40 b	78,10 c	76,02 a	228,08 d	40,00 d	104,20 a
15. 1x8	183,40 c	83,94 b	81,44 a	222,11 e	28,52 e	121,12 a
\bar{x} Cruzamentos 1.	189,05	79,27	77,46	232,39	29,66	107,78
16. 2x1	193,95 b	86,11 b	71,78 b	209,75 e	24,32 e	99,46 b
17. 2x3	196,53 b	65,73 d	72,46 b	257,57 c	27,00 e	87,18 b
18. 2x4	167,63 d	89,24 b	74,35 b	207,41 e	34,50 d	111,17a
19. 2x5	213,61 a	90,47 b	76,44 a	277,18 b	29,75 e	73,85 c
20. 2x6	198,08 b	85,83 b	76,90 a	251,55 c	45,22 d	82,46 b
21. 2x7	226,26 a	84,87 b	79,57 a	266,33 c	47,17 c	74,94 c
22. 2x8	203,00 b	78,52 c	85,56 a	253,33 c	39,67 d	87,84 b
\bar{x} Cruzamentos 2.	199,87	82,97	76,72	246,16	35,38	88,13

Tabela 5. Cont.

Genitores e Híbridos (F ₁ e recíprocos)	AP 170 DAT	AIPF 170 DAT	DC 170 DAT	AP 320 DAT	NFC (1+2+3)	PROD t.ha ⁻¹
23. 3x1	184,21 c	91,56 b	76,68 a	235,43 d	33,70 d	117,29 a
24. 3x2	192,68 b	57,03 d	75,82 a	252,19 c	33,10 d	78,47 c
25. 3x4	178,09 c	105,86 a	77,24 a	215,50 e	35,40 d	102,12 a
26. 3x5	201,35 b	71,08 c	71,66 b	269,43 c	24,40 e	49,82 d
27. 3x6	188,68 b	90,81 b	77,99 a	240,29 d	45,87 c	68,47 c
28. 3x7	193,34 b	70,80 c	76,93 a	263,22 c	53,52 c	50,09 d
29. 3x8	181,36 c	66,83 d	76,46 a	230,85 d	41,05 d	90,23 b
\bar{x} Cruzamentos 3.	188,53	79,14	76,11	243,84	38,15	79,50
30. 4x1	163,69 d	62,28 d	78,09 a	205,80 e	27,15 e	108,60 a
31. 4x2	167,36 d	74,33 c	76,05 a	208,04 e	42,15 d	105,86 a
32. 4x3	176,00 c	91,71 b	79,72 a	218,89 e	39,15 d	96,74 b
33. 4x5	190,08 b	77,10 c	76,09 a	255,07 c	27,72 e	90,39 b
34. 4x6	179,16 c	68,32 c	79,21 a	234,27 d	43,95 d	70,02 c
35. 4x7	163,59 d	56,23 d	76,99 a	214,33 e	52,67 c	82,09 b
36. 4x8	156,82 d	103,89 a	76,65 a	201,39 e	40,65 d	81,41 b
\bar{x} Cruzamentos 4.	170,96	76,27	77,54	219,68	39,06	90,73
37. 5x1	206,09 b	91,53 b	69,36 b	279,83 b	19,97 e	83,61 b
38. 5x2	216,13 a	113,82 a	74,88 b	286,22 b	34,67 d	91,08 b
39. 5x3	211,97 a	84,37 b	75,65 a	283,97 b	19,85 e	43,95 d
40. 5x4	189,37 b	112,78 a	74,20 b	256,73 c	34,62 d	118,52 a
41. 5x6	222,94 a	98,79 b	77,77 a	323,63 a	48,87 c	86,49 b
42. 5x7	223,49 a	88,36 b	81,95 a	319,18 a	61,97 b	89,25 b
43. 5x8	199,70 b	101,99 a	80,22 a	270,13 c	39,10 d	73,96 c
\bar{x} Cruzamentos 5.	209,96	98,81	76,29	288,53	37,01	83,84

Tabela 5. Cont.

Genitores e Híbridos (F ₁ e recíprocos)	AP 170 DAT	AIPF 170 DAT	DC 170 DAT	AP 320 DAT	NFC (1+2+3)	PROD t.ha ⁻¹
44. 6x1	191,37 b	92,97 b	79,95 a	247,78 c	40,55 d	120,60 a
45. 6x2	201,46 b	97,26 b	76,89 a	266,03 c	41,45 d	65,66 c
46. 6x3	207,63 b	88,19 b	80,76 a	273,11 c	41,52 d	76,81 c
47. 6x4	194,70 b	106,15 a	80,97 a	254,10 c	44,67 d	88,98 b
48. 6x5	216,69 a	93,97 b	77,36 a	304,77 a	44,55 d	78,39 c
49. 6x7	185,70 c	92,72 b	73,32 b	267,49 c	68,22 b	48,66d
50. 6x8	179,50 c	84,55 b	78,42 a	236,48 d	51,45 c	61,38c
\bar{x} Cruzamentos 6.	207,63	93,69	78,24	264,25	47,49	77,21
51. 7x1	188,91 b	86,23 b	77,51 a	248,14 c	37,00 d	106,43 a
52. 7x2	198,48 b	83,97 b	78,55 a	259,82 c	53,82 c	98,79 b
53. 7x3	216,85 a	69,85 c	84,07 a	282,66 b	51,45 c	80,14 c
54. 7x4	187,47 b	93,90 b	82,92 a	245,24 c	59,45 b	105,28 a
55. 7x5	213,56 a	96,17 b	75,68 a	284,50 b	49,32 c	66,43 c
56. 7x6	206,77 b	95,78 b	83,32 a	273,89 c	62,25 b	45,97d
57. 7x8	180,26 c	80,94 c	78,07 a	237,68 d	59,67 b	67,62 c
\bar{x} Cruzamentos 7.	198,90	86,69	80,02	261,70	53,28	81,52
58. 8x1	178,40 c	76,54 c	78,35 a	221,39 e	24,27 e	85,76 b
59. 8x2	198,10 b	79,55 c	84,67 a	251,66 c	41,70 d	85,54 b
60. 8x3	196,90 b	78,40 c	82,44 a	251,00 c	43,77 d	87,58 b
61. 8x4	163,86 d	61,31 d	81,64 a	202,73 e	53,35 c	110,96 a
62. 8x5	203,47 b	92,12 b	81,76 a	277,80 b	40,32 d	92,82 b
63. 8x6	184,28 c	92,09 b	82,37 a	246,52 c	50,57 c	54,92 d
64. 8x7	172,48 c	74,08 c	80,52 a	236,09 d	69,22 b	67,79 c
\bar{x} Cruzamentos 8.	185,36	79,16	81,68	241,03	46,17	83,62

As médias com as mesmas letras constituem um grupo homogêneo pelo teste de Scott e Knott a 1 %.

A frutificação precoce do mamoeiro é caracterizada pela menor altura de inserção do primeiro fruto (AIPF), assim, em programas de melhoramento de mamoeiro, plantas com menor altura de inserção do fruto devem ser

selecionadas, independentemente da altura da planta, visando a um incremento na precocidade da produção (Nakasone e Storey, 1953). Os genitores Maradol (1), Sekati (4) e São Mateus (8) apresentaram as menores alturas de inserção do primeiro fruto.

Marin et al. (1989) recomendam, como um dos critérios para a seleção no mamoeiro, que a altura de inserção seja inferior a 80 cm. Tanto os melhores pais quanto os híbridos de destaque apresentaram valores de AIPF inferiores a este patamar. Vale ressaltar que entre os híbridos de maior destaque - Maradol x JS 12/4 (10), JS 12 x JS 12/4 (17), JS 12/4 x JS 12 (24), JS 12/4 x São Mateus (29), Sekati x Maradol (30), Sekati x SS 72/12 (35) e São Mateus x Sekati (61) - observou-se heterose negativa, ou seja, houve um ganho na redução da altura de inserção do primeiro fruto.

Para a característica diâmetro do caule, houve formação de dois grupos, através do agrupamento de Scott e Knott (1974). Golden (6) e São Mateus (8) foram os genitores com maior destaque. A avaliação do DC é utilizada para mensurar o desenvolvimento de plantas de mamoeiro.

Tabela 6. Valores médios de oito características referentes à qualidade dos frutos de híbridos (F₁s e recíprocos) e respectivos genitores de um dialelo completo de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa

Genitores e Híbridos (F ₁ e recíprocos)	PMF	DF	CF	FE	FI	SST	EP	DCV
	Gramas	mm	mm	N	N	°Brix	mm	mm
01. Maradol	1996,00 a	116,60 a	309,78 a	87,65 c	58,88 e	7,93 d	32,83 a	50,93 c
02. JS 12	816,18 f	85,40 d	231,35 c	119,89 a	94,71 a	10,63 c	21,60 f	42,20 d
03. JS 12/4	1007,85 e	90,80 d	265,88 b	97,18 b	76,71 c	10,23 c	23,43 e	44,00 d
04. Sekati	899,10 e	91,38 c	194,58 d	95,54 c	70,41 d	8,83 d	25,20 d	41,00 d
\bar{x} Genitor Formosa	1179,78	96,05	250,40	100,07	75,18	9,41	25,77	44,53
05. Waimanalo	393,13 h	71,33 f	172,30 e	91,62 c	67,89 d	10,78 b	19,13 g	33,10 e
06. Golden	202,58 h	62,68 f	110,60 f	87,33 c	71,93 c	10,88 b	15,98 h	30,80 e
07. SS 72/12	272,40 h	71,23 f	120,40 f	98,09 b	69,25 d	12,03 a	16,13 h	38,98 e
08. São Mateus	614,93 g	96,90 c	139,48 f	90,48 c	61,46 e	10,10 c	23,95 d	49,08 c
\bar{x} Genitor Solo	370,76	75,54	135,70	91,88	67,63	10,95	18,80	37,99

Tabela 6. Cont.

Genitores e Híbridos (F ₁ e recíprocos)	PMF	DF	CF	FE	FI	SST	EP	DCV
	Gramas	mm	mm	N	N	°Brix	mm	mm
09. 1x2	1423,03 c	99,68 b	290,05 a	99,62 b	77,82 c	10,93 b	28,73 b	42,23 d
10. 1x3	1827,28 a	123,50 a	255,55 b	96,96 b	66,96 d	10,08 c	29,30 b	64,95 a
11. 1x4	1641,23 b	106,10 b	263,20 b	91,80 c	69,52 d	9,28 d	29,30 b	47,55 d
12. 1x5	1531,45 b	113,68 a	235,40 c	88,40 c	57,58 e	10,63 c	28,40 b	56,88 b
13. 1x6	1224,05 d	104,98 b	220,28 c	89,45 c	65,81 d	9,90 c	26,28 c	52,43 c
14. 1x7	1010,33 e	96,95 c	216,85 c	97,87 b	70,26 d	10,23 c	24,03 d	48,93 c
15. 1x8	1668,15 b	118,40 a	240,48 c	92,41 c	69,64 d	9,75 c	29,13 b	60,13 b
\bar{x} Cruzamentos 1.	1475,07	109,04	245,97	93,79	68,23	10,11	27,88	55,15
16. 2x1	1601,63 b	107,40 b	303,05 a	99,30 b	75,55 c	10,23 c	27,83 b	51,75 c
17. 2x3	1263,18 d	93,98 c	293,55 a	116,88 a	85,74 b	10,03 c	24,55 d	44,93 d
18. 2x4	1251,28 d	98,43 c	254,78 b	113,59 a	82,36 b	10,68 c	26,68 c	45,13 d
19. 2x5	970,48 e	94,25 c	235,50 c	97,14 b	77,36 c	11,20 b	24,23 d	45,80 d
20. 2x6	707,33 f	89,03 d	195,40 d	106,85 b	76,16 c	12,40 a	22,35 e	44,40 d
21. 2x7	622,05 g	85,33 d	176,98 e	106,76 b	76,58 c	13,05 a	20,73 f	43,88 d
22. 2x8	861,93 e	94,75 c	206,05 d	99,59 b	74,32 c	12,05 a	24,20 d	46,40 d
\bar{x} Cruzamentos 2.	1039,70	94,74	237,90	105,73	78,30	11,38	24,37	46,04

Tabela 6. Cont.

Genitores e Híbridos (F ₁ e recíprocos)	PMF	DF	CF	FE	FI	SST	EP	DCV
	Gramas	mm	mm	N	N	°Brix	mm	mm
23. 3x1	1352,00 c	105,93 b	208,95 d	112,89 a	75,13 c	10,18 c	27,05 b	51,88 c
24. 3x2	925,83 e	93,00 c	222,05 c	114,53 a	77,46 c	11,43 b	24,30 d	44,38 d
25. 3x4	1140,30 d	93,30 c	250,68 b	105,35 b	82,65 b	9,60 c	26,08 c	41,18 d
26. 3x5	782,98 f	99,43 b	190,33 e	100,40 b	69,58 d	12,15 a	22,23 e	55,03 c
27. 3x6	584,05 g	80,75 e	200,23 d	88,39 c	68,59 d	11,05 b	20,30 f	40,15 d
28. 3x7	363,18 h	74,50 e	137,00 f	86,79 c	72,26 c	11,95 a	18,88 g	36,78 e
29. 3x8	853,73 e	93,35 c	205,35 d	93,10 c	70,09 d	10,78 b	23,95 d	45,48 d
\bar{x} Cruzamentos 3.	857,44	91,47	202,08	100,21	73,68	11,02	23,26	44,98
30. 4x1	1559,53 b	107,10 b	252,25 b	93,81 c	70,90 d	9,00 d	28,80 b	49,53 c
31. 4x2	983,30 e	91,88 c	223,85 c	104,26 b	83,03 b	10,40 c	24,48 d	42,98 d
32. 4x3	956,80 e	92,08 c	211,18 d	101,41 b	75,78 c	10,30 c	24,08 d	43,95 d
33. 4x5	1270,13 d	108,70 b	221,90 c	88,11 c	63,66 e	9,80 c	26,60 c	55,50 c
34. 4x6	621,60 g	89,45 d	165,43 e	101,47 b	69,90 d	11,50 b	21,48 f	46,48 d
35. 4x7	611,48 g	88,75 d	162,38 e	90,92 c	68,90 d	11,53 b	21,25 f	46,30 d
36. 4x8	793,85 f	95,95 c	172,45 e	91,95 c	64,60 e	10,33 c	25,03 d	45,95 d
\bar{x} Cruzamentos 4.	970,96	96,27	201,35	95,99	70,97	10,41	24,53	47,24

Tabela 6. Cont.

Genitores e Híbridos (F ₁ e recíprocos)	PMF	DF	CF	FE	FI	SST	EP	DCV
	Gramas	mm	mm	N	N	°Brix	mm	mm
37. 5x1	1665,50 b	123,43 a	221,53 c	88,65 c	61,15 e	10,18 c	29,48 b	64,53 a
38. 5x2	1034,08 e	93,25 c	228,25 c	102,45 b	72,64 c	10,88 b	22,70 e	47,85 d
39. 5x3	869,23 e	90,53 d	233,48 c	91,73 c	63,62 e	11,58 b	23,48 e	43,58 d
40. 5x4	1341,75 c	109,40 b	210,30 d	87,23 c	57,18 e	10,03 c	27,50 b	54,43 c
41. 5x6	692,60 f	90,53 d	165,50 e	86,20 c	60,82 e	12,08 a	21,68 f	47,20 d
42. 5x7	556,80 g	88,85 d	151,63 e	79,29 c	60,57 e	11,95 a	21,60 f	45,63 d
43. 5x8	739,23 f	95,53 c	172,33 e	92,17 c	62,72 e	11,65 b	22,65 e	50,25 c
\bar{x} Cruzamentos 5.	985,60	98,79	197,57	89,67	62,67	11,19	24,16	50,50
44. 6x1	1179,35 d	104,78 b	219,95 c	90,44 c	66,44 d	10,43 c	26,68 c	51,45 c
45. 6x2	614,38 g	87,48 d	201,33 d	100,73 b	72,87 c	12,65 a	21,20 f	45,10 d
46. 6x3	728,85 f	87,23 d	207,35 d	95,44 c	74,16 c	11,58 b	21,35 f	44,58 d
47. 6x4	777,93 f	89,63 d	174,00 e	92,47 c	63,34 e	11,33 b	23,50 e	42,63 d
48. 6x5	696,38 f	95,38 c	172,95 e	86,10 c	60,10 e	11,43 b	23,23 e	48,95 c
49. 6x7	278,15 h	71,08 f	115,10 f	83,73 c	61,37 e	11,30 b	18,30 g	34,50 e
50. 6x8	470,05 g	85,40 d	134,90 f	84,72 c	60,19 e	10,98 b	20,90 f	43,58 d
\bar{x} Cruzamentos 6.	677,87	88,71	175,08	90,52	65,50	11,39	22,17	44,40

Tabela 6. Cont.

Genitores e Híbridos (F ₁ e recíprocos)	PMF	DF	CF	FE	FI	SST	EP	DCV
	Gramas	mm	mm	N	N	°Brix	mm	mm
51. 7x1	1133,20 d	105,05 b	213,95 d	101,28 b	65,33 d	10,70 c	25,93 c	53,28 c
52. 7x2	708,68 f	84,68 d	185,20 e	101,17 b	74,37 c	12,90 a	19,48 g	45,70 d
53. 7x3	600,10 g	85,30 d	190,78 e	90,13 c	68,20 d	11,30 b	19,70 g	45,83 d
54. 7x4	703,60 f	90,63 d	173,55 e	89,97 c	67,98 d	10,83 b	22,35 e	45,95 d
55. 7x5	525,93 g	86,20 d	157,05 e	88,37 c	63,89 e	11,88 a	20,60 f	45,05 d
56. 7x6	322,28 h	74,50 e	123,23 f	83,13 c	61,98 e	10,93 b	16,68 h	41,18 d
57. 7x8	443,78 h	84,33 d	129,95 f	83,59 c	61,10 e	10,90 b	20,83 f	42,73 d
\bar{x} Cruzamentos 7.	633,94	87,24	167,67	91,09	66,12	11,35	20,80	45,67
58. 8x1	1361,90 c	111,93 b	218,58 c	91,53 c	67,67 d	9,60 c	27,25 b	57,43 b
59. 8x2	804,10 f	93,25 c	195,95 d	112,82 a	68,50 d	11,35 b	23,68 e	45,88 d
60. 8x3	783,98 f	87,85 d	208,45 d	87,62 c	66,55 d	10,90 b	22,35 e	43,18 d
61. 8x4	815,65 f	97,55 c	171,33 e	90,69 c	66,28 d	10,53 c	24,43 d	48,75 c
62. 8x5	897,30 e	105,55 b	159,43 e	86,70 c	61,39 e	11,33 b	26,18 c	53,20 c
63. 8x6	426,78 h	86,75 d	132,85 f	87,35 c	61,56 e	11,33 b	21,55 f	43,68 d
64. 8x7	383,70 h	80,68 e	126,23 f	77,64 c	62,82 e	10,98 b	20,30 f	40,10 d
\bar{x} Cruzamentos 8	1083,00	94,79	173,26	90,62	64,97	10,86	23,68	47,46

As médias com as mesmas letras constituem um grupo homogêneo pelo teste de Scott e Knott a 1 %.

Em programas de melhoramento de mamoeiro, devem ser selecionadas plantas altamente produtivas, sem deformidades nos frutos. Os genitores SS 72/12 e Golden apresentaram as maiores médias para a característica número de frutos comerciais, excluídos os frutos com deformidades. Os híbridos que se destacaram foram 42 (Waimanalo x SS 72/12), 49 (Golden x SS 72/12), 54 (SS 72/12 x Sekati), 56 (SS 72/12 x Golden), 57 (SS 72/12 x São Mateus) e 64 (São Mateus x SS 72/12), valendo ressaltar que os melhores híbridos foram provenientes de cruzamentos envolvendo pelo menos um dos melhores pais.

Um dos principais objetivos do melhoramento genético do mamoeiro é contribuir para o aumento da produtividade; e para esta característica, o parental Maradol apresentou a melhor média. Juntamente com o parental Maradol, foram agrupados mais 16 híbridos, sendo que dez tinham em seu cruzamento a contribuição do parental Maradol (Maradol x JS 12, Maradol x JS 12/4, Maradol x Golden, Maradol x SS 72/12, Maradol x São Mateus, JS 12/4 x Maradol, Sekati x Maradol, Golden x Maradol, SS 72/12 x Maradol) e os demais tinham o parental Sekati: JS 12 x Sekati, JS 12/4 x Sekati, Sekati x JS 12, Waimanalo x Sekati, SS 72/12 x Sekati, São Mateus x Sekati. As variedades de mamoeiro são classificadas em dois grupos: Solo e Formosa. Essa classificação é geralmente feita em função do tamanho do fruto. O grupo Solo apresenta frutos com peso médio de 350 a 600 gramas, já o grupo Formosa apresenta frutos com peso médio acima de 800 gramas.

Segundo Manica (1982), em quase todas as regiões onde o mamoeiro é cultivado a maioria dos frutos comercializados é de tamanho grande, caracterizado por frutos de mais de 1500 gramas. No Brasil, após a introdução de frutos do grupo Solo, o consumo de frutos deste grupo vem crescendo acentuadamente (Marin et al., 1994). No ano de 2010, até o mês de julho, das 80.629 toneladas de mamão comercializadas no Ceagesp, 53,54% foram de mamão do grupo Solo (Agrianual, 2011).

No mercado interno, são comercializados frutos dos dois grupos, enquanto no mercado externo há uma preferência por frutos pequenos (peso médio em torno de 500 gramas) (Giacometti e Ferreira, 1988).

Uma vez que há mercado para frutos dos dois grupos, podemos selecionar tanto os genótipos que apresentem frutos de tamanho grande como pequeno. Assim, o parental Maradol e o híbrido 10 (Maradol x JS 12/4) apresentaram os

maiores tamanhos de frutos. E os genitores Golden, SS 72/12 e Waimanalo juntamente com os híbridos 28(JS 12/4 x SS 72/12), 49 (Golden x SS 72/12), 56 (SS 72/12 x Golden), 57 (SS 72/12 x São Mateus), 63 (São Mateus x Golden) e 64 (São Mateus x SS 72/12) apresentaram os menores tamanhos.

O diâmetro do fruto é uma característica que complementa a avaliação do tamanho do fruto. Para essa característica, destacam-se o parental Maradol e os híbridos 10 (Maradol x JS 12/4), 12 (Maradol x Waimanalo), 15 (Maradol x São Mateus) e 37 (Waimanalo x Maradol), apresentando os maiores valores para o diâmetro do fruto, tendo sido importante o parental Maradol na composição dos híbridos. Já os genitores Golden, SS 72/12 e Waimanalo e o híbrido 49 apresentaram os menores diâmetros.

Para o CF, o parental Maradol e os híbridos 9 (Maradol x JS 12), 16 (JS 12 x Maradol) e 17 (JS 12 x JS 12/4) apresentaram o maior comprimento do fruto. E os genitores Golden, SS 72/12 e São Mateus apresentaram menor comprimento do fruto, tendo sido os híbridos 28 (JS 12/4 x SS 72/12), 49 (Golden x SS 72/12), 50 (Golden x São Mateus), 56 (SS 72/12 x Golden), 57 (SS 72/12 x São Mateus), 63 (São Mateus x Golden) e 64 (São Mateus x SS 72/12) também agrupados neste grupo.

Para Giacometti e Ferreira (1988), a qualidade da polpa está relacionada à consistência firme, cor salmão, sabor e aroma agradáveis. A consistência firme da polpa garante uma maior vida de prateleira ao fruto. Neste contexto, parental JS 12 juntamente com os híbridos 17 (JS 12 x JS 12/4), 18 (JS 12 x Sekati), 23 (JS 12/4 x Maradol), 24 (JS 12/4 x JS 12) e 59 (São Mateus x JS 12) foram agrupados no grupo que apresentou maior firmeza externa da polpa. Já para a característica firmeza interna da polpa apenas, o parental JS 12 foi agrupado no grupo a. E no grupo B, foram agrupados os híbridos 17 (JS 12 x JS 12/4), 18 (JS 12 x Sekati), 25 (JS 12/4 x Sekati) e 31 (Sekati x JS 12).

Em geral, o mamão é consumido ao natural, sendo muito apreciado por seu sabor adocicado. Assim, a avaliação do teor de açúcares, quantificado em termos do teor de sólidos solúveis, é de fundamental importância durante a seleção de genótipos superiores. Em relação ao teor de açúcares, destacaram-se o parental SS 72/12 e os híbridos 20 (JS 12 x Golden), 21 (JS 12 x SS 72/12), 22 (JS 12 x São Mateus), 26 (JS 12/4 x Waimanalo), 28 (JS 12/4 x SS 72/12), 41

(Waimanalo x Golden), 42 (Waimanalo x SS 72/12), 45 (Golden x JS 12), 52 (SS 72/12 x JS 12) e 55 (SS 72/12 x Waimanalo).

A preferência comercial por frutos hermafroditas, de formato piriforme ou alongados, está associada à maior espessura da polpa (Marin e Gomes, 1985). O parental que melhor se destacou para EP foi o Maradol. Contudo, os híbridos 9 (Maradol x JS 12), 10 (Maradol x JS 12/4), 11 (Maradol x Sekati), 12 (Maradol x Waimanalo), 15 (Maradol x São Mateus), 16 (JS 12 x Maradol), 23(JS 12/4 x Maradol). 30 (Sekati x Maradol), 37 (Waimanalo x Maradol), 40 (Waimanalo x Sekati) e 58 (São Mateus x Maradol) foram agrupados no grupo b, embora tenham apresentado bom desempenho para essa característica.

O diâmetro da cavidade central do fruto também é influenciado pela forma dos carpelos. Quanto menor o diâmetro, maior a espessura da polpa. Os genitores Waimanalo, Golden e SS 72/12 apresentaram os menores valores para o diâmetro da cavidade interna, juntamente com os híbridos 28 (JS 12/4 x SS 72/12) e 49 (Golden x SS 72/12).

3. Análise dialélica

Com base na significância do teste F observada na análise de variância preliminar (Tabelas 3 e 4), a soma de quadrados de genótipos foram desdobradas em somas de quadrados para capacidade geral de combinação (CGC), para capacidade específica de combinação (CEC) e para efeito recíproco conforme Método 1, proposto por Griffing (1956). Os quadrados médios e os valores dos componentes quadráticos associados à capacidade geral de combinação, à capacidade específica e ao recíproco encontram-se nas Tabelas 7 e 8.

Os valores dos quadrados médios referentes à CGC foram significativos ($P < 1$), pelo teste F, para todas as características avaliadas, indicando que os genitores contribuem de forma diferente nos cruzamentos em que estiverem envolvidos. A significância dos quadrados médios relativa à CGC é um indicativo de diferenças entre os efeitos da CGC para os genótipos genitores e do envolvimento de efeitos aditivos na herança desses caracteres. A média dos quadrados dos efeitos da CGC foi superior à média dos quadrados dos efeitos da CEC para as características avaliadas, indicando que os efeitos aditivos são predominantes no controle dessas características.

Todas as características avaliadas apresentaram significância para o CEC. Essa significância pressupõe a existência de combinações híbridas com desempenho superior ou inferior ao esperado com base na capacidade combinatórias dos genitores.

Para as estimativas dos componentes de variância, apenas as características DC, PROD e SST expressaram superioridade dos efeitos não-aditivos em relação aos efeitos aditivos, assim, as hibridações com o objetivo de explorar o efeito heterótico poderão proporcionar ganhos superiores.

As demais características, as estimativas dos componentes quadráticos dos efeitos aditivos foram superiores aos efeitos não-aditivos, indicando que a melhor alternativa para obtenção de ganhos será a utilização de genitores em programas intrapopulacionais (Cruz et al., 2004).

Tabela 7. Resumo das análises de variância da capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC), recíprocos e os componentes quadráticos para seis características morfoagronômicas de híbridos (F₁ e recíprocos) e respectivos genitores de um dialelo completo de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}					
		^{1/} AP DAT	170 AIPF DAT	170 DC DAT	320 AP DAT	NFC (1+2+3)	PROD t.ha- 1
Genótipos	63	1585,58**	945,81**	69,08**	4428,13**	822,96**	2095,65**
CGC	7	10965,36**	6392,12**	245,41**	34140,88**	6354,01**	9075,34**
CEC	28	506,85**	258,45**	57,12**	901,638**	189,01**	1904,26**
Recíproco	28	319,35*	271,56**	36,94 ^{ns}	526,44 ^{ns}	74,16 ^{ns}	542,08 ^{ns}
Resíduo	189	177,76	133,99	27,88	356,15	49,07	383,52
$\hat{\sigma}_g$		168,55	97,78	3,39	527,88	98,51	135,80
$\hat{\sigma}_s$		82,27	31,11	7,31	136,37	35,00	380,18
$\hat{\sigma}_g/\hat{\sigma}_s$		2,04	3,14	0,46	3,87	2,81	0,35

^{ns} não significativo, **significativo ao nível de 1% de probabilidade, *significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

$\hat{\sigma}_g$ = estimativa do componente quadrático associado à CGC.

$\hat{\sigma}_s$ = estimativa do componente quadrático associado à CEC.

^{1/}AP: Altura da Planta, em cm, aos 170 DAT (Dias Após o Transplântio); AIPF: Altura de Inserção do Primeiro Fruto, em cm; DC: Diâmetro do Caule, em mm; AP: Altura da Planta, em cm, aos 320 DAT; NFC: Número Total de Frutos, somatório das contagens de frutos aos 170, 225 e 320 DAT; PROD = Produtividade, em t.ha⁻¹.

Tabela 8. Resumo das análises de variância da capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC), recíprocos e os componentes quadráticos para oito características referentes à qualidade dos frutos de híbridos (F₁ e recíprocos) e respectivos genitores de um dialelo completo de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}									
		^{1/} PMF gramas	DF mm	CF mm	FE	N	FI	N	SST °Brix	EP mm	DCV mm
Genótipos	63	695212,28**	622,68**	8914,30**	342,69**		221,36**		3,80**	49,26**	166,07**
CGC	7	5599534,01**	4211,99**	70096,45**	2155,59**		1545,38**		23,20**	393,98**	723,26**
CEC	28	107375,51**	272,57**	1352,85**	156,68**		75,59**		2,27**	8,09**	143,21**
Recíproco	28	56968,61**	75,45**	1180,20**	75,48 ^{ns}		36,14 ^{ns}		0,48 ^{ns}	4,26**	49,62**
Resíduo	189	12500,38	24,16	309,67	77,93		26,60		0,45	1,89	19,35
$\hat{\phi}_g$		87297,40	65,43	1090,41	32,46		23,73		0,35	6,12	10,99
$\hat{\phi}_s$		23718,78	62,10	260,79	19,68		12,24		0,45	1,55	30,96
$\hat{\phi}_g/\hat{\phi}_s$		3,68	1,05	4,18	1,65		1,94		0,78	3,95	0,35

^{ns} não significativo, **significativo ao nível de 1% de probabilidade, *significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

$\hat{\phi}_g$ = estimativa do componente quadrático associado à CGC.

$\hat{\phi}_s$ = estimativa do componente quadrático associado à CEC.

^{1/}PMF: Peso Médio do Fruto; DF: Diâmetro do Fruto; CF: Comprimento do Fruto; FE: Firmeza Externa da Polpa; FI: Firmeza Interna da Polpa; SST: Teor de Sólidos Solúveis Totais; EP: Espessura Média da Polpa do Fruto; DCV: Diâmetro da Cavidade Central do Fruto.

As significâncias do CGC e CEC indicam que genes de efeitos aditivos e genes de efeitos não-aditivos exercem controle sobre as características avaliadas. Resultados semelhantes também foram observados por Marin et al. (2006a), avaliando um dialelo parcial de mamão. Esses autores relataram que efeitos gênicos aditivos e não-aditivos estavam envolvidos nos controles das características por eles avaliadas.

As avaliações dos efeitos de CEC, apesar de serem muito úteis na determinação das melhores combinações híbridas, não especificam quais dos genitores devem ser utilizados como parental feminino ou masculino. Para obter essa informação, utilizam-se os efeitos recíprocos (Cruz et al., 2004). As características altura de plantas (170DAT), altura de inserção do primeiro fruto, peso médio do fruto, diâmetro do fruto, comprimento do fruto, espessura da polpa e diâmetro da cavidade apresentaram efeito recíproco significativo.

O efeito recíproco refere-se ao desvio entre o desempenho dos genitores de um cruzamento e do seu recíproco, por exemplo, avaliamos se o cruzamentos JS x SS é diferente do cruzamento SS x JS.

3.1. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC)

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinações nos fornecem informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos em seus efeitos nas expressões das características. Assim, os genitores que apresentarem estimativas altas e positivas de \hat{g}_i são aqueles que mais contribuem para o aumento da expressão do caráter, enquanto aqueles com valores baixos e negativos contribuem para a redução da manifestação do caráter em estudo (Cruz et al., 2004).

Essas informações são de grande valia na determinação dos genitores a serem utilizados em programas de melhoramento de plantas. Baixos valores sugerem que a média dos híbridos em que o parental i participa não difere da média geral do dialelo. Altas estimativas, positivas ou negativas, indicam que o genótipo em questão, quando em cruzamentos, tem o potencial de elevar ou reduzir a expressão da característica, sendo superior ou inferior aos demais genitores incluídos no dialelo (Cruz e Vencovsky, 1989).

O parental com maior frequência de genes favoráveis, conseqüentemente, apresentará maiores estimativas de \hat{g}_i . As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação dos genitores para as características avaliadas estão apresentadas nas Tabelas 9 e 10.

Avaliando a característica AP (170 e 320 DAT), observa-se que os genitores Maradol (1), Sekati (4) e São Mateus (8) destacaram-se por apresentar valores negativos de \hat{g}_i , indicando serem desejáveis em programas que visem à diminuição do porte.

Avaliando a característica AP (170 e 320 DAT), observa-se que os genitores Maradol (1), Sekati (4) e São Mateus (8) destacaram-se por apresentar valores negativos de \hat{g}_i , indicando serem desejáveis em programas que visem à diminuição do porte.

Tabela 9. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para as seis características avaliadas em um esquema de cruzamentos dialélicos, entre oito progênies de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa

Cultivares	Características Avaliadas					
	^{1/} AP 170 DAT	AIPF 170 DAT	DC 170 DAT	AP 320 DAT	NFC (1+2+3)	PROD t.ha ⁻¹
Grupo Formosa						
1. Maradol	-7,88	-7,07	-1,86	-22,43	-12,11	22,56
2. JS 12	4,54	-2,89	-0,85	0,23	-3,18	4,59
3. JS 12/4	3,12	1,68	-0,71	2,99	-5,22	-3,87
4. Sekati	-23,27	-15,48	-1,27	-34,75	-2,42	10,26
Grupo Solo						
5. Waimanalo	20,05	15,29	-1,92	36,72	-7,94	-11,32
6. Golden	6,60	11,50	1,41	16,61	8,80	-12,48
7. SS 72/12	6,00	2,23	1,79	14,28	18,81	-7,23
8. São Mateus	-9,16	-5,26	3,41	-13,65	3,27	-2,52
DP (\hat{g}_i)	1,56	1,35	0,62	2,21	0,82	2,29
DP ($\hat{g}_j - \hat{g}_i$)	2,36	2,05	0,93	3,34	1,24	3,46

^{1/}AP: Altura da Planta, em cm, aos 170 DAT (Dias Após o Transplante); AIPF: Altura de Inserção do Primeiro Fruto, em cm; DC: Diâmetro do Caule, em mm; AP: Altura da Planta, em cm, aos 320 DAT; NFC: Número Total de Frutos, somatório das contagens de frutos aos 170, 225 e 320 DAT; PROD = Produtividade, em t.ha⁻¹.

Os genitores Maradol (1), JS 12 (2), Sekati (4) e São Mateus (8) apresentaram valores negativos para AIPF, sendo, portanto os mais indicados quando o objetivo for plantas com maior precocidade.

Observou-se que os genitores do grupo Solo - São Mateus, SS 72/12 e , Golden - apresentaram as maiores magnitudes de \hat{g}_i para DC. Esses dados estão condizentes com aqueles apresentados por Marin et al. (2006a), que também encontraram tendência de os genitores do grupo Solo apresentarem maior contribuição genética para a característica diâmetro do caule.

Analisando a característica NFC, constata-se que apenas os genitores Golden (6), SS 72/12(7) e São Mateus (8) apresentaram valores positivos de \hat{g}_i indicando serem desejáveis em programas que visem ao aumento do número de frutos.

Tabela 10. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para as oito características avaliadas em um esquema de cruzamentos dialélicos, entre oito progênies de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa

Cultivares	Características Avaliadas							
	^{1/} PMF	DF	CF	FE	FI	SST	EP	DCV
Grupo								
Formosa								
1. Maradol	601,91	16,16	49,50	-0,50	-1,79	-1,06	4,70	6,74
2. JS 12	53,98	-1,62	30,44	12,36	9,88	0,48	-0,01	-1,63
3. JS 12/4	31,71	-1,33	22,44	3,64	4,01	-0,03	-0,26	-0,80
4. Sekati	107,93	2,40	6,80	1,03	1,30	-0,70	1,47	-0,54
Grupo Solo								
5. Waimanalo	-11,24	2,12	-5,47	-4,49	-4,87	0,28	0,03	2,08
6. Golden	-300,68	-8,82	-33,62	-4,17	-2,43	0,43	-2,56	-3,67
7. SS 72/12	-358,24	-10,27	-42,93	-3,80	-1,99	0,66	-3,48	-3,32
8. São Mateus	-125,37	1,36	-27,15	-4,06	-4,11	-0,07	0,11	1,13
DP (\hat{g}_i)	13,07	0,57	2,06	1,03	0,60	0,08	0,16	0,51
DP ($\hat{g}_j - \hat{g}_i$)	19,76	0,87	3,11	1,56	0,91	0,12	0,24	0,78

^{1/}PMF: Peso Médio do Fruto; DF: Diâmetro do Fruto; CF: Comprimento do Fruto; FE: Firmeza Externa da Polpa; FI: Firmeza Interna da Polpa; SST: Teor de Sólidos Solúveis Totais; EP: Espessura Média da Polpa do Fruto; DCV: Diâmetro da Cavidade Central do Fruto.

Os genitores Maradol, JS 12 e Sekati foram os únicos a expressar valores positivos de estimativas de \hat{g}_i para a característica PROD, portanto, interessantes para o aumento da produtividade em programas de melhoramento de que participem.

Para as características PMF, DF e CF, sobressaíram-se os genitores Maradol, Sekati, Golden e SS 72/12, sendo os dois primeiros indicados para programas que visem ao incremento nessas características, sendo indicados para a obtenção de híbridos com frutos de maior peso à semelhança do fruto Formosa. Em contrapartida, as magnitudes negativas observadas nos genitores Golden e SS 72/12 demonstram a possibilidade de indicação destes genitores para programas de melhoramento visando à diminuição do tamanho dos frutos, obtendo assim frutos do tipo Solo

O parental JS 12 revelou-se promissor para o aumento da firmeza tanto externa como interna da polpa.

As estimativas dos efeitos de \hat{g}_i para SST permitiram identificar que os genitores JS 12 (2), Waimanalo (5), Golden (6) e SS72/12(7) foram os que se revelaram mais interessantes por apresentarem magnitudes positivas de \hat{g}_i . Entre os genitores, SS 72/12 (7) conteve o maior valor de \hat{g}_i , denotando que contribuirá para o aumento dos sólidos solúveis totais. Por outro lado, o parental Maradol é o de menor interesse por expressar magnitudes negativas mais elevadas de \hat{g}_i .

Quanto à característica EP, os genitores Maradol e Sekati apresentaram as maiores estimativas positivas de \hat{g}_i , sendo interessantes para o aumento da espessura da polpa em cruzamentos de que participem.

Os genitores Golden e SS 72/12 expressaram valores negativos das estimativas de \hat{g}_i , sendo, portanto, interessantes na redução do diâmetro da cavidade interna do fruto em programas de que participem

3.2. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC)

As estimativas dos efeitos das capacidades específicas de combinação (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) encontram-se nas Tabelas 11 e 12. Para todas as características avaliadas, com exceção de DC, PROD, SST e DCV, foram observados valores negativos e positivos de \hat{s}_{ii} , relativos aos genitores, o que indica a existência de desvio de

dominância bidirecional, logo há genes que aumentam a expressão do caráter e outros, igualmente dominantes, que diminuem (Cruz e Vencovsky, 1989).

Ao inferir sobre as melhores combinações híbridas, Cruz et al. (2004) sugerem que os melhoristas deveriam levar em consideração não apenas as estimativas de \hat{g}_i e \hat{s}_{ij} , mas também as estimativas de \hat{s}_{ii} , o que possibilitará uma melhor escolha das combinações híbridas.

Segundo Cruz et al. (2004), a magnitude do valor de \hat{s}_{ii} é indicativo de heterose varietal, assim, quanto maior o valor de \hat{s}_{ii} , maior a divergência genética entre o genitor i , em relação aos demais do dialelo. Do mesmo modo, quanto maior for o valor absoluto de \hat{s}_{ii} maior será sua contribuição para a heterose de seus híbridos. Quando o valor de \hat{s}_{ii} for negativo, o parental i contribuirá positivamente para a heterose; se positivo, contribuirá negativamente. Caso o valor for zero ou muito próximo, a divergência do genitor (i) em relação aos demais genitores do dialelo será pequena ou nula, e a heterose nos híbridos desse genitor também será pequena ou nula.

Tabela 11. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) para as seis características avaliadas em combinações híbridas resultantes do cruzamento dialélico de mamoeiros dos grupos Solo e Formosa

Efeitos (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij})	Características Avaliadas					
	AP	AIPF	DC	AP	NFC	PROD
1x1	-25,12	-17,64	-6,30	-32,53	5,06	-18,56
1x2	-2,66	-4,16	0,38	-11,70	1,97	-5,56
1x3	7,01	8,29	1,14	12,50	4,15	6,08
1x4	2,58	2,77	1,31	6,99	0,38	-7,24
1x5	2,58	-1,18	-0,08	4,17	0,63	-8,56
1x6	7,69	4,57	3,18	13,48	2,23	27,37
1x7	1,01	1,43	-0,57	-2,25	-8,94	6,52
1x8	6,92	5,93	0,94	9,34	-5,49	-0,05

Tabela 11. Cont.

Efeitos ($\hat{\delta}_{ii}$ e $\hat{\delta}_{ij}$)	Características Avaliadas ^{1/}					
	AP	AIPF	DC	AP	NFC	PROD
2x2	-10,27	-4,11	-4,37	7,64	3,46	-14,73
2x3	-4,07	6,33	-1,71	3,18	-2,26	-1,35
2x4	-4,80	-1,34	-0,10	-6,27	3,21	10,21
2x5	-0,74	-5,73	1,02	-3,74	2,61	5,73
2x6	-2,40	-0,60	-1,08	-6,58	-3,01	-1,51
2x7	10,81	2,98	0,71	0,04	-5,85	6,05
2x8	14,14	6,64	5,14	17,43	-0,13	1,16
3x3	-8,09	-1,06	-3,98	-3,57	-1,85	-3,06
3x4	6,18	-4,24	3,05	0,47	4,20	9,58
3x5	-7,53	9,16	-1,12	-11,50	-5,44	-21,38
3x6	-2,59	-12,72	1,27	-11,39	-0,61	5,53
3x7	4,95	-0,23	2,01	7,18	-1,82	-7,24
3x8	4,15	-5,54	-0,66	3,12	3,63	11,84
4x4	-21,97	0,98	-9,33	-24,18	-10,22	-45,06
4x5	1,92	4,51	0,92	5,45	0,82	22,06
4x6	12,57	2,91	2,53	13,85	-2,76	-1,74
4x7	1,78	-1,38	2,03	1,73	-1,07	7,19
4x8	1,75	-4,21	-0,41	1,97	5,44	4,99
5x5	0,50	2,66	-5,05	-11,52	-11,47	-47,33
5x6	2,14	-1,04	0,67	12,38	5,14	22,78
5x7	1,46	-4,88	1,54	2,36	4,05	12,93
5x8	-0,33	-3,50	2,09	2,40	3,66	13,77
6x6	-3,45	6,80	-2,43	-3,11	3,91	-25,70
6x7	-7,39	-2,37	-2,29	-8,68	-3,10	-16,44
6x8	-6,58	2,46	-1,85	-9,95	-1,78	-10,31
7x7	-1,12	7,62	-0,11	11,84	15,09	-3,01
7x8	-11,50	-3,17	-3,32	-12,22	1,64	-6,00
8x8	-8,55	1,38	-1,93	-12,08	-6,98	-15,41

^{1/}AP: Altura da Planta, em cm, aos 170 DAT (Dias Após o Transplante); AIPF: Altura de Inserção do Primeiro Fruto, em cm; DC: Diâmetro do Caule, em mm; AP: Altura da Planta, em cm, aos 320 DAT; NFC: Número Total de Frutos, somatório das contagens de frutos aos 170, 225 e 320 DAT; PROD = Produtividade, em t.ha⁻¹.

Considerando duas das principais características para o melhoramento do mamoeiro, a produtividade e o teor de sólidos solúveis totais, ambas apresentaram todos os valores de \hat{s}_{ii} negativos, o que indica ocorrência de desvios de dominância positivos. As maiores magnitudes negativas para \hat{s}_{ii} foram observadas nos genitores Waimanalo (-47,33) e JS 12 (-1,22) respectivamente para PROD e SST, o que pressupõe a contribuição efeito heterótico positivo em seus híbridos.

Situação análoga ocorre para as características DC e DCV em que todos os genitores tendem a proporcionar desvios de dominância positivos.

As estimativas de \hat{s}_{ij} evidenciam a importância dos genes com efeitos não-aditivos, servindo para enfatizar a importância de interações não-aditivas, resultantes da complementação gênica entre os genitores. Estimativas de \hat{s}_{ij} que apresentem altos valores, positivos ou negativos, indicam a existência de combinações híbridas melhores ou piores do que o esperado com base somente no CGC. Assim, a CEC é, em grande parte, dependente de genes que mostrem efeitos de dominância e epistasia (Sprague e Tatum, 1942).

O híbrido mais favorável deve ser aquele que apresentar maior estimativa da \hat{s}_{ij} , na qual um dos genitores apresente a maior capacidade geral de combinação (Cruz e Vencovsky, 1989).

Para AP, destacaram-se nove combinações na avaliação aos 170 DAT e 10 aos 320 DAT. Vê-se que a combinação 7x8 foi superior para AP tanto aos 170 DAT como aos 330 DAT, pois revela valores negativos e elevados. Assim, conclui-se que essa combinação é promissora para o uso em programas de melhoramento cujo objetivo é diminuir o tamanho das plantas.

Com relação à AIPF, 10 combinações revelaram valores de \hat{s}_{ij} para precocidade por expressarem valores negativos da CEC. Entre estes híbridos, sete possuem pelo menos um genitor com valor de \hat{g}_i negativo e dois contêm ambos os genitores com estimativas favoráveis de \hat{g}_i . Quatro combinações favoráveis não contiveram sequer um dos genitores com estimativas favoráveis (3x6, 5x7 e 6x7).

Para DC, destacaram-se sete combinações com valores de \hat{s}_{ij} positivos. Dessas sete combinações, seis apresentam como genitor Golden, SS 72/12 ou São Mateus, tendo estes genitores apresentado as melhores estimativas de \hat{g}_i para essa característica.

Para NFC, destacaram-se 10 combinações com valores de $\hat{\sigma}_{ij}$ desejáveis. Destas, cinco combinações (4x8, 5x6, 5x7, 5x8 e 3x8) apresentam a contribuição de pelo menos um genitor com CGC favorável.

O aumento da produtividade é um dos principais objetivos do melhoramento genético. Para essa característica, destacaram-se 15 combinações, sendo que dez delas tinham em seu cruzamento um dos genitores Maradol, JS 12 ou Sekati, que apresentaram as melhores estimativas de \hat{g}_i para produtividade. As cinco combinações restantes tinham em suas combinações um dos genitores Golden, SS 72/12 ou São Mateus, que apresentaram as melhores estimativas de \hat{g}_i para a característica número de frutos. Uma vez que a produtividade é estimada com base no número e no peso de frutos, o ganho obtido em relação ao número de frutos se refletirá automaticamente no aumento da produtividade.

Para a característica PMF, os híbridos que se destacaram foram 4x5, 1x8, 2x3, 1x5, 5x6, 2x7, 2x5, 6x7, 1x3, 2x4, 5x8, 3x6, 3x8 e 5x7. Essas combinações apresentaram as maiores magnitude positivas de $\hat{\sigma}_{ij}$. Entre essas combinações, cinco se destacaram por apresentarem pelo menos um dos genitores com maiores efeitos positivos de CGC, sendo, portanto, híbridos promissores quando o objetivo for obter cultivares com maior peso do fruto.

No entanto, as combinações 3x5, 3x7, 4x8, 1x7, 1x2, 6x8, 1x4, 4x6, 7x8, 1x6 e 2x8 são as mais indicadas por contribuírem geneticamente para a diminuição do peso médio dos frutos em programas de melhoramento, visto apresentarem os maiores valores negativos de CEC. Os híbridos 3x7, 1x7, 6x8, 4x6, 7x8 e 1x6, além da maior magnitude negativa de CEC, apresentam pelo menos um genitor com elevada magnitude negativa de CGC.

As características peso médio do fruto, diâmetro e comprimento do fruto são características relacionadas à caracterização do tamanho do fruto. Assim, de igual forma ao peso médio dos frutos, poderemos selecionar combinações híbridas com frutos de maior tamanho, à semelhança do fruto Formosa, ou para obtenção de híbridos com frutos de tamanho menores, mais próximos aos do grupo Solo.

No intuito de selecionar combinações que venham contribuir para o aumento do tamanho dos frutos, as combinações 4x5, 1x5, 1x3, 5x6, 2x6, 1x8, 4x7, 1x6, 5x8, 2x7 e 2x3 se destacam para diâmetro do fruto; já as combinações

1x2, 3x6, 4x5, 3x8, 1x7, 5x6, 1x8, 2x5, 2x3, 1x6, 4x7, 5x7, 2x4, 3x4, 2x6 e 1x4 se destacaram para comprimento do fruto.

Quando o objetivo é selecionar híbridos com menor tamanho, os híbridos 1x4, 1x2, 3x8, 7x8, 3x7, 3x4 e 6x7 obtiveram as maiores magnitudes negativas de CEC para diâmetro do fruto. Para comprimento dos frutos, os híbridos 1x3, 3x7, 1x5, 4x8, 2x7, 6x8, 3x5, 6x7 e 4x6 foram os que apresentaram maiores magnitudes negativas para comprimento do fruto.

Para a característica firmeza externa, as combinações com maiores magnitudes positivas foram 1x7, 1x3, 4x6, 2x3, 3x4, 2x8 e 3x5; para firmeza interna, foram 1x8, 3x4, 1x7 e 2x4. É importante salientar que as combinações 1x7 e 3x4 se destacaram para ambas as características - firmeza externa e interna.

As estimativas de \hat{s}_{ij} para teor de sólidos solúveis totais apresentam valores muito baixos, próximos de zero, indicando que a heterose nos híbridos para essa característica será pequena ou nula, uma vez que a divergência entre os genitores é pequena (Cruz et al., 2004). A combinação 2x7 apresentou a maior magnitude positiva de \hat{s}_{ij} para SST, tendo os dois genitores envolvidos neste caso apresentado os maiores valores positivos para estimativa de CGC.

Situação semelhante ocorre para a característica EP, em que as magnitudes de \hat{s}_{ij} foram muito próximas de zero. Para essa característica, a combinação 4x5 apresentou as maiores estimativas positivas de CEC.

Os resultados de CEC referentes ao diâmetro da cavidade interna mostraram que as combinações 1x2, 1x4 e 7x8 evidenciaram os maiores efeitos negativos de \hat{s}_{ij} ; assim, nesses híbridos, constatou-se uma diminuição da cavidade interna e, por conseguinte, aumento da espessura da polpa.

Tabela 12. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) para as oito características avaliadas em combinações híbridas resultantes do cruzamento dialélico de mamoeiros dos grupos Solo e Formosa

Efeitos (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij})	Características Avaliadas							
	PMF	DF	CF	FE	FI	SST	EP	DCV
1x1	-116,56	-9,68	11,58	-6,16	-6,66	-0,84	-0,25	-9,26
1x2	-52,33	-4,95	17,40	-7,27	-0,58	0,27	-0,09	-4,84
1x3	47,29	5,91	-38,90	6,95	-0,30	0,38	0,06	5,83
1x4	-18,23	-5,92	2,18	-2,59	1,56	0,05	-0,77	-4,33
1x5	99,04	6,32	-14,80	-1,38	-3,08	0,32	0,57	5,21
1x6	-8,28	3,55	5,05	-0,24	1,19	-0,08	0,66	2,20
1x7	-80,66	1,10	9,56	9,04	2,45	-0,01	0,08	1,00
1x8	129,72	3,67	7,93	1,65	5,41	-0,08	-0,26	4,20
2x2	-200,50	-5,32	-28,79	0,32	5,81	-1,22	-2,03	-1,23
2x3	100,08	2,49	5,66	4,84	-1,42	-0,61	1,03	0,40
2x4	46,66	0,42	2,84	0,70	2,39	-0,09	0,49	-0,46
2x5	50,78	-0,70	7,71	-2,98	0,86	-0,57	-0,22	-0,28
2x6	-1,19	4,78	2,31	0,75	-2,03	0,73	0,68	3,37
2x7	60,87	2,93	-5,62	0,59	-1,52	1,00	-0,05	3,07
2x8	-4,35	0,35	-1,50	3,04	-3,51	0,48	0,20	-0,03
3x3	35,65	-0,50	21,81	-4,94	-0,44	-0,60	0,28	-1,08
3x4	0,18	-2,33	2,49	3,87	4,76	-0,19	0,25	-2,79
3x5	-103,10	0,20	-4,29	2,04	-1,67	0,74	-0,56	1,35
3x6	16,68	0,13	15,71	-2,43	0,69	0,09	-0,02	0,19
3x7	-100,56	-2,47	-14,82	-6,25	-0,89	0,11	-0,65	-1,26
3x8	3,78	-3,44	12,35	-4,09	-0,73	0,09	-0,39	-2,66
4x4	-225,49	-7,35	-18,23	-1,41	-1,33	-0,67	-1,39	-4,60
4x5	300,53	10,58	15,55	-3,75	-5,11	-0,54	1,90	6,74
4x6	-16,24	1,96	-2,70	5,29	-1,40	0,81	-0,05	2,08
4x7	-0,88	3,61	4,91	-1,63	0,01	0,33	0,11	3,28
4x8	-86,54	-0,97	-7,02	-0,48	-0,88	0,31	-0,53	0,08
5x5	-493,15	-26,89	-15,98	5,71	8,51	-0,62	-4,60	-17,73
5x6	97,68	5,69	9,07	-0,05	-1,38	0,18	1,34	3,02
5x7	2,09	1,69	3,48	-2,72	-0,02	0,10	0,91	-0,13
5x8	46,13	3,12	-0,75	3,14	1,89	0,38	0,66	1,82

Tabela 12. Cont.

Efeitos ($\hat{\sigma}_{ii}$ e $\hat{\sigma}_{ij}$)	Características Avaliadas							
	PMF	DF	CF	FE	FI	SST	EP	DCV
6x6	-104,79	-13,63	-21,38	0,79	7,63	-0,82	-2,52	-8,54
6x7	50,38	-2,08	-3,52	-3,48	-3,01	-0,85	-0,10	-1,84
6x8	-34,24	-0,40	-4,55	-0,63	-1,69	-0,07	0,01	-0,49
7x7	80,14	-2,23	7,05	10,85	4,06	-0,18	-0,58	-1,04
7x8	-11,38	-2,55	-1,04	-6,40	-1,08	-0,50	0,28	-3,09
8x8	-43,10	0,22	-5,42	3,76	0,58	-0,62	0,03	0,16

^{1/}PMF: Peso Médio do Fruto; DF: Diâmetro do Fruto; CF: Comprimento do Fruto; FE: Firmeza Externa da Polpa; FI: Firmeza Interna da Polpa; SST: Teor de Sólidos Solúveis Totais; EP: Espessura Média da Polpa do Fruto; DCV: Diâmetro da Cavidade Central do Fruto.

3.1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriannual: Anuário da agricultura brasileira (2011) São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, p. 345-370.
- Allard, R.W. (1971) Princípios do melhoramento genético das plantas. São Paulo. Edgard Blucher, 381p.
- Cattaneo, L.F. (2001). Avaliação da divergência genética e análise de gerações em mamoeiro (*Carica papaya* L.). Tese de Doutorado em Produção Vegetal – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ. 94p.
- Cruz, C.D. (2001). Programa Genes (Versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 648p.
- Cruz, C. D.; Vencovsky, R. (1989) Comparação de alguns métodos de análise dialélica. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto v. 12, n. 2, p. 425-438.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV, 480p.
- Falconer, D. S. (1987) Introdução à genética quantitativa. Viçosa, UFV, p. 279.
- Falconer, D.S.; Mackay, T.F.C. (1996) Introduction to quantitative genetics. 4.ed. Edinburgh : Longman Group Limited. 464p

- Ferreira Filho, A. W. P (1982) Mecanismos de seleção e seus efeitos em populações de trigo com diferentes níveis de segregação. Dissertação de mestrado - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 135p
- Giaconetti, D. C.; Ferreira, F. R. (1988) Melhoramento genético do mamão no Brasil e perspectivas. In: Simpósio brasileiro sobre a cultura do mamoeiro, 2., 1988, Jaboticabal, SP. Anais... Jaboticabal, SP: FCAV/UNESP, p. 377-38
- Griffing, B. (1956). A general treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity, Essex*, 10:31-50.
- Hallauer, A.R.; Russell, W.A.; Lamkey K.R. (1988) Corn breeding. In: Sprague, G.F.; Dudley, J.W. (Ed.). *Corn and corn improvement*. 3rd ed. Madison: American Society of Agronomy, p.463-564.
- Hallauer, A.R.; Miranda Filho, J.B.. (1995) *Quantitative genetics in maize breeding*. 2nd ed. Ames: Iowa State University Press, 468p.
- Ide, C. D.; Pereira, M. G.; Viana, A. P.; Pereira, T. N. S. (2009) Use of testers for combining ability and selection of papaya hybrids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 9, p. 60-66.
- Leffel, R.C.; Weiss, M. G (1958) Analysis of diallel crosses among ten varieties of soybeans. *Agronomy Journal*, 50: 528-534
- Manica, I. *Fruticultura Tropical 3 - Mamão*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982.
- Marin, S.L.D.; Gomes, J.A. (1985) Sexagem do mamoeiro e sua aplicação no desbaste de plantas. Vitória-ES, EMCAPA, 20p. (EMCAPA. Circular Técnica, 11)
- Marin, S.L.D., Gomes, J.A., Alves, F. de L. (1989) Introdução, avaliação e seleção do mamoeiro cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 no Estado do Espírito Santo. Vitória: EMCAPA, 13p. (Documento, 59).
- Marin, S. L. D., Gomes, J. A., Silva, J. G. F., Salgado, J. S.. (1994) Variação sazonal da produção do mamoeiro do grupo solo na região Norte do Espírito Santo. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 13., 1994, Salvador. Resumos. Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura. v. 2, 665p.
- Marin, S.L.D. (2001) Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): Habilidade combinatória de genótipos dos grupos 'SOLO' e 'FORMOSA'. Tese de Doutorado em Produção Vegetal – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ. 117p.

- Marin, S.L.D., Pereira, M.G. Amaral Jr. AT., Martelleto, L.A.P. e Ide, C.D. (2006a). Heterosis in papaya hybrids from partial diallel of 'Solo' and 'Formosa' parents. *CBAB* 6, 24-29.
- Marin, S.L.D., Pereira, M.G. Amaral Jr. AT., Martelleto, L.A.P. e Ide, C.D. (2006b). Partial diallel to evaluate the combining ability for economically important traits of papaya. *Scientia Agricola*. 63(6), 540-546.
- Nakasone, H.Y.; Storey, W.B. (1955) Studies on the inheritance of fruiting height *Carica papaya* L. *Proc. Amer.Hort. Sci.*, v.66, p.168-182.
- Nakasone H.Y., Lamoureux C. (1982) Transitional forms of hermaphroditic papaya flowers leading to complete maleness. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107: 589-592.
- Nakasone, H.Y. (1980) Melhoramento de mamão no Havaí. In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura do Mamoeiro, 1. Jaboticabal, SP, 1980. Anais. Jaboticabal - SP: FCAV/UNESP, p. 275-287.
- Nakasone, H.Y.; Paul, R.E. (1998) Tropical fruits crop production science in horticulture. New York: Cab International, 1998. 445p.
- Ramos, H.C.C. (2007) Melhoramento populacional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) assistido por marcadores microssatélites. Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas– Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ. 136p.
- Ramalho, M.A.P., Santos, J.B., Pinto, C.A.B.P. (2009) Genética na agropecuária. 4. Ed. rev. Lavras: UFLA.
- Scott, A.J.; Knott, M.A. (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, v. 30, n. 2, p. 507-512.
- Silva, F.F. (2006) Abordagem clássica e molecular do melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.). Tese de doutorado – Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- Silva, F.F., Pereira, M.G., Campos, W.F., Damasceno, J.P.C., Pereira, T.N.S., Souza Filho, G.A., Ramos, H.C., Viana, A.P. e Ferregueti, G.A. (2007a). DNA marker-assisted sex conversion in elite papaya genotype (*Carica papaya* L). *CBAB* 7(1),52-58.
- Silva, F.F., Pereira, M.G., Damasceno, J.P.C., Pereira, T.N.S., Viana, A.P., Daher R.F., Ramos, H.C., e Ferregueti, G.A. (2007b). Evaluation of the sexual expression in a segregating BC1 papaya population. *CBAB* 7(1), 16-23.

- Silva, F.F., Pereira, M.G., Damasceno, J.P.C., Daher R.F., Pereira, T.N.S., Souza Filho, G.A., Viana, A.P. e Ferregueti, G.A. (2007c). Monitoring of the genetic variability in papaya parent 'Formosa' of 'UENF/CALIMAN01' hybrid via RAPD. *CBAB* 7(1), 36-42.
- Sprague, G.F.; Tatum, L.A. (1942) General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*, v. 34, n. 10, p. 923-932.

3.2. ESTIMATIVAS DE HETEROSE EM CRUZAMENTOS DIALÉLICOS DE MAMOEIRO

3.2.1. RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar a heterose dos híbridos provenientes do cruzamento entre oito genitores de mamão dos grupos Formosa e Solo no esquema de dialelo completo. O delineamento foi em blocos ao acaso, com 56 tratamentos (híbridos), quatro repetições e dez plantas por parcela. As características avaliadas foram firmeza externa da polpa, firmeza interna da polpa, teor de sólidos solúveis totais, número total de frutos, peso médio do fruto e produtividade. Quanto aos híbridos avaliados, destacam-se os híbridos Golden x Waimanalo e Waimanalo x Golden para produção. Foram obtidas heteroses positivas, demonstrando as vantagens dos híbridos em relação aos genitores. Foram obtidas heteroses entre e dentro do grupo heterótico.

3.2.2. ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the heterosis of crosses of eight genotypes of papaya from Formosa and Solo groups in a complete diallel design. The experimental design was randomized blocks with 56 treatments (hybrids), four

replications and ten plants per plot. The evaluated characteristics were: external firmness of flesh, internal firmness of flesh, total soluble solids, total number of fruits, fruit weight and fruit yield. In regard to evaluated hybrids, the hybrids Golden x Waimanalo and Waimanalo x Golden were highlighted. Furthermore, positive heterosis values were achieved, evidencing advantage compared to parents and also heterosis were achieved between and within heterotic groups.

3.2.3. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das principais fruteiras tropicais, sendo o Brasil um dos principais produtores mundiais (FAO, 2010). No entanto, observa-se que a expansão da produção nacional é limitada pela baixa disponibilidade de cultivares e híbridos, tornando seu cultivo mais vulnerável a doenças, pragas e variações edafoclimáticas, visto existir pouca variabilidade entre as cultivares em uso pela cadeia produtiva.

Neste contexto, a hibridação representa uma técnica muito importante para o melhoramento dessa cultura, pois possibilita recombinação e exploração da heterose. O termo heterose refere-se à expressão genética dos efeitos benéficos da hibridação (Ronzelli Júnior, 1996).

A heterose é o termo utilizado para descrever o fenômeno pelo qual os descendentes apresentam melhor desempenho do que a média dos pais, sendo, portanto o percentual de superioridade da progênie em relação à média dos pais (Allard, 1971; Borém e Miranda, 2009).

A expressão da heterose é função da divergência genética entre os genitores, referindo-se a diferenças na frequência alélica dos genitores. Assim, quanto mais contrastantes forem os genitores, maior a distância genética entre eles e maior o efeito da heterose nas progênies (Falconer, 1981).

A manifestação da heterose depende das diferenças das frequências gênicas entre eles e da ocorrência de dominância. Assim, o efeito da heterose causado por diferenças nas frequências gênicas é observado pela complementação gênica, ou seja, pela soma dos valores individuais de cada um dos locos envolvidos na expressão do caráter. Já os efeitos devidos à ocorrência

de dominância se dão pela complementação, sendo que locos com dominância devem atuar numa mesma direção, caso contrário, seus efeitos tenderão a se cancelar (Falconer, 1981).

Os primeiros trabalhos relatando os efeitos benéficos da heterose na cultura do mamoeiro datam de 1968. A partir da hibridação entre genótipos do grupo Solo e Philippine, Lassoudiere obteve híbridos vigorosos com frutificação precoce (Lassoudiere, 1968).

Tais efeitos também foram relatados em cruzamentos interespecíficos de *Carica cauliflora* (*Vasconcellea cauliflora*) e *Carica goudotiana* (*Vasconcellea goudotiana*) como genitores com *Carica monoica* (*Vasconcellea monoica*). Os híbridos F₁ provenientes desses cruzamentos foram significativamente superiores aos genitores mais vigorosos (Mekano e Nakasone, 1975).

Hamilton (1954) relata que, na cultura do mamoeiro, a manifestação da heterose só pode ser observada em cruzamentos envolvendo genótipos contrastantes. Segundo esse autor, a relação genética muito próxima inviabilizaria a exploração da heterose.

Segundo Marin et al. (2006), em híbridos de mamão provenientes de cruzamentos envolvendo conjuntos gênicos distintos, foi possível observar o efeito da heterobeltiose. Estes autores descrevem a exploração da heterose em mamoeiro como alternativa viável tanto visando a atender o mercado externo como interno.

O objetivo do presente trabalho foi estimar a heterose nos cruzamentos envolvendo genitores de grupos heteróticos distintos (Solo e Formosa) e nos cruzamentos dentro dos grupos.

3.2.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Caliman Agrícola S.A., localizada no município de Linhares (ES). Os 56 híbridos (F₁ e recíproco) resultantes dos cruzamentos entre genótipos do grupo Formosa [F: Maradol (MR), JS 12 (JS), JS 12/4 (J4) e Sekati (SK)] e grupo Solo [S: Waimanalo (WM), Golden (GG) SS 72/12 (SS) e São Mateus (SM)] foram avaliados em

delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições e dez plantas por parcela.

As características avaliadas foram:

- A. Firmeza externa da polpa (FE): expressa em Newton (N), as medidas foram tomadas na região equatorial dos frutos, em três pontos equidistantes na parte externa do fruto;
- B. Firmeza interna da polpa (FI): expressa em Newton (N), as medidas foram tomadas na região equatorial do frutos, em três pontos equidistantes na parte interna do fruto;
- C. Teor de sólidos solúveis totais (SST): expresso em °Brix, obtido pelo uso de um refratômetro digital, em uma amostra de cinco frutos por parcela;
- D. Número total de frutos (NFC): determinado pela contagem de todos os frutos com características comerciais aos 170, 225 e 320 dias após o transplântio; e
- E. Peso médio do fruto (PMF): expresso em gramas, obtido pela pesagem, em balança analítica, de uma amostra de cinco frutos em cada parcela
- F. Produtividade (PROD): expressa em t.ha⁻¹, obtida pela multiplicação do número de frutos por planta pelo peso médio do fruto por planta, respectivamente, aos 170, 225 e 320 dias após o transplântio, e transformados em t.ha⁻¹.

Os dados destas características foram submetidos à análise de variância e, em seguida, realizou-se a análise multivariada para as variáveis canônicas. As médias dos genitores e dos híbridos foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974). Também foram estimadas as heteroses (%) em relação às médias dos genitores. O desempenho dos híbridos foi determinado de acordo com a expressão proposta por Fehr (1987):

$$Heterose (\%) = \frac{F_1 + MP}{MP} \times 100$$

Em que heterose (%) é o percentual de heterose em relação à média dos pais, F_1 é o desempenho do híbrido e MP é a média dos pais.

3.2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A heterose em relação à média dos pais para firmeza externa da polpa (Tabela 1) variou de -17,65 (Híbrido 24 – SM x SS) a 22,15% (Híbrido 07 – J4 x MR). Nos cruzamentos dentro dos grupos, ela variou de -4,30 (Híbrido 04 – JS x MR) a 22,15 (Híbrido 07 – J4 x MR) e -17,65 (Híbrido 24 – SM x SS) a 1,23 (Híbrido 15 – WM x SM), respectivamente, para Formosa e Solo. Já nos cruzamentos intergrupos, as variações foram de -11,11 (Híbrido 35 – J4 x SS) a 10,97 (Híbrido 38 – SK x GG) para os cruzamentos Formosa x Solo, e de -7,69 (Híbrido 51 – SS x J4) a 9,06 (Híbrido 49 – SS x MR) nos cruzamentos S x F.

Tabela 1. Valores de heterose de 56 híbridos de mamão em relação à média dos genitores, em percentagem, para as características firmeza externa da polpa (FE), firmeza interna da polpa (FI), teor de sólidos solúveis totais (SST), número total de frutos comerciais (NFC), peso médio dos frutos (PMF) e produtividade (PROD)¹

Híbridos (F ₁ e recíprocos) ¹		Heterose (%)					
		FE	FI	SST	NFC	PMF	PROD
CRUZAMENTOS: FORMOSA x FORMOSA	01. MR x JS	-4,00	1,33	17,60	2,59	1,20	17,74
	02. MR x J4	4,91	-1,24	10,90	-14,42	21,66	8,57
	03. MR x SK	0,22	7,54	10,86	9,98	13,38	29,61
	04. JS x MR	-4,30	-1,63	10,11	-18,00	13,90	5,85
	05. JS x J4	7,69	0,02	-3,74	-18,43	38,50	15,80
	06. JS x SK	5,46	-0,25	9,66	8,70	45,89	62,50
	07. J4 x MR	22,15	10,82	12,26	34,81	-9,98	28,42
	08. J4 x JS	5,53	-9,63	9,32	-0,09	1,51	4,23
	09. J4 x SK	9,33	12,35	0,91	30,95	19,59	55,23
	10. SK x MR	2,41	9,67	7,64	15,12	7,73	28,58
	11. SK x JS	-3,21	0,56	7,03	32,82	14,65	54,73
	12. SK x J4	5,23	3,01	8,30	44,71	0,35	47,04

Tabela 1. Cont.

Híbridos (F ₁ e recíprocos) ^{/1}	Heterose (%)						
	FE	FI	SST	NFC	PMF	PROD	
CRUZAMENTOS: SOLO x SOLO	13. WM x GG	-3,66	-13,00	11,49	29,32	132,51	273,69
	14. WM x SS	-16,41	-11,67	4,73	16,02	67,33	124,56
	15. WM x SM	1,23	-3,03	11,71	45,71	46,67	93,34
	16. GG x WM	-3,78	-14,04	5,64	17,89	133,79	238,68
	17. GG x SS	-9,68	-13,06	-1,35	-12,36	17,11	-1,49
	18. GG x SM	-4,71	-9,75	4,85	0,39	15,00	28,13
	19. SS x WM	-6,83	-6,82	4,27	-7,64	58,04	67,14
	20. SS x GG	-10,33	-12,20	-4,88	-20,03	35,68	-6,94
	21. SS x SM	-11,34	-6,51	-1,29	-10,77	0,03	4,84
	22. SM x WM	-4,78	-5,09	8,36	50,33	78,03	142,64
	23. SM x GG	-1,75	-7,69	7,86	-1,35	4,40	14,63
	24. SM x SS	-17,65	-3,88	-0,78	3,54	-13,51	5,09
CRUZAMENTOS: FORMOSA x SOLO	25. MR x WM	-1,38	-9,15	13,82	29,58	28,20	43,59
	26. MR x GG	2,24	0,62	5,12	-7,64	11,35	69,77
	27. MR x SS	5,39	9,68	2,44	-30,48	-10,92	18,40
	28. MR x SM	3,75	15,74	8,15	-7,77	27,78	40,00
	29. JS x WM	-8,14	-4,84	4,84	16,25	60,49	61,58
	30. JS x GG	3,13	-8,59	15,24	-9,63	38,85	48,96
	31. JS x SS	-2,05	-6,59	15,54	-28,12	14,28	4,16
	32. JS x SM	-5,32	-4,83	16,52	1,55	20,46	24,67
	33. J4 x WM	6,35	-3,77	15,74	16,74	11,78	15,65
	34. J4 x GG	-4,20	-7,70	4,87	1,19	-3,50	29,85
	35. J4 x SS	-11,11	-0,99	7,50	-12,15	-43,27	-27,75
	36. J4 x SM	-0,79	1,45	6,27	19,49	5,22	33,01
	37. SK x WM	-5,84	-7,94	-0,03	42,13	96,57	149,66
	38. SK x GG	10,97	-1,78	16,64	0,04	12,84	52,69
	39. SK x SS	-6,09	-1,33	10,46	-11,57	4,39	31,43
	40. SK x SM	-1,14	-2,04	9,31	23,31	4,86	33,54

Tabela 1. Cont.

Híbridos (F ₁ e recíprocos) ^{/1}	Heterose (%)					
	FE	FI	SST	NFC	PMF	PROD
41. WM x MR	-1,10	-3,52	8,68	14,36	39,42	35,39
42. WM x JS	-3,13	-10,65	1,78	35,43	71,01	99,29
43. WM x J4	-2,83	-12,01	10,22	-5,04	24,09	2,03
44. WM x SK	-6,79	-17,32	2,35	77,36	107,66	227,34
45. GG x MR	3,37	1,58	10,99	-3,14	7,28	68,89
46. GG x JS	-2,78	-12,54	17,59	-17,15	20,61	18,61
47. GG x J4	3,45	-0,22	9,59	-8,43	20,43	45,68
48. GG x SK	1,14	-11,00	14,93	1,73	41,22	94,03
49. SS x MR	9,06	1,99	7,24	-35,67	-0,09	20,94
50. SS x JS	-7,17	-9,28	13,79	-17,99	30,20	37,31
51. SS x J4	-7,69	-6,54	1,40	-15,56	-6,25	15,61
52. SS x SK	-7,07	-2,65	4,05	-0,21	20,12	68,57
53. SM x MR	2,77	12,46	6,45	-21,57	4,32	-0,86
54. SM x JS	7,26	-12,28	9,78	6,78	12,38	21,39
55. SM x J4	-6,62	-3,68	7,32	27,36	-3,38	29,10
56. SM x SK	-2,50	0,52	11,25	61,84	7,75	82,00

^{/1} Grupo Formosa: (MR) Maradol, (JS) JS 12, (J4) JS12/4, (SK) Sekati.
Grupo Solo: (WM) Waimanalo, (GG) Golden, (SS) SS 72/12, (SM) São Mateus.

A possibilidade de se explorar a heterose inter e intragrupo heterótico de mamão, para firmeza externa, pode ser mais bem visualizada na dispersão gráfica (Figura 1). Observa-se que os maiores valores de heterose foram observados nos híbridos provenientes dos cruzamentos F x F (H13 - MR x J4 e H23 - JS x J4), sendo que nesse grupo também foram observados os maiores valores absolutos para essa característica 116,88 (JS x J4). Já nos cruzamentos envolvendo genótipos do grupo Solo, não foi constatado ganho com a heterose, tendo os híbridos provenientes desses cruzamentos ficado abaixo da linha de corte (0% de heterose).

Circunstância análoga foi observada para a característica firmeza interna da polpa, em que se verificou a possibilidade da exploração da heterose intra e

intergrupo (Figura 2). No entanto, a utilização do vigor híbrido intragrupo heterótico é restrito aos cruzamentos F x F.

Para firmeza interna da polpa (FI), a estimativa da heterose variou de -14,04 (H16 – GG x SM) a 12,46 (H53 – SM x MR) (Tabela 1). Nos híbridos (SxS), verificou-se heterose negativa, variando de -14,04 (H16 – GG x SM) a -3,03 (H15 – WM x SM), demonstrando que para essa característica híbridos provenientes de cruzamentos intragrupo Solo não seriam proveitosos. Já nos cruzamentos F x F, ela variou de -9,63 (H08 – J4 x JS) a 12,35 (H09 – J4 x SK). Nos cruzamentos intergrupo, foi observada a maior estimativa da heterose, 15,74 (H28 – MR x SM).

As estimativas para teor de sólidos solúveis totais (SST) variaram de -4,88 (H20 – SS x GG) a 17,60 (H01 – MR x JS) (Tabela 1). As maiores estimativas foram observadas para os híbridos GG x JS (S x F) e MR x JS (F x F), respectivamente, 17,59 e 17,60 % de heterose. Apenas dois híbridos (S x S) não apresentaram heterose positiva para esta característica (Figura 3). Os demais híbridos apresentaram heterose positiva, indicando a possibilidade de incremento para essa característica via exploração do vigor híbrido. Para SST, os híbridos H26 – JS x GG, H27 – JS x SS, H28 – JS x SM, H35 – J4 x WM e H46 – SK x GG, oriundos dos cruzamentos intergrupo, apresentaram as maiores estimativas de heterose.

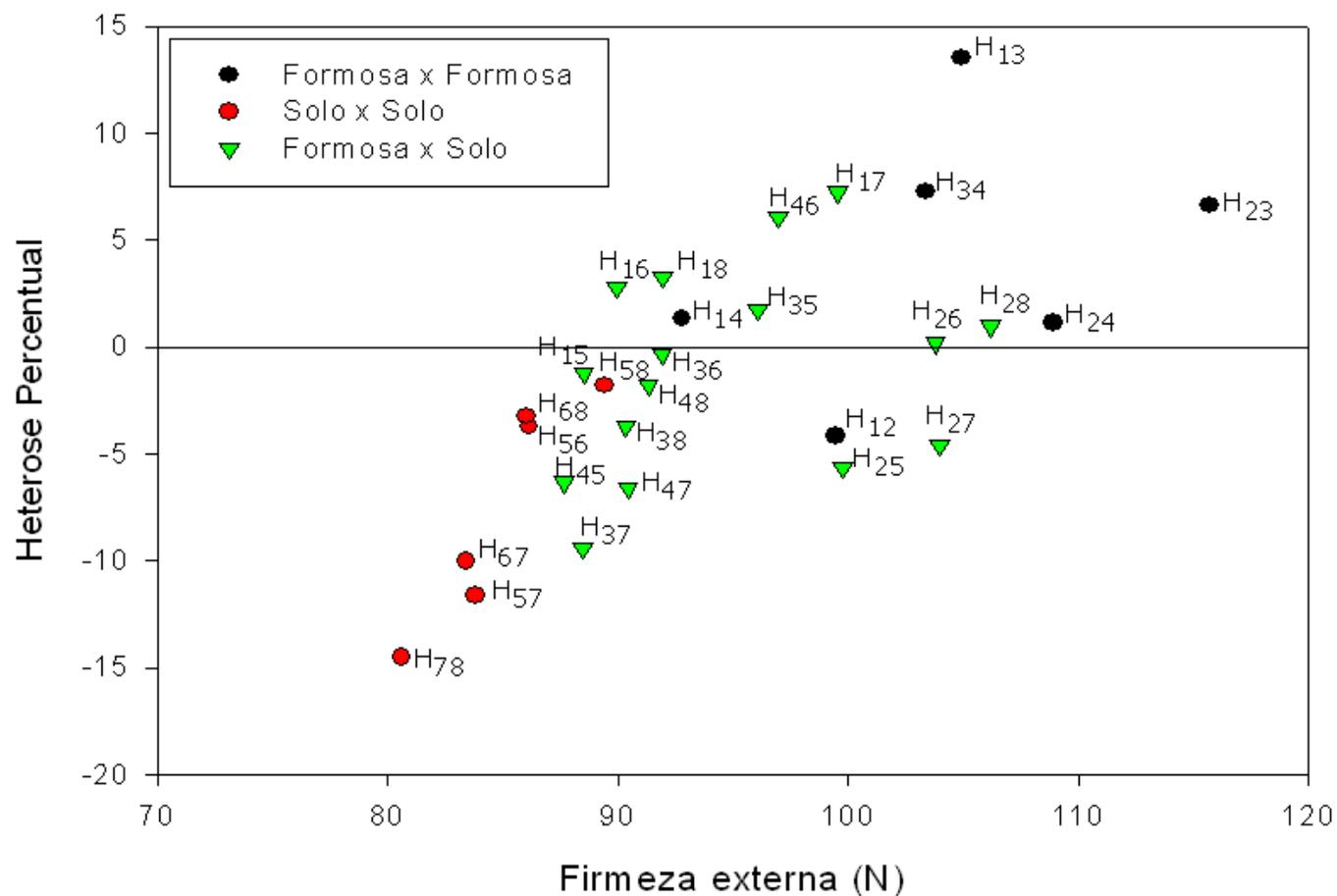


Figura 1. Dispersão gráfica da heterose percentual da firmeza externa do fruto em 28 híbridos de mamão (a nomenclatura HXY refere-se ao Híbrido resultante do cruzamento envolvendo os genitores X e Y, em que 1.MR, 2.JS, 3.J4, 4.SK, 5.WM, 6.GG, 7.SS, 8.SM).

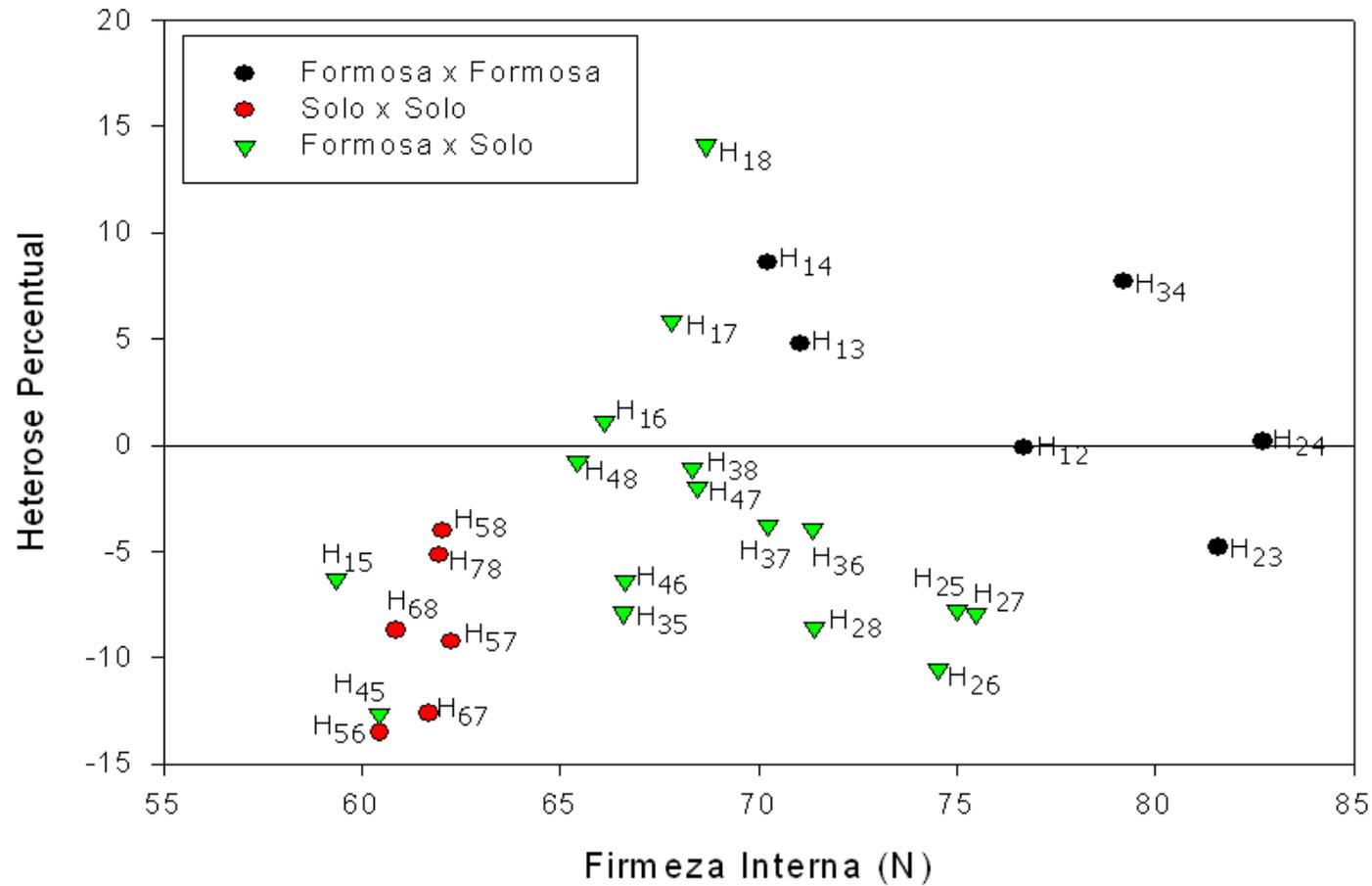


Figura 2. Dispersão gráfica da heterose percentual da firmeza interna do fruto em 28 híbridos de mamão (a nomenclatura HXY refere-se ao Híbrido resultante do cruzamento envolvendo os genitores X e Y, em que 1.MR, 2.JS, 3.J4, 4.SK, 5.WM, 6.GG, 7.SS, 8.SM).

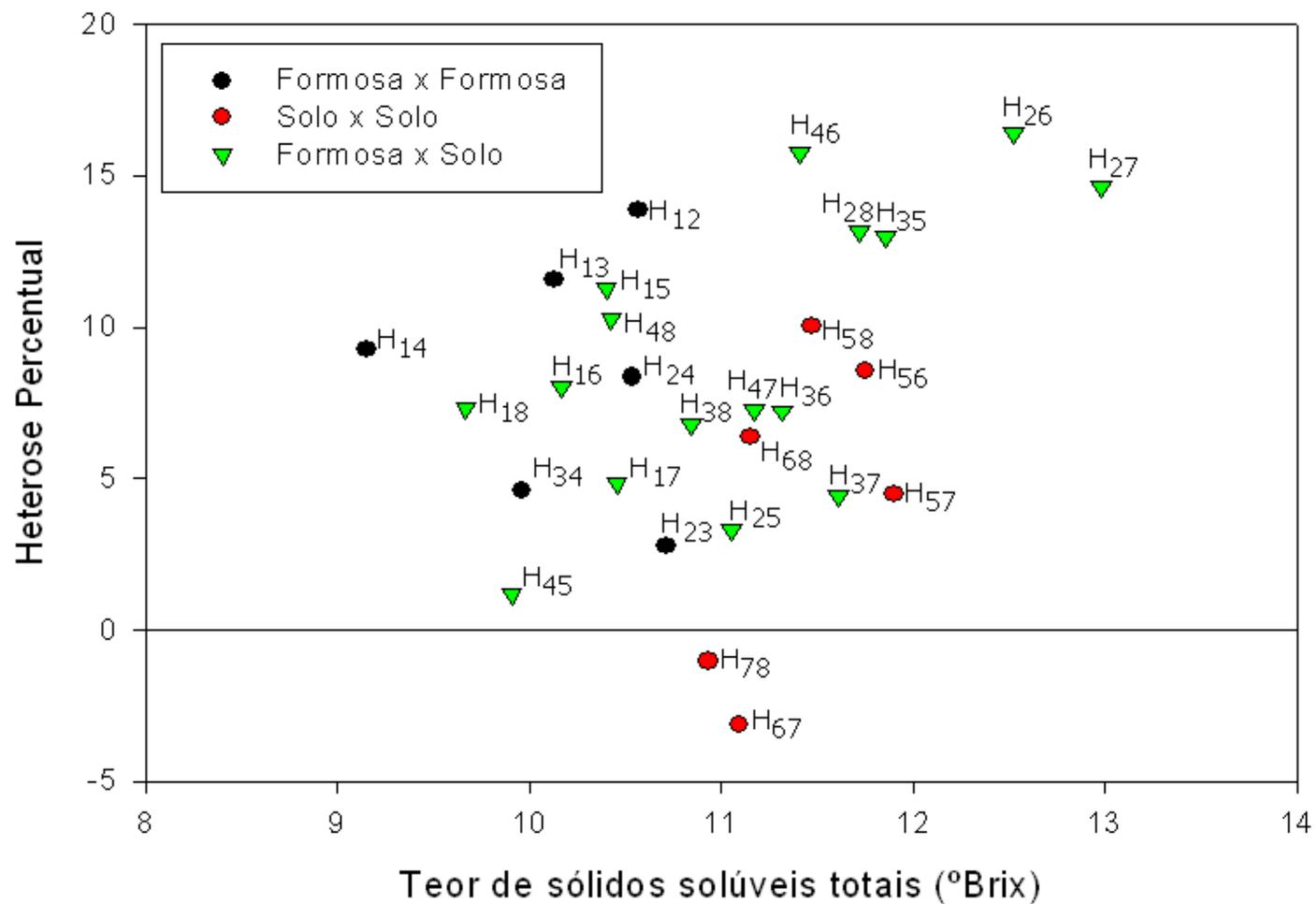


Figura 3. Dispersão gráfica da heterose percentual do teor de sólidos solúveis em 28 híbridos de mamão (a nomenclatura HXY refere-se ao Híbrido resultante do cruzamento envolvendo os genitores X e Y, em que 1.MR, 2.JS, 3.J4, 4.SK, 5.WM, 6.GG, 7.SS, 8.SM).

Nos híbridos provenientes de cruzamentos envolvendo o genitor Maradol, houve um incremento médio de 2,15° brix e foi observada uma heterose média de 9,45%. O valor absoluto do SST para o híbrido 01 (MR x JS), de melhor desempenho, foi de 10,93° brix, superior ao teor de açúcar encontrado no genitor Maradol (7,93° brix). Esse acréscimo no valor dos SST representa a possibilidade de ampliar as exportações para os países da América do Norte, principalmente os Estados Unidos, pois nesses países há preferência pelo consumo do genótipo Maradol.

As estimativas da heterose para o número total de frutos comerciais variou de -35,67 (H49 – SS x MR) a 77,36 (H44 - WM x SK) (Tabela 1). Ambos os pais do híbrido H44 (77,36% de heterose), com maior destaque, apresentaram baixo número de frutos. Assim, o aumento do número de frutos no híbrido deve-se à complementação gênica entre os genitores.

Nos cruzamentos intergrupo, as estimativas variaram de -35,67 (H49 – SS x MR) a 77,36 (H44 - WM x SK) para Solo x Formosa e de -30,48 (H27 – MR x SS) a 42,13 (H37 – SK x WM) nos cruzamentos F x S.

Já nos cruzamentos intragrupo, as variações foram de -18,43 (H05 – JS x J4) a 44,71 (H12 – SK x J4) (WM x SK = 77,36%) nos cruzamentos Formosa x Formosa; e nos cruzamentos Solo x Solo, as variações foram de -20,03 (H20 – SS x GG) a 50,33 (H22 – SM x WM).

A Figura 4 mostra ganhos para todos os grupos de híbridos (FxF, SxS e FxS). Ressalta-se que os híbridos com maiores valores absolutos do número de frutos apresentaram heterose negativa. Esses híbridos, H67 (GG x SS) e H78 (SS x SM), provêm de cruzamentos entre Solo x Solo, sendo que o parental 7 (SS 72/12) apresenta as melhores médias para essa característica (93,45 frutos comerciais por planta).

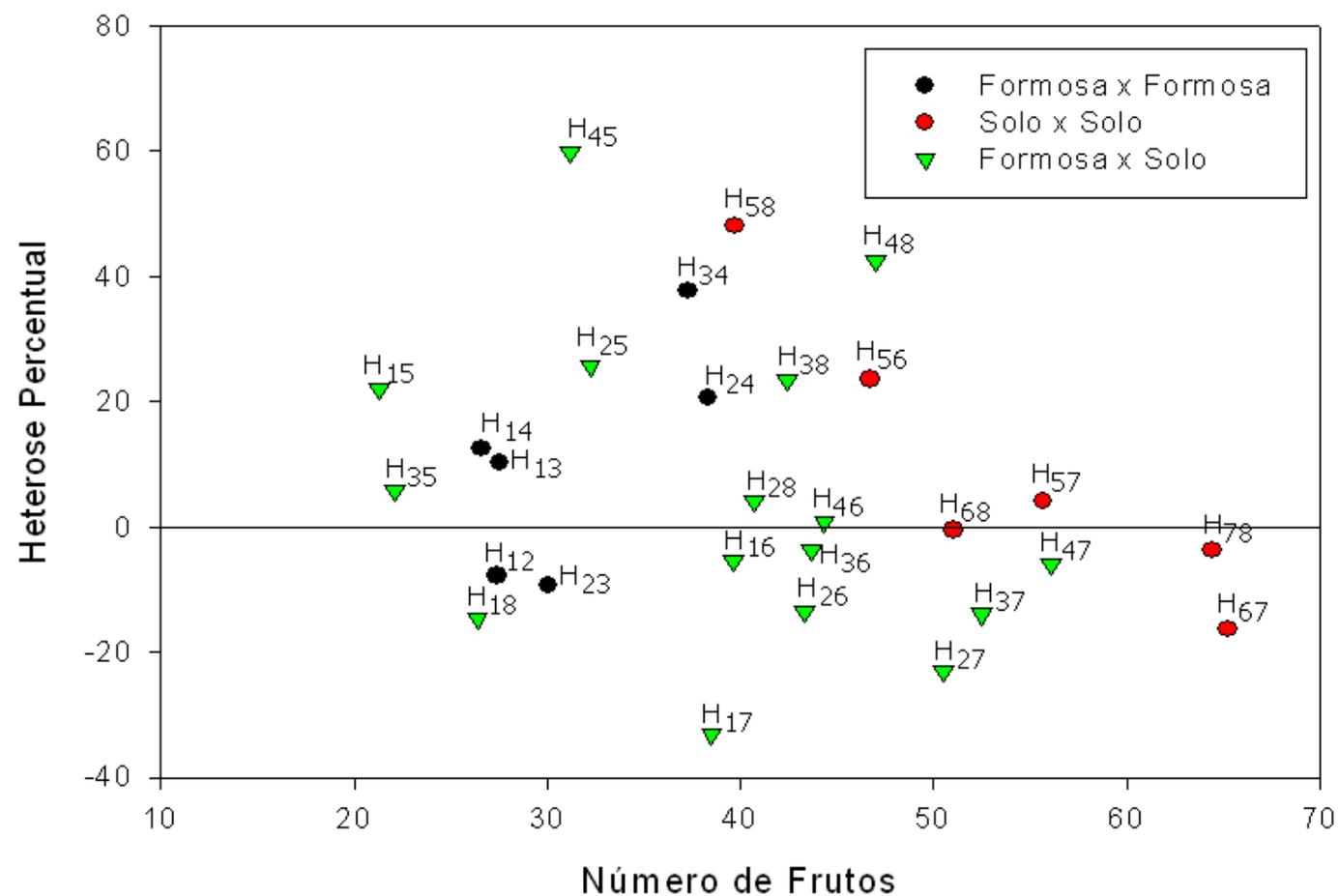


Figura 4. Dispersão gráfica da heterose percentual do número total de frutos comerciais em 28 híbridos de mamão (a nomenclatura HXY refere-se ao Híbrido resultante do cruzamento envolvendo os genitores X e Y, em que 1.MR, 2.JS, 3.J4, 4.SK, 5.WM, 6.GG, 7.SS, 8.SM).

Para peso médio dos frutos (PMF), os valores da heterose variaram de - 43,7 (H35 – J4 x SS) a 133,79 (H16 - GG x WM) (Tabela 1). Os híbridos de maior destaque foram GG x WM (H16) e WM x GG (H13), que obtiveram 132,51 e 133,79% de heterose, respectivamente. Em valor absoluto, esses híbridos obtiveram os valores 696,38 e 692,60, não tendo havido diferença entre o híbrido e seu recíproco.

Nos cruzamentos intergrupos F x S, os valores variaram de - 43,27 (H35) a 96,57 (H37); e nos intergrupos S x F, variaram de - 6,25(H51) a 107,66 (H44). Nos cruzamentos intragrupos Solo, os valores variaram de - 13,51(H24) a 133,79(H16); e nos intragrupos Formosa, variaram de - 9,98(H07) a 45,89(H06).

Apesar de a estimativa da heterose para o cruzamento J4 x MR ter sido negativa, ou seja -9,98%, quando se considerou o respectivo híbrido recíproco, a estimativa da heterose foi de +21,66%. Significância do efeito recíproco para essa característica também foi observado para os cruzamentos H02, H05, H06, H15, H28, H34, H35, H38.

A Figura 5 mostra que os maiores valores de heterose para peso do fruto foram observados nos híbridos SxS (H56) e FxS(H45), ambos apresentando em sua composição o parental Waimanalo (5). No desempenho, quando comparados os híbridos com o parental 5, há um incremento de 300 gramas no híbrido H56 (intragrupo); já no híbrido intergrupo H45, o incremento chega a 400 gramas.

Elevar os valores de características relacionadas ao rendimento constitui uma das principais atenções dos melhoristas ao explorar os efeitos benéficos da heterose. Assim, a produtividade é uma das características em que se deseja obter os maiores ganhos com o melhoramento. As estimativas da heterose para a produtividade variaram de -27,75 (H35 – J4 x SS) a 273,69 (H13 WM x GG), tendo os híbridos 13 (WM x GG), 16 (GG x WM) e 44 (WM x SK) se destacado com as maiores estimativas da heterose (Tabela 1).

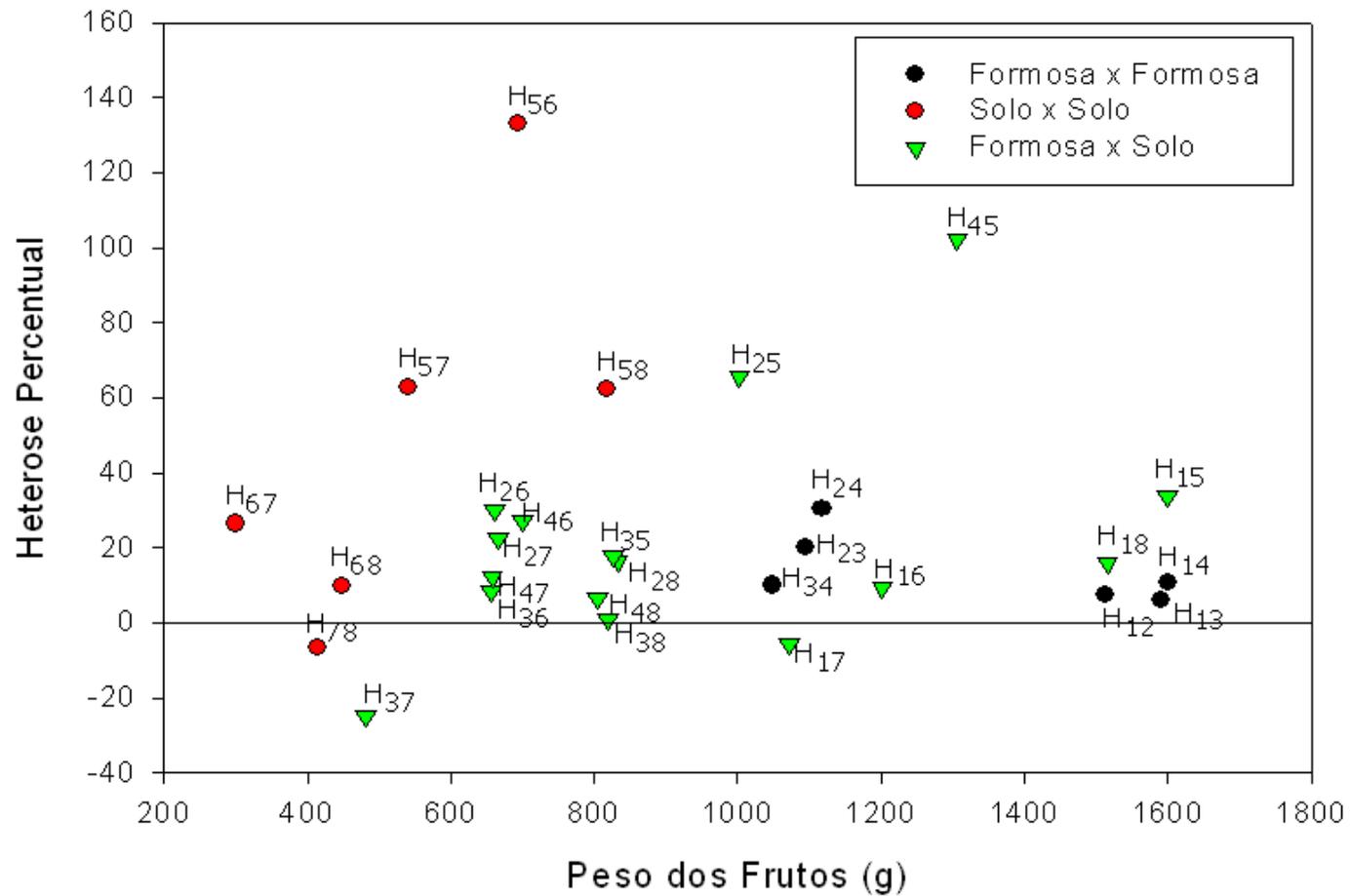


Figura 5. Dispersão gráfica da heterose percentual do peso dos frutos 28 híbridos de mamão (a nomenclatura HXY refere-se ao Híbrido resultante do cruzamento envolvendo os genitores X e Y, em que 1.MR, 2.JS, 3.J4, 4.SK, 5.WM, 6.GG, 7.SS, 8.SM).

Constatou-se que os cruzamentos envolvendo genótipos do grupo Solo apresentaram as maiores estimativas da heterose, variando de -6,94(H20 – SS x GG) a 273,69 (H13 – WM x GG). O híbrido GG x WM e seu recíproco WM x GG obtiveram as maiores estimativas, 238,68 e 273,69%, respectivamente. Não foram constatadas diferenças entre o híbrido e seu recíproco. Esses dois híbridos também se destacaram para a característica peso médio dos frutos.

Nos cruzamentos do grupo Formosa, as estimativas da heterose variaram de 42,3 (H08 – J4 x JS) a 62,50 (H06 – JS x SK). Nos cruzamentos intergrupo S x F, as estimativas variaram de -27,75 (H35 – J4 x SS) a 149,66 (H37 – SK x WM); e nos cruzamentos intergrupo F x S, elas variaram de -0,86 (H53 – SM x MR) a 227,34 (H44 – WM x SK).

O híbrido 13(Waimanalo x Golden) destacou-se com a maior estimativa de heterose, 273,69% para produtividade (86,49 t.ha⁻¹), no entanto, não foi o híbrido mais produtivo, pois o híbrido 26 produziu 121,22 t.ha⁻¹. Assim, valores elevados de heterose por si só não são sinônimos de alta produção, pois a heterose retrata a superioridade (ou não) em relação à média dos genitores.

Apenas dois híbridos para a característica produtividade ficaram abaixo da linha de corte, ou seja, apresentaram heterose negativa (Figura 6). As maiores estimativas da heterose foram observadas em cruzamentos envolvendo o genitor Waimanalo, valendo ressaltar que o desempenho por se deste parental está associado a resultados insatisfatórios para essa característica (13,50 t.ha⁻¹).

Uma vez que a manifestação da heterose depende da diferença das frequências gênicas e da presença da dominância, é de se esperar heterose em todos os cruzamentos envolvendo genitores de grupos heteróticos distintos (Melchinger, 1999). No entanto, para mamoeiro, os resultados não condizem com essa pressuposição, tendo sido observada heterose quando foram cruzados genitores pertencentes a grupos distintos e quando foram feitos cruzamentos envolvendo genitores do mesmo grupo heterótico.

As estimativas de heterose observadas por Marin et al. (2006a) em relação a genitores do grupo Solo e Formosa indicaram combinações que manifestaram maior comportamento heterótico e até mesmo efeito de heterobeltiose. Segundo Marin et al. (2006b), a significância da interação pai com cruzamentos evidenciou a existência de diferenças genéticas entre os pais e suas combinações híbridas, essenciais para a expressão da heterose.

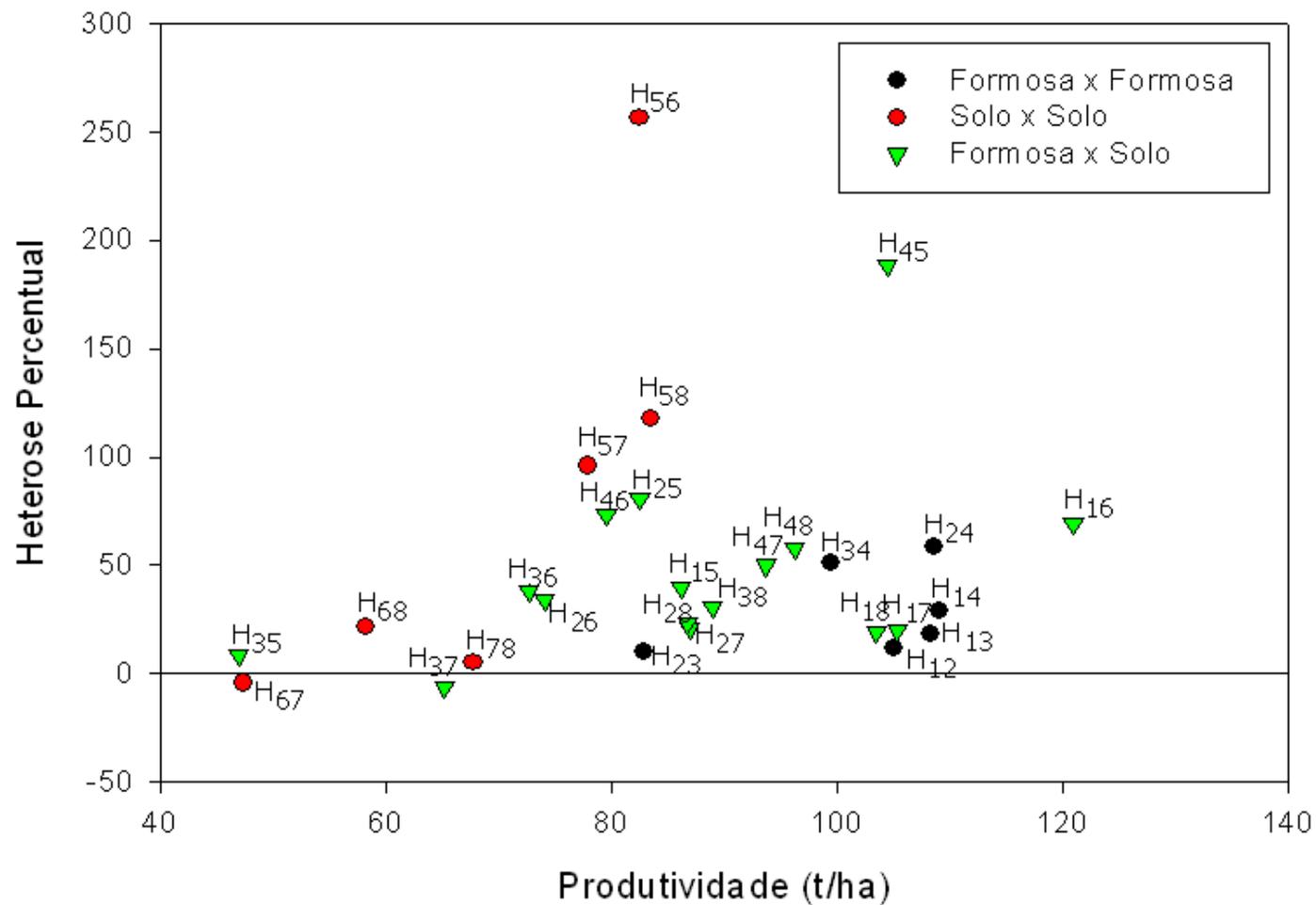


Figura 6. Dispersão gráfica da heterose percentual da produtividade em 28 híbridos de mamão (a nomenclatura HXY refere-se ao Híbrido resultante do cruzamento envolvendo os genitores X e Y, em que 1.MR, 2.JS, 3.J4, 4.SK, 5.WM, 6.GG, 7.SS, 8.SM).

Os resultados encontrados nessa pesquisa contrastam com as observações de Hamilton (1954), que relata a inviabilidade da exploração da heterose entre genótipos de mamão com uma relação genética muito próxima. As dispersões gráficas observadas nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6 ressaltam a possibilidade de se explorar o vigor híbrido entre genótipos de mamão com diferentes graus de similaridade genética (próxima ou distante).

As variáveis canônicas permitem a redução do dimensionamento dos dados, tornando possível capturar os efeitos simultâneos das características avaliadas (Figura 7). Nota-se que as duas primeiras variáveis canônicas acumularam cerca de 90% da variação total disponível, possibilitando a interpretação geométrica dos dados referentes aos híbridos. Cruz et al. (2004) preconizam que uma discriminação confiável só é possível quando as duas primeiras variáveis explicam mais de 80% da variação total.

Através das variáveis canônicas, verifica-se uma nítida tendência de distribuição dos genótipos, formando três grupos: híbridos S x S, F x F e F x S. Observa-se que os híbridos S x S foram plotados próximo ao eixo x, y. Os híbridos F x S, em uma posição intermediária. E os híbridos F x F mais distantes do eixo x, y. Essa configuração indica que há uma tendência de os híbridos semelhantes quanto à característica peso do fruto se agruparem.

As variedades de mamoeiro são classificadas em dois grupos: Solo e Formosa. Essa classificação é geralmente feita em função do tamanho do fruto. O grupo Solo apresenta frutos com peso médio de 350 a 600 gramas, já o grupo Formosa apresenta frutos com peso médio acima de 800 gramas.

Assim, essa configuração, possivelmente, se deve ao fato de a PMF ser uma característica que distingue bem os híbridos, permitindo agrupá-los com valores próximos da PMF.

Com base nesses resultados, não podemos considerar os genótipos do grupo Formosa e Solo grupos heteróticos distintos, pois existe a possibilidade de se explorar a heterose entre e dentro destes grupos heteróticos.

No entanto, há de se ressaltar que, apesar das altas estimativas da heterose, alguns desses híbridos não conseguiram superar as cultivares já plantadas. Fato esse que não desmerece os resultados em nenhum momento, pois tais resultados apontam para um novo cenário no desenvolvimento de

híbridos de mamão, ou seja, a possibilidade real de explorar o vigor híbrido inter e intragrupos heteróticos

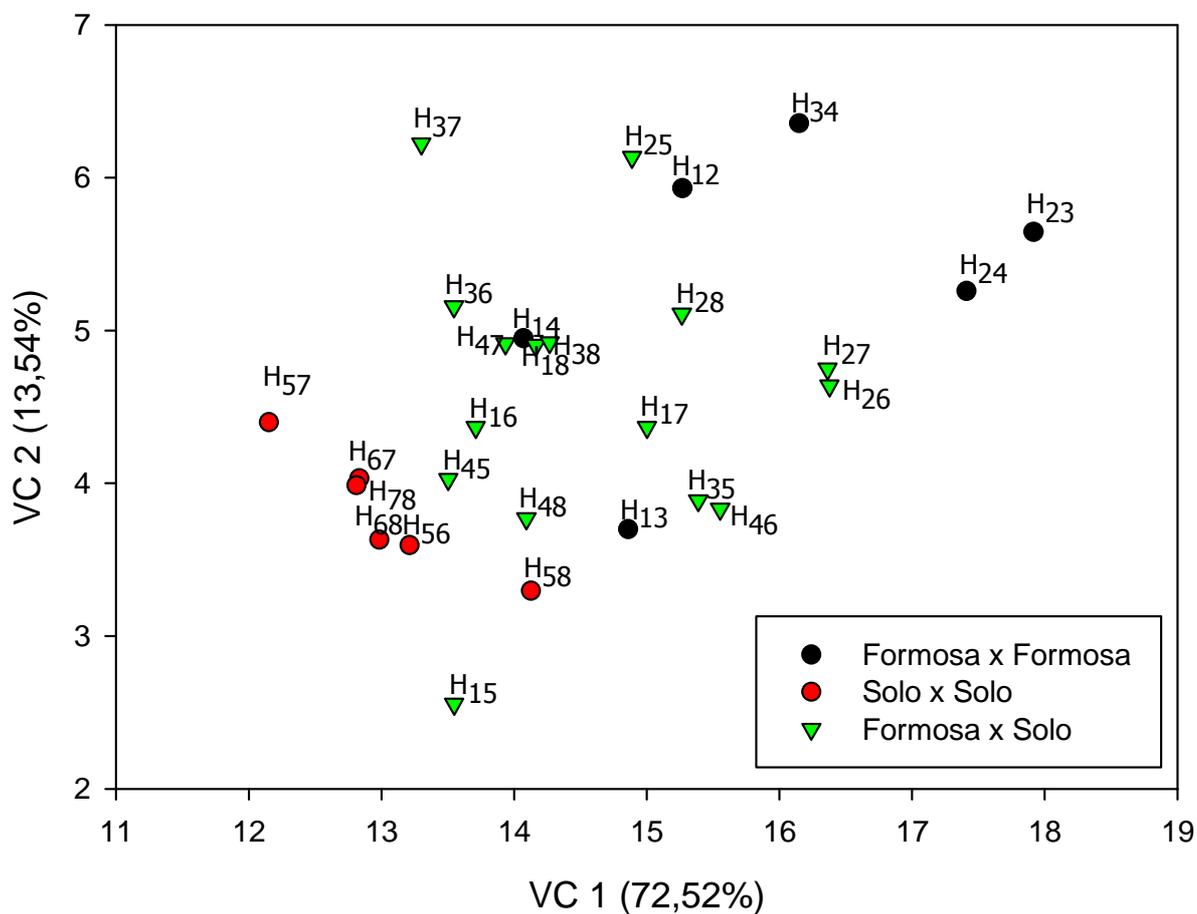


Figura 7. Dispersão gráfica dos escores em relação aos eixos representativos da primeira e segunda variáveis canônicas (VC1, VC2) relativos a seis características avaliadas em 28 híbridos de mamão.

Tabela 2. Valores médios de seis características morfoagronômicas de híbridos (F₁s e recíprocos) e respectivos genitores de um dialelo completo de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa

Genitores e Híbridos	FE N	FI N	SST °brix	NFC (1+2+3)	PMF gramas	PROD t.ha ⁻¹		
GENITORES	MR	87,65 c	58,88 e	7,93 d	21,57 e	1996,00 a	110,01 a	
	JS	119,89 a	94,71 a	10,63 c	37,85 d	816,18 f	77,91 c	
	J4	97,18 b	76,71 c	10,23 c	28,45 e	1007,85 e	72,66 c	
	SK	95,54 c	70,41 d	8,83 d	25,65 e	899,10 e	58,92 c	
	\bar{x} Formosa	100,07	75,18	9,41	28,38	1179,78	79,88	
	WM	91,62 c	67,89 d	10,78 b	13,35 e	393,13 h	13,50 d	
	GG	87,33 c	71,93 c	10,88 b	62,22 b	202,58 h	32,80 d	
	SS	98,09 b	69,25 d	12,03 a	93,45 a	272,40 h	65,99 c	
	SM	90,48 c	61,46 e	10,10 c	40,27 d	614,93 g	63,01 c	
	\bar{x} Solo	91,88	67,63	10,95	52,32	370,76	43,83	
	CRUZAMENTOS: FORMOSA x FORMOSA	01. MR x JS	99,62 b	77,82 c	10,93 b	30,42 e	1423,03 c	110,63 a
		02. MR x J4	96,96 b	66,96 d	10,08 c	21,40 e	1827,28 a	99,16 b
03. MR x SK		91,80 c	69,52 d	9,28 d	25,97 e	1641,23 b	109,48 a	
04. JS x MR		99,30 b	75,55 c	10,23 c	24,32 e	1601,63 b	99,46 b	
05. JS x J4		116,88 a	85,74 b	10,03 c	27,00 e	1263,18 d	87,18 b	
06. JS x SK		113,59 a	82,36 b	10,68 c	34,50 d	1251,28 d	111,17a	
07. J4 x MR		112,89 a	75,13 c	10,18 c	33,70 d	1352,00 c	117,29 a	
08. J4 x JS		114,53 a	77,46 c	11,43 b	33,10 d	925,83 e	78,47 c	
09. J4 x SK		105,35 b	82,65 b	9,60 c	35,40 d	1140,30 d	102,12 a	
10. SK x MR		93,81 c	70,90 d	9,00 d	27,15 e	1559,53 b	108,60 a	
11. SK x JS		104,26 b	83,03 b	10,40 c	42,15 d	983,30 e	105,86 a	
12. SK x J4		101,41 b	75,78 c	10,30 c	39,15 d	956,80 e	96,74 b	
\bar{x} FxF		104,20	76,91	10,18	31,19	1327,12	102,18	

Tabela 2. Cont.

Genitores e Híbridos	FE N	FI N	SST °brix	NFC (1+2+3)	PMF gramas	PROD t.ha ⁻¹	
CRUZAMENTOS: SOLO x SOLO	13. WM x GG	86,20 c	60,82 e	12,08 a	48,87 c	692,60 f	86,49 b
	14. WM x SS	79,29 c	60,57 e	11,95 a	61,97 b	556,80 g	89,25 b
	15. WM x SM	92,17 c	62,72 e	11,65 b	39,10 d	739,23 f	73,96 c
	16. GG x WM	86,10 c	60,10 e	11,43 b	44,55 d	696,38 f	78,39 c
	17. GG x SS	83,73 c	61,37 e	11,30 b	68,22 b	278,15 h	48,66d
	18. GG x SM	84,72 c	60,19 e	10,98 b	51,45 c	470,05 g	61,38c
	19. SS x WM	88,37 c	63,89 e	11,88 a	49,32 c	525,93 g	66,43 c
	20. SS x GG	83,13 c	61,98 e	10,93 b	62,25 b	322,28 h	45,97d
	21. SS x SM	83,59 c	61,10 e	10,90 b	59,67 b	443,78 h	67,62 c
	22. SM x WM	86,70 c	61,39 e	11,33 b	40,32 d	897,30 e	92,82 b
	23. SM x GG	87,35 c	61,56 e	11,33 b	50,57 c	426,78 h	54,92 d
	24. SM x SS	77,64 c	62,82 e	10,98 b	69,22 b	383,70 h	67,79 c
\bar{x} SxS	84,92	61,54	11,40	53,79	536,08	69,47	
CRUZAMENTOS: FORMOSA x SOLO	25. MR x WM	88,40 c	57,58 e	10,63 c	22,62 e	1531,45 b	88,67 b
	26. MR x GG	89,45 c	65,81 d	9,90 c	38,70 d	1224,05 d	121,22 a
	27. MR x SS	97,87 b	70,26 d	10,23 c	40,00 d	1010,33 e	104,20 a
	28. MR x SM	92,41 c	69,64 d	9,75 c	28,52 e	1668,15 b	121,12 a
	29. JS x WM	97,14 b	77,36 c	11,20 b	29,75 e	970,48 e	73,85 c
	30. JS x GG	106,85 b	76,16 c	12,40 a	45,22 d	707,33 f	82,46 b
	31. JS x SS	106,76 b	76,58 c	13,05 a	47,17 c	622,05 g	74,94 c
	32. JS x SM	99,59 b	74,32 c	12,05 a	39,67 d	861,93 e	87,84 b
	33. J4 x WM	100,40 b	69,58 d	12,15 a	24,40 e	782,98 f	49,82 d
	34. J4 x GG	88,39 c	68,59 d	11,05 b	45,87 c	584,05 g	68,47 c
	35. J4 x SS	86,79 c	72,26 c	11,95 a	53,52 c	363,18 h	50,09 d
	36. J4 x SM	93,10 c	70,09 d	10,78 b	41,05 d	853,73 e	90,23 b
	37. SK x WM	88,11 c	63,66 e	9,80 c	27,72 e	1270,13 d	90,39 b
	38. SK x GG	101,47 b	69,90 d	11,50 b	43,95 d	621,60 g	70,02 c
	39. SK x SS	90,92 c	68,90 d	11,53 b	52,67 c	611,48 g	82,09 b
	40. SK x SM	91,95 c	64,60 e	10,33 c	40,65 d	793,85 f	81,41 b
	\bar{x} FxS	94,98	69,71	11,14	38,84	904,80	83,55

Tabela 2. Cont.

Genitores e Híbridos	FE N	FI N	SST °brix	NFC (1+2+3)	PMF gramas	PROD t.ha ⁻¹	
CRUZAMENTOS: SOLO x FORMOSA	41. WM x MR	88,65 c	61,15 e	10,18 c	19,97 e	1665,50 b	83,61 b
	42. WM x JS	102,45 b	72,64 c	10,88 b	34,67 d	1034,08 e	91,08 b
	43. WM x J4	91,73 c	63,62 e	11,58 b	19,85 e	869,23 e	43,95 d
	44. WM x SK	87,23 c	57,18 e	10,03 c	34,62 d	1341,75 c	118,52 a
	45. GG x MR	90,44 c	66,44 d	10,43 c	40,55 d	1179,35 d	120,60 a
	46. GG x JS	100,73 b	72,87 c	12,65 a	41,45 d	614,38 g	65,66 c
	47. GG x J4	95,44 c	74,16 c	11,58 b	41,52 d	728,85 f	76,81 c
	48. GG x SK	92,47 c	63,34 e	11,33 b	44,67 d	777,93 f	88,98 b
	49. SS x MR	101,28 b	65,33 d	10,70 c	37,00 d	1133,20 d	106,43 a
	50. SS x JS	101,17 b	74,37 c	12,90 a	53,82 c	708,68 f	98,79 b
	51. SS x J4	90,13 c	68,20 d	11,30 b	51,45 c	600,10 g	80,14 c
	52. SS x SK	89,97 c	67,98 d	10,83 b	59,45 b	703,60 f	105,28 a
	53. SM x MR	91,53 c	67,67 d	9,60 c	24,27 e	1361,90 c	85,76 b
	54. SM x JS	112,82 a	68,50 d	11,35 b	41,70 d	804,10 f	85,54 b
	55. SM x J4	87,62 c	66,55 d	10,90 b	43,77 d	783,98 f	87,58 b
	56. SM x SK	90,69 c	66,28 d	10,53 c	53,35 c	815,65 f	110,96 a
\bar{x} FxS	94,65	67,27	11,05	40,13	945,14	90,61	

As médias com as mesmas letras foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott a 1 %.

3.2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allard, R.W. (1971) Princípios do melhoramento genético das plantas. São Paulo. Edgard Blucher, 381p.
- Borém, A.; Miranda, G.V. (2009) Melhoramento de plantas. 5ª ed., Viçosa, MG: UFV, 529p.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV, 480p.
- Falconer, D. S. (1987) Introdução à genética quantitativa. Viçosa, UFV, p. 279.
- Fehr, W.R. (1987) Principles of cultivar development. New York: Macmillan, 1987. 525p.

- Hamilton, R.A. (1954) Quantitative study of growth and fruiting in inbred and crossbred progenies from two solo papaya strains. Hawaii Agr. Expt. Sta. Bul., v.20, p.1-38.
- Lassoudiere, A. (1968) Le papayer: description et genetique. Fruits, Paris, v.23, n.11, p.585-596.
- Melchinger AE (1999). Genetic diversity and heterosis. In: Coors JG and Pandey S (eds) The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops, CCSA, ASA, and SSA: Madison, WI, USA. pp 99–118.
- Mekano, H.U.; Nakasone, H.Y. (1975) Interespecific hybridization among 6 *Carica* species. J. Amer. Soc. Hort. Sci., v.100, n.3, p. 237-242
- Ronzelli Júnior, P. (1996) Melhoramento genético de plantas. Curitiba, 25-40.
- Scott, A.J.; Knott, M.A. (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics, v. 30, n. 2, p. 507-512.

4. RESUMOS E CONCLUSÕES

O Brasil destaca-se como um dos principais países produtores de mamão (*Carica papaya* L.). Entretanto, os produtores de mamão sofrem com a baixa disponibilidade de cultivares e híbridos, tornando seu cultivo vulnerável às condições edafoclimáticas e principalmente a pragas e doenças. Assim, este trabalho teve como objetivo desenvolver novos híbridos de mamão pela exploração da heterose.

A escolha correta de genitores a serem utilizados em hibridação constitui decisão de suma importância para o melhorista. O conhecimento prévio do potencial de determinadas combinações híbridas permite ao melhorista concentrar seus esforços naquelas combinações mais promissoras.

Para tanto, foram avaliados oito genitores de mamão e os 56 híbridos (F_1 e recíproco) obtidos entre eles quanto à capacidade combinatória em um dialelo completo e estimada a heteroses dos híbridos. Previamente, foram realizados os cruzamentos entre genitores de dois grupos heteróticos de mamão: Formosa (Maradol, JS 12, JS 12/4, Sekati) e Solo (Waimanalo, Golden, SS 72/12, São Mateus). Os 64 tratamentos foram avaliados em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições de 10 plantas por parcela.

As características avaliadas foram altura da planta, altura de inserção do primeiro fruto, diâmetro do caule, número total de frutos, produtividade, peso médio do fruto, diâmetro do fruto, comprimento do fruto, firmeza externa da polpa,

firmeza interna da polpa, teor de sólidos solúveis totais, espessura média da polpa do fruto e diâmetro da cavidade central do fruto.

De acordo com o método 1 de Griffing, houve significância dos quadrados médios relativa à CGC, sendo um indicativo das diferenças entre os efeitos da CGC para os genótipos genitores e do envolvimento de efeitos aditivos na herança desses caracteres. As características avaliadas também apresentaram significância para o CEC. As significâncias do CGC e CEC indicam que genes de efeitos aditivos e genes de efeitos não-aditivos exercem controle sobre as características avaliadas. As características DC, PROD e SST expressaram superioridade dos efeitos não-aditivos em relação aos efeitos aditivos, assim, as hibridações com o objetivo de explorar o efeito heterótico poderão proporcionar ganhos superiores.

Apenas sete características apresentaram efeito recíproco significativo: altura de plantas (170DAT), altura de inserção do primeiro fruto, diâmetro do caule, peso médio do fruto, diâmetro do fruto, comprimento do fruto, espessura da polpa e diâmetro da cavidade.

Foram obtidas heteroses entre e dentro do grupo heterótico. As estimativas da heterose refletem a viabilidade da exploração da heterose entre genótipos do mesmo grupo heterótico.

Foram obtidas heteroses positivas, demonstrando as vantagens dos híbridos em relação aos genitores. Quanto aos híbridos avaliados, destacaram-se os híbridos GG x WM e WM x GG para produção.

Com base na heterose, não foi possível agrupar os genitores em grupos heteróticos distintos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira (2011) São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, p. 345-370.
- Allard, R.W. (1971) Princípios do melhoramento genético das plantas. São Paulo. Edgard Blucher, 381p.
- Badillo, V.M. (1993) Caricaceae. Revista de la Facultad de Agronomía-Alcance, v.43, 111p.
- Badillo, V. M. (2002) *Carica L. vs. Vasconcella St. Hil. (Caricaceae) con la Rehabilitación de este último.* *Ernstia* 10: 70-72.
- Bastos, I. T.; Barbosa, M. H. P.; Cruz, C. D.; Burnquist, W. L.; Bressiani, J. A.; Silva, F. L. da (2003) Análise dialéctica em clones de cana-de-açúcar. *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 2, p. 199-206.
- Borém, A.; Miranda, G.V. (2009) Melhoramento de plantas. 5ª ed., Viçosa, MG: UFV, 529p.
- Bruce, A.B. (1910) The Mendelian theory of heredity and augmentation of vigor. *Science*, v.32, p. 627 – 628.
- Couto, F.A.D'araújo, Nacif, S.R. (1999) Hibridação em mamão. In: Borém, A. Hibridação artificial de plantas. Viçosa: UFV, p.307-329.
- Cruz, C. D.; Vencovsky, R. (1989) Comparação de alguns métodos de análise dialéctica. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto v. 12, n. 2, p. 425-438.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV, 480p.

- Damasceno Junior, P. C.; Pereira, T. N. S.; Silva, F. F. ; Viana, A. P.; Pereira, M. G. (2008) Comportamento floral de híbridos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) avaliados no verão e na primavera. *Revista Ceres*, v. 55, p. 310-316.
- East, E.M. (1936) Heterosis. *Genetics*, 21 375-397.
- Falconer, D. S. (1987) Introdução à genética quantitativa. Viçosa, UFV, p. 279.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F (1996) Introduction to quantitative genetics. 4. Ed. Essex, England: Ed. Longman, 464 p.
- Gabrovskia I.; Valdiviesco A.S.; Becquer, A.; Saenz, B. (1967) Las enfermedades virosas de la fruta bomba (*Carica papaya* L.) en Cuba. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.1, p.1-21.
- Gardner, C.O.; Eberhart, S.A. (1966) Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, London, 22:439-452.
- Geraldi, I. O.; Miranda Filho, J. B. de. (1998) Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 419-430.
- Griffing, B. (1956) A general treatment pf the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, Essex, 10:31-50.
- Hallaeur, A.R.; Miranda Filho, J.B. (1995) Quantitative genetics in maize breeding. 2nd ed. Ames: Iowa State University Press, 468p.
- Hamilton, R.A. (1954) Quantitative study of growth and fruiting in inbred and crossbred progenies from two solo papaya strains. *Hawaii Agr. Expt. Sta. Bul.*, v.20, p.1-38.
- Harkness, R.W. (1967) Papaya growing in Florida. Florida: Fla. Agr. Ext. Serv.
- Hayman, B.I. (1954) The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, v.39, p.789-809.
- Hofmeyer, J.D.J.(1938) Genetical studies of *Carica papaya* L. *African Dept. Agric. For Sci., Bull.* 187:1-46.
- Horovitz, S. (1954) Determinación del sexo en *Carica papaya* L. Estructura hipotetica de los cromossomas sexuales. *Agronomica Tropical*, 17:323-343.
- Horovitz, S.; Jiménez, H. (1967) Cruzamientos interespecíficos e intergenéricos en caricaceae y sus implicaciones fitotécnicas. *Agronomía Tropical* 3 (3): 323-343.
- Ishii, Y., Holtzmann, O.W. (1963) Papaya mosaic disease in Hawaii. *Plant Disease Reporter*, Beltsville, 47:947-951.

- Lassoudiere, A. (1968) Le papayer: description et genetique. Fruits, Paris, v.23, n.11, p.585-596.
- Lee, M. (1995) DNA markers and plant breeding programs. In: Advances in Agronomy. v. 55. Academic Press
- Marin, S. L. D., Gomes, J. A., Silva, J. G. F., Salgado, J. S. (1994) Variação sazonal da produção do mamoeiro do grupo solo na região Norte do Espírito Santo. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 13., 1994, Salvador. Resumos. Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura. v. 2, 665p.
- Marin, S.L.D. (2001) Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): Habilidade combinatória de genótipos dos grupos 'SOLO' e 'FORMOSA'. Tese de Doutorado em Produção Vegetal – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ. 117p.
- Marin, S.L.D., Pereira, M.G. Amaral Jr. AT., Martelleto, L.A.P. e Ide, C.D. (2006) Heterosis in papaya hybrids from partial diallel of 'Solo' and 'Formosa' parents. CBAB 6, 24-29.
- McDaniel, R.G. (1986) Biochemical and physiological basis of heterosis. Critical Reviews of Plant Science, v.30, n.1, p. 227-246.
- Mekano, H.U.; Nakasone, H.Y. (1975) Interespecific hybridization among 6 *Carica* species. J. Amer. Soc. Hort. Sci., v.100, n.3, p. 237-242.
- Ming, R.; Yu, Q., Moore, P.H. (2007) Sex determination in papaya. Seminars in Cell e Developmental Biology v. 18, p. 401-408.
- Nakasone, H.Y. (1980) Melhoramento de mamão no Havaí. In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura do Mamoeiro, 1. Jaboticabal, SP, 1980. Anais... Jaboticabal - SP: FCAV/UNESP, p. 275-287.
- Nakasone, H.Y.; Paul, R.E. (1998) Tropical fruits crop production science in horticulture. New York: Cab International, 1998. 445p.
- Nakasone, H.Y.; Storey, W.B. (1955) Studies on the inheritance of fruiting height *Carica papaya* L. Proc. Amer.Hort. Sci., v.66, p.168-182.
- Parasnis, A. S.; Ramakrishna, W.; Chowdari, K.V.; Gupta, V.S.; Ranjekar, P. K. (1999) Microsatellite (GATA)_n reveals sex-specific differences in Papaya. Theoretical and Applied Genetics 99; 1047-1052.
- Peres, A.P.; Machado, J. da C.; Chitarra, A.B.; Limas, L. C. de O. (2000) Perfil enzimático de fungos associados à podridão peduncular do mamão. Cienc. Agrotec., 24, I 295-299.

- Pérez, E.G. (2004) Melhoramento do mamoeiro. Toda Fruta (<http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostraconteudo.asp?conteudo=6062>)
- Ramalho, M.A.P.; Santos, J.B. dos; Zimmermann, M.J.O. (1993) Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: Editora da UFG, cap.5, p.93-135.
- Rodríguez, R. E. S. (1998) Estimativa dos parâmetros genéticos e de resposta à seleção na população de arroz irrigado CNA1. Dissertação (Mestrado) Goiânia-GO, Universidade Federal de Goiás, UFG; 87p.
- Ronzelli Júnior, P. (1996) Melhoramento genético de plantas. Curitiba, 25-40.
- Ruggiero, C. (1988) Mamão: situação da cultura do mamão. In: II Simpósio Brasileiro sobre a Cultura do Mamão, Jaboticabal, FCAV/UNESP. Anais.Jaboticabal, SP, p. 428.
- Sampaio, H.S. de V., Luna, J.V.U., Sampaio, L.S. de V. (1983) Comportamento de linhas endógamas de mamão (*Carica papaya* L.) e seus híbridos, em solo infestado com *Phytophthora* sp. Magistra, Cruz das Almas, 1:36-45.
- Shull, G. H. (1908) The composition of a field of maize. American Breeding Association Reports, Madison, v. 4, p. 296-301.
- Silva, F. F. da; Pereira, M. G.; Ramos, H. C.; Damasceno Junior, P. C.; Pereira, T. N. S.; IDE, C. D. (2007) Genotypic correlatios of morpho-agronomic traits in papaya and implications for genetic breeding. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 7, p. 345-352.
- Sprague, G.F.; Tatum, L.A. (1942) General vs. specific combining ability in single crosses of corn. Journal of the American Society of Agronomy, v. 34, n. 10, p. 923-932.
- Soares, Y. J. B. (2007) : Influência da irrigação, de doses de potássio e da sazonalidade nos distúrbios da floração e da frutificação em mamoeiro (*Carica papaya* L.). Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ. 89p.
- Srivastava, H.K. (1983) Heterosis and intergenomic complementation: Mitochondria, chloroplast and nucleus. In: Monographs on theoretical and applied genetics. Berlim: Springer-Verlag, v.6, p.260-286.
- Storey, W.B. (1941) The botany and sex relationships of the papaya. In: Papaya production in the Hawaiian Islands. Hawaii Agricultural Experiment Station, Bulletin 87:5-22.

- Storey, W.B. (1953) Genetics of the papaya. J. Hered., Washington 44:70-78.
- Urasaki, N.; Tokumoto, M.; Tarora, K.; Ban, Y.; Kayano, T.; Tanaka, H.; Oku, H.; Chinen, I.; Terauchi, R.A. (2002) A male and hermaphrodite specific RAPD marker dor papaya (*Carica papaya* L.) Theoretical and Applied Genetics 104:281-285.
- Viana, J. M. S. (2000) The parametric restrictions of the Griffing diallel analysis model: combining ability analysis. Genetics and Molecular Biology, v. 23, n. 4, p. 877-881.