

CAPACIDADE COMBINATÓRIA, HETEROSE DE LINHAGENS
ENDOGÂMICAS RECOMBINANTES E ANÁLISE DE IMAGENS
DIGITAIS EM MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

RENATO SANTA CATARINA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO - 2016

CAPACIDADE COMBINATÓRIA, HETEROSE DE LINHAGENS
ENDOGÂMICAS RECOMBINANTES E ANÁLISE DE IMAGENS
DIGITAIS EM MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

RENATO SANTA CATARINA

“Dissertação 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 Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Orientador: Prof. Messias Gonzaga Pereira

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO - 2016

CAPACIDADE COMBINATÓRIA, HETEROSE DE LINHAGENS
ENDOGÂMICAS RECOMBINANTES E ANÁLISE DE IMAGENS
DIGITAIS EM MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

RENATO SANTA CATARINA

“Dissertação 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 Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Aprovada em 26 de fevereiro de 2016.

Comissão Examinadora:

Prof. Pedro Corrêa Damasceno Junior (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - UFRRJ

Prof^a. Helaine Christine Cancela Ramos (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - UENF

Dr^a. Fernanda Abreu Santana Arêdes (D.Sc., Genética e Melhoramento) – UFV

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph.D., Plant Breeding) – UENF
(Orientador)

Aos meus pais, Carmen e Henrique Santa Catarina, pelo apoio, amor e ensinamentos ao longo destes anos; aos meus irmãos, Claudio, Claudete e Eliane Santa Catarina, por todo carinho e amor.

Dedico esta conquista

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir que eu chegasse até aqui.

À UENF, CAPES e Caliman Agrícola S/A, pelo suporte financeiro e pela infraestrutura para a realização do nosso trabalho.

Ao meu orientador, professor Messias Gonzaga Pereira, pelos ensinamentos, pela confiança e atenção na realização deste trabalho.

Aos meus familiares, em especial à minha mãe Carmen e ao meu pai Henrique, aos meus irmãos Claudete, Claudio e Eliane por acreditarem e torcerem sempre pelo meu sucesso.

A minha namorada Aline, pelo carinho e pela companhia ao longo desta trajetória.

Aos professores do LMGV, em especial, às minhas conselheiras professoras Telma Nair Santana Pereira e Helaine Christine Cancela Ramos pelas valiosas contribuições.

Ao engenheiro Agrônomo Geraldo Ferregueti pela atenção dispensada durante estes dois anos na Empresa Caliman Agrícola S/A.

Ao Ailton Sincora e demais funcionários da Caliman, pelos cuidados com nosso experimento.

Aos colegas do LMGV pela amizade e pela agradável convivência durante este período de mestrado, Julio, Diego Marmolejo, Gislanne, Fernanda, Pedro, Alinne, Nayara, Jocarla, Nádia e Tathianne.

A todos os demais amigos que estão próximos, distantes e os que aqui não estão mais presentes.

Às técnicas do LMGV, Vitória e Marcela, pela atenção nos trabalhos realizados no laboratório.

Ao secretário do LMGV, Daniel, pela atenção, dedicação e auxílio nos momentos burocráticos e amizade.

E a todos que deram a sua contribuição para que este trabalho fosse realizado.

A todos, o meu muito obrigado!!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 Aspectos gerais da cultura	5
3.2 Importância econômica da cultura	6
3.3 Melhoramento genético do mamoeiro	7
3.4 Capacidade combinatória e uso de testadores no melhoramento genético de plantas	10
3.5 Heterose	11
3.6 Análise e processamento de imagens digitais	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 Ensaio de avaliação	15
4.1.1 Instalação e localização do Experimento	15
4.1.2 Obtenção dos híbridos <i>Topcrosses</i> e das linhagens autofecundadas ..	15

4.1.3 Ensaio de avaliação	18
4.1.4 Características Avaliadas.....	19
4.1.5 Heterose	21
4.1.6 Análise Estatística.....	22
4.2 Análise e processamento de imagem digital	25
4.2.1 Estimção de características morfológicas em frutos de mamão	25
4.2.2 Estimção do peso e volume em frutos de mamão	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Variáveis morfoagronômicas	27
5.1.1 Análise de variância e parâmetros genéticos.....	27
5.1.2 Comparações de Médias	31
5.1.3 Capacidade combinatória	36
5.1.4 Heterose	46
5.2 Análise e processamento de imagem digital aplicada a frutos de mamoeiro	53
5.2.1 Mensuração de características morfoagronômicas via imagem digital .	53
5.2.2 Estimção do volume e peso de frutos de mamão	55
6. CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Imagem representativa do modelo de fenotipagem empregado para obtenção das mensurações das características morfoagronômicas em plantas de mamoeiro. AP: altura de planta.; AIPF: altura de inserção do primeiro fruto e DC: diâmetro do caule.....19
- Figura 2.** Binarização da imagem do fruto de mamão. (a) Imagem RGB, (b) imagem em escala de cinza e (c) imagem binarizada.....54
- Figura 3.** Comparação entre peso observado e estimado pela fórmula do elipsoide no grupo de validação.....56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Características dos genótipos de mamoeiro utilizados na hibridação.....	16
Quadro 2. Linhagens de mamoeiro utilizado na pesquisa para obtenção dos híbridos <i>topcrosses</i> , Linhares, Espírito Santo, 2015.....	17
Quadro 3. Representação das 20 combinações híbridas obtidas para o estudo.	18
Quadro 4. Esquema da análise de variância utilizada neste trabalho.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise de variância para 14 características morfoagronômicas de mamoeiro, Linhares, ES, 2015	28
Tabela 2. Médias para seis características de maior importância econômica, avaliadas em 10 linhagens de mamoeiro e a testemunha comercial 'Golden', com suas respectivas diferenças mínimas significativas (DMS), Linhares, ES, 2015.....	32
Tabela 3. Médias para seis características de maior importância econômica, avaliadas em sete híbridos 'Solo' de mamoeiro e testemunha 'Golden', com suas respectivas diferenças mínimas significativas (DMS), Linhares, ES,.....	33
Tabela 4. Médias para seis características de maior importância econômica, avaliadas em 13 híbridos 'Formosa' de mamoeiro e a testemunha 'Tainung 01', com suas respectivas diferenças mínimas significativas (DMS). Linhares, ES, 2015.....	34
Tabela 5. Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) de sete híbridos de mamoeiro, utilizando-se testador do grupo 'Solo' SS-7212 para 14 características agrônômicas relacionadas à produção e qualidade de frutos, Linhares, ES, 2015.....	37

Tabela 6. Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) de oito híbridos de mamoeiro utilizando-se testador do grupo 'Formosa' Sekati para 14 características agronômicas relacionadas com produção e qualidade de frutos, Linhares, ES, 2015.....	41
Tabela 7. Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) de quatro híbridos de mamoeiro, utilizando-se testador do grupo Formosa JS-12 para 14 características agronômicas relacionadas à produção e qualidade de frutos, Linhares, ES, 2015.....	44
Tabela 8. Valores da heterose padrão, varietal e funcional de sete híbridos de mamoeiro, utilizando o testador 'Solo' SS-72/12 para seis características de maior importância econômica do mamoeiro. Linhares, ES, 2015.....	47
Tabela 9. Valores da heterose padrão, varietal e funcional de 13 híbridos de mamoeiro, utilizando três testadores Formosa para seis características de maior importância econômica do mamoeiro, Linhares, ES, 2015.....	51
Tabela 10. Estatísticas obtidas para mensurações manuais e assistidas por imagens digital em 50 frutos da variedade 'THB'.....	55
Tabela 11. Volume estimado pela translocação da coluna de água (VTCA) e por mensurações digitais (VEID) em uma amostra aleatória de 50 frutos da variedade THB'.....	56

RESUMO

SANTA-CATARINA, Renato; M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Fevereiro de 2016. Capacidade combinatória, heterose de linhagens endogâmicas recombinantes e análise de imagens digitais em mamoeiro (*Carica papaya* L.). Orientador: Messias Gonzaga Pereira; Conselheiros: Telma Nair Santana Pereira e Helaine Christine Cancela Ramos.

O Brasil é o segundo maior produtor de mamão do mundo, ficando apenas atrás da Índia. A cultura tem grande importância no agronegócio brasileiro. Apesar disso, o mamoeiro apresenta variabilidade genética restrita, ficando vulnerável ao ataque de pragas e doenças. A obtenção de híbridos é uma forma de aumentar a variabilidade genética da cultura, além de diminuir a necessidade de importação de sementes. Esta dissertação teve por objetivos: I) Desenvolver híbridos *topcrosses*, utilizando como testadores genitores elites. II) Estimar a capacidade específica de combinação das linhagens com os respectivos testadores, visando a identificação de híbridos superiores. III) Avaliar o efeito heterótico dos híbridos e, IV) Desenvolver e validar uma metodologia de análise e processamento de imagem digital aplicada na estimação de características morfológicas em frutos de mamão. Para tanto, foi realizado um experimento na área comercial da empresa Caliman Agrícola S.A, em Linhares, ES. Foram avaliados 36 genótipos de mamoeiro, sendo, 10 linhagens superiores, 20 híbridos *topcrosses*, quatro genitores elites e duas testemunhas comerciais ('Golden' e 'Tainung 01'). Os genótipos foram avaliados em ensaio de avaliação com delineamento em blocos casualizados com seis repetições e três plantas por parcela com espaçamento de

1,5 m entre plantas e 3,6 m entre fileiras. As características avaliadas foram: altura de inserção do primeiro fruto (AIPF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de frutos comerciais (NFC), número de frutos deformados (NFD), nós sem frutos (NSF), produção (PROD), peso médio de fruto (PMF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), firmeza do fruto (FF), firmeza da polpa (FP), espessura da polpa (EP) e teor de sólidos solúveis (TSS). Os dados foram submetidos à análise de variância e capacidade combinatória. Houve variabilidade genética entre os tratamentos para todas as características avaliadas, possibilitando a identificação de linhagens e/ou híbridos agronomicamente superiores. As linhagens 2 e 9 destacaram-se para as características PROD, FF, FP e TSS de maior importância da cultura. Os híbridos 'Solo' (HS) HS-15 (T1x1), HS-16 (T1x2), HS-18 (T1x6) e HS-19 (T1x9) com testador T1 (SS-72/12), foram superiores à testemunha 'Golden' nas características PROD, FF, FP e TSS. Os híbridos 'Formosa' (HF) HF-23 (T2x2), HF-24 (T2x4), HF-25 (T2x6) e HF-26 (T2x10) com o testador T2 (Sekati) e os híbridos HF-30 (T3x2), HF-31 (T3x1) e HF-40 (T3x21) com o testador T3 (JS-12), foram superiores à testemunha 'Tainung 01' nas características FF, FP e TSS. Além disso, podemos destacar três linhagens 1, 2 e 6, com boa capacidade combinatória com pelo menos dois genitores, tanto do grupo heterótico 'Solo' quanto 'Formosa'. A heterose varietal foi superior na maioria dos HS e HF para todas as características, sendo estes híbridos superiores às testemunhas. Assim como, grande parte dos HS e HF foram superiores às linhagens para determinadas características. Os coeficientes de variação experimental utilizando a imagem digital foram menores para todas as características morfológicas avaliadas, indicando maior precisão desta metodologia em relação à manual. Estas características podem ser estimadas através da análise e processamento de imagens digitais, com rapidez e precisão.

ABSTRACT

SANTA-CATARINA, Renato; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February 2016; Combining ability, heterosis of recombinant inbred lines and analyses of digital images in papaya (*Carica papaya* L.); Advisor: Messias Gonzaga Pereira; Committee members: Telma Nair Santana Pereira and Helaine Christine Cancela Ramos.

Brazil is the second largest papaya producer in the world being India the first. The crop is very important in the Brazilian agribusiness. Despite its importance the papaya has limited genetic variability, being vulnerable to pests and diseases. The development of hybrids is a way to increase the genetic variability of the crop, and reducing the need for seed importation. This dissertation aimed to: I) To develop top cross hybrids considering elite parents. II) To estimate the specific combining ability of the lines with their testers, aiming at the identification of superior hybrids; III) To evaluate the heterotic effect of hybrids and IV) To develop and validate a methodology of analysis and digital image processing applied in the estimation of morphological traits in papaya fruits. For this, an experiment was conducted in the commercial area of Caliman Agricola S.A, located in Linhares, ES. We evaluated 36 genotypes of papaya being top 10 lines, 20 top cross hybrids, four elite parents and two commercial checks ('Golden' and 'Tainung 01'). These genotypes were evaluated in a field trial in a randomized complete block design with six replications and three plants per plot with 1.5m spacing between plants and 3.6m between rows. The traits evaluated were height of insertion of the first fruit (HIFF), plant height (PH), stem diameter (SD), number of commercial fruits (NCF), number

of deformed fruits (NDF), fruitless nodes (FN), production (PROD), fruit weight (FW), fruit length (FL), fruit diameter (FD), fruit firmness (FF), pulp firmness (PF), thickness pulp (TP) and total soluble solids content (TSS). Data were subjected to analysis of variance and combining ability. There was genetic variability between treatments for all evaluated traits, enabling the identification of lines and/or agronomically superior hybrids. The lines 2 and 9 stood out for PROD, FF, PF and TSS, the most important traits for the crop. The 'Solo' hybrids (SH) SH-15 (T1X1), SH-16 (T1x2), SH-18 (T1x6) and SH-19 (T1x9) with T1 tester (SS-72/12) were superior to the check 'Golden' for PROD, FF, PF and TSS traits. The 'Formosa' hybrids (FH), FH-23 (T2x2), FH-24 (T2x4), FH-25 (T2x6) and FH-26 (T2x10) with T2 tester (Sekati) and hybrids FH-30 (T3x2), FH-31 (T3x1) and FH-40 (T3x21) with T3 tester (JS-12) were higher than the check 'Tainung 01' for FF, PF and TSS traits. In addition, we highlight three lines 1, 2 and 6 with good combining ability with at least two parents, from both heterotic group 'Solo' and 'Formosa'. The varietal heterosis was elevated in most hybrids SH and FH to all the traits, which the hybrids were superior to checks. As much of the SH and FH were superior than those lines for certain traits. The experimental variation coefficients using digital image were lower for all measured morphological traits, indicating greater accuracy of this methodology in relation to manual procedure. These traits can be estimated by analyzing and processing digital images, quickly and accurately.

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma planta que possui frutos aromáticos, ricos em vitamina C, amplamente usados em dietas alimentares em razão do seu excelente valor nutritivo e digestivo com ótima aceitação no mercado nacional e internacional (Dantas, 2000). Seu consumo é basicamente na forma *in natura* (Souza et al., 2005).

A produção mundial de mamão está concentrada principalmente em cinco países que se alternam nas primeiras posições. Em 2013 a produção atingiu 12,5 milhões de toneladas, tendo como principais produtores a Índia, Brasil, Indonésia, Nigéria e México. A Índia é o maior produtor de mamão com 5,5 milhões de toneladas que representa 44,1% da produção mundial. O Brasil, segundo maior produtor com 1,58 milhões de toneladas, responde com 12,6% da produção mundial que movimentaram um total de U\$\$ 38,8 milhões (IBGE, 2014).

No Brasil, os maiores produtores são os Estados da Bahia (718.726 toneladas) e do Espírito Santo (404.720 toneladas). Juntos respondem por 71% da produção brasileira, seguido dos Estados do Ceará (118.372 toneladas) e Rio Grande do Norte (69.925) (IBGE, 2014).

Dentre os principais problemas verificados no cultivo de mamoeiros do grupo Formosa e 'Solo' nas principais regiões produtoras do Brasil, ressalta-se a demanda por alternativas para a escolha de cultivares e/ou híbridos comerciais para o plantio, cujos frutos atendam tanto às exigências do mercado nacional quanto internacional (Marin, 2001). A ampliação da variabilidade genética através

da técnica de hibridação em programas de melhoramento genético é uma ótima estratégia para minimizar este problema (Marin et al., 2001). Essa necessidade de lançamentos de novas cultivares e híbridos de mamão para o mercado interno e externo também tem sido apontado por vários pesquisadores (Dantas & Lima, 2001; Fraire Filho et al., 2001; Pereira, 2003; Marin et al., 2006a,b; Castellen et al., 2007; Ide et al., 2009; Ruggiero et al., 2011; Pereira et al., 2015).

Nesse sentido, Marin (2001), estudou a capacidade geral e específica de combinação em genótipos do grupo 'Solo', 'Formosa' e Dióico, e observou que o genótipo 'Cariflora' tem excelente capacidade geral e específica de combinação para várias características agronômicas, quando cruzado com cultivares do grupo 'Solo'. Entretanto, este genótipo não pôde ser utilizado em programas de melhoramento, por se tratar de um genótipo dióico não sendo possível realizar autofecundações para a obtenção de linhagens endogâmicas. A única possibilidade de exploração deste genótipo para uso no melhoramento foi incorporar ao seu genoma a região que controla o sexo no mamoeiro, localizada no cromossomo Y (Ming et al., 2007), que é responsável pelo hermafroditismo.

Silva et al. (2007a) iniciaram um estudo de conversão sexual do genótipo 'Cariflora', do estado dióico (população com plantas femininas e masculinas) para o ginóico-andromonóico (população com plantas femininas e hermafroditas), assistido por marcadores moleculares. Para a conversão deste genótipo foi realizado o cruzamento entre o 'Cariflora' x 'Sunrise Solo 783' e deste cruzamento foram obtidas as populações de retrocruzamento RC₁ e RC₂, destas populações, foram selecionados genótipos agronomicamente superiores. Vários estudos foram desenvolvidos associando o melhoramento clássico com marcadores moleculares para o desenvolvimento, avaliação e condução de populações segregantes oriundas desses retrocruzamentos (Silva et al., 2007b; Silva et al., 2007c; Silva et al., 2008a; Silva et al., 2008b; Ramos et al., 2011a; Ramos et al., 2011b) com o objetivo principal de identificação e seleção de genótipos agronomicamente superiores.

Dando sequência à conversão do 'Cariflora', Ramos (2010) conduziu as populações RC₃ e Ramos et al., (2012) avaliaram a distância genética entre populações derivadas de três gerações de retrocruzamentos (RC₁, RC₂ e RC₃), selecionaram os genótipos superiores para avanço de gerações por autofecundação. Ainda nestas populações, foram desenvolvidas estratégias de

seleção combinada para as principais características agrônômicas, levando em consideração tanto o valor fenotípico como no valor genético obtido pela metodologia dos modelos lineares mistos, via procedimento REML/BLUMP, para identificação das melhores famílias (Ramos et al., 2014).

Entretanto, no mamoeiro pode-se usufruir tanto da obtenção de híbridos quanto a obtenção de linhagens, para isso torna-se necessário conhecer as relações genéticas entre os genótipos em cruzamento. A capacidade combinatória é uma metodologia muito utilizada da qual é possível selecionar as melhores combinações híbridas que apresentam maior produtividade e qualidade dos frutos. Os estudos de capacidade combinatória possibilitam tanto a identificação de genitores utilizados para hibridação quanto de híbridos com qualidades superiores (Cruz e Regazzi, 1997).

Diante disso, visando o desenvolvimento de híbridos e linhagens superiores de mamoeiro, o presente trabalho teve como objetivo principal estimar a capacidade específica de combinação e efeito heterótico de híbridos de mamoeiro, por meio de *top cross* entre 10 linhagens superiores provenientes de retrocruzamento e quatro testadores de base estreita SS-7212, Sekati, JS-12 e 41/7.

2. OBJETIVOS

- I) Desenvolver híbridos *topcrosses* a partir de cruzamentos entre 10 linhagens de mamoeiro oriundas de retrocruzamentos e quatro testadores elites, de base genética estreita.
- II) Estimar a capacidade específica de combinação das linhagens com os respectivos testadores e o seu potencial para o programa de melhoramento do mamoeiro, visando à identificação de híbridos superiores;
- III) Avaliar o efeito heterótico das combinações híbridas envolvendo os genitores elites e as linhagens superiores de mamoeiro;
- IV) Desenvolver e validar uma metodologia de análise e processamento de imagem aplicada na estimação de características morfológicas em frutos de mamão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos gerais da cultura

O mamoeiro *Carica papaya*, pertence à família *Caricaceae*, gênero *Carica*. Esta família é formada por seis gêneros: *Vanconcellea*, *Jacaratia*, *Jarilla*, *Cylicomorpha*, *Horovitzia* e *Carica*. Sendo *Carica* o de maior importância econômica (Badillo, 2000, 1971). Segundo Carvalho e Renner (2012), o mamoeiro, faz parte de um pequeno clado confinado a México e Guatemala, que inclui três espécies herbáceas (*Jarillachocola*, *J. heterophylla*, *J. nana*) e uma espécie arbustiva *Horovitzia cnidoscolonoideis*. A descoberta de que *C. papaya* é mais próximo a estas espécies herbáceas pode ter implicações para os melhoristas que até agora tentaram introduzir características desejáveis das espécies do gênero *Vasconcellea* (Carvalho e Renner, 2012).

Segundo Trindade (2000) o mamoeiro tem como característica a grande densidade de plantas por hectare de fácil propagação e rápido desenvolvimento com alta produtividade durante todo o ano. Além disso, apresenta sistema radicular pivotante, com raiz principal bem desenvolvida. A maior parte das raízes do mamoeiro encontra-se distribuídas nos primeiros 30 cm do solo, podendo explorar até uma camada de solo com um metro de profundidade (Dantas, 2000).

As espécies *Caricapapaya*, *Vasconcellea monoica* e *Jacaratiapinosa* são diplóides e possuem 18 cromossomos cada uma delas (Damasceno Juniores et al., 2009a; Damasceno Junior et al., 2010).

Inicialmente a herança do sexo em mamoeiro foi descrita como monogênica, apresentando três formas alélicas possíveis M_1 , M_2 e m (Hofmeyr, 1938). Storey (1941) estabeleceu que os indivíduos portadores dos genótipos mm , M_1m , e M_2m , são denominados ginóicos, andróicos, e ginóicos-andromonóicos ou hermafroditas, respectivamente. As combinações dominantes destes genótipos M_1M_1 e M_2M_2 são letais (Storey, 1953).

No entanto, estudos mais recentes na área da genética molecular enfatizam que o sexo em mamão é controlado por um par de cromossomos sexuais recentemente evoluídos, havendo dois cromossomos Y na espécie. Nas plantas masculinas o cromossomo Y e nas hermafroditas o cromossomo Y^h , existindo pelo menos dois genes que diferenciam esses dois cromossomos. Um gene controlaria o pedúnculo longo e o outro gene masculinizante controlaria o aborto do carpelo nas flores masculinas. Assim, plantas portadoras dos genótipos XX , XY , XY^h e YY^h , seriam femininas, masculinas, hermafroditas e letais, respectivamente (Ming et al., 2007).

O mamoeiro é identificado como uma espécie autógama facultativa com cleistogamia (Damasceno Junior et al. 2009b). Assim, tanto o híbrido quanto a linhagem podem ser obtidas, exploradas e cultivadas, o que confere uma grande vantagem à cultura. Segundo Dantas e Lima (2001), a obtenção de linhagens e híbridos é possível porque o mamoeiro pode ser autopolinizado sem expressiva perda de vigor, ou seja, não sofre depressão por endogamia.

3.2 Importância econômica da cultura

O mamoeiro produz frutos aromáticos, é excelente fonte de pré-vitaminas A e vitaminas C e é muito utilizado nas dietas em razão do seu valor nutritivo e digestivo (Dantas et al., 2002). Em 2009, o consumo médio de frutas no Brasil, foi da ordem de 23,70 kg/*percapita*/ano e no mundo, de 23,90 kg/*percapita*/ano (FAO, 2013). Além do consumo da fruta *in natura*, outras formas de processamento, diversificam a sua utilização, como geléias, sucos, doces, entre outras.

Além da grande importância alimentícia, podemos ressaltar também sua função social, uma vez que o mamão é produzido durante todo o ano e há necessidade de renovação dos pomares. Sua produção absorve mão de obra

regularmente, gerando empregos (Oliveira, 1994). Segundo Ponciano e Souza (2001), a cultura do mamoeiro apresenta importante papel no desenvolvimento social gerando em média um emprego por hectare ao ano.

A produção mundial de mamão atingiu 12,5 milhões de toneladas em 2013, tendo como principais produtores a Índia, Brasil, Indonésia, Nigéria e México. A Índia é o maior produtor de mamão com 5,5 milhões de toneladas que representa 44,1% da produção mundial. O Brasil, segundo maior produtor com 1,58 milhões de toneladas, responde com 12,6% da produção mundial que movimentaram um total de U\$\$ 38,8 milhões. A área colhida de mamão em 2013 foi de 447,6 mil hectares, sendo a Índia e a Nigéria os países com as maiores áreas. A Indonésia foi o país que apresentou a maior produtividade, 75,8 Kg.ha⁻¹ (FAOSTAT, 2015).

No Brasil os Estados da Bahia (718.726 toneladas) e do Espírito Santo (404.720 toneladas), são os maiores produtores e correspondem juntos a 71% da produção brasileira, seguidos dos Estados de Minas Gerais (126.849 toneladas) Ceará (118.372 toneladas) e Rio Grande do Norte (69.925) (IBGE, 2014).

O volume exportado de mamão mundialmente, em 2012, foi de 271,8 mil toneladas, correspondendo a US\$ 209,4 milhões. O México foi o maior exportador da fruta, sendo responsável por aproximadamente 40% das exportações. O Brasil ocupa a segunda posição, com 9,6% da exportação mundial, seguido da Guatemala com 8,2% (FAOSTAT, 2015).

Entre as frutas da pauta de exportação brasileira de 2013, o mamão está entre as oito primeiras, com uma participação de 6,4% (Santos, 2013), e o volume exportado em 2013, representou menos de 2% da produção nacional.

3.3 Melhoramento genético do mamoeiro

Os programas de melhoramento genético de plantas são conduzidos com vários objetivos, sendo o principal deles a obtenção de genótipos superiores elevando o valor econômico da cultura (Borém e Miranda, 2009).

No Brasil as cultivares 'Golden' e 'Tainung 01' são as mais plantadas, sendo as mesmas pertencentes ao grupo 'Solo' e 'Formosa', respectivamente, o que contribui para uma restrita variabilidade genética nos campos de produção e a cultura fica vulnerável ao ataque de pragas, doenças e variações

edafoclimáticas. Assim fica evidente a necessidade de fortalecimento dos programas de melhoramento que têm por objetivo ampliar a base genética da cultura, visando o desenvolvimento de genótipos superiores e com características desejáveis, satisfazendo as necessidades do mercado interno e externo (Pérez, 2004).

Segundo Rodriguez (1998), o aumento da base genética do mamoeiro é importante, pois aumenta a possibilidade de obtenção de ganho genético por meio da seleção. A técnica de hibridação em programas de melhoramento tem sido utilizada para aumentar a variabilidade intraespecífica da cultura do mamoeiro. Esta técnica é uma ferramenta importante para o melhoramento de plantas, pois possibilita a recombinação da variabilidade disponível, permitindo a obtenção de novos materiais que são geneticamente superiores (Marin, 2001). Para tanto, a escolha dos genitores a serem utilizados na formação de progênes segregantes é uma etapa importante que exige critérios e grandes esforços dos melhoristas (Ramalho et al., 1993).

A UENF, desde 1996, estabeleceu um programa de melhoramento do mamoeiro em parceria com a Empresa Caliman Agrícola S.A., localizada em Linhares - ES, cujo objetivo visa à geração de novos híbridos e variedades de mamão, buscando tornar o país independente da importação de sementes de outros países e produção de frutos com melhor qualidade, tanto para o consumo interno quanto para a conquista de novos mercados (Pereira, 2009). Este programa vem crescendo a cada ano, graças à parceria com a iniciativa privada (empresa Caliman Agrícola S.A., maior produtora e exportadora de mamão do Brasil) e ao suporte financeiro por parte do CNPq, CAPES, FAPERJ e especialmente da FINEP. A FINEP foi o órgão governamental financiador dos projetos denominados de "FRUTIMAMÃO I" e "FRUTIMAMÃO II" (Pereira et al., 2015).

O programa de melhoramento do mamoeiro na UENF está caminhando para 20 anos, sendo sustentado em alguns pilares básicos, destacando: o melhoramento clássico, as ferramentas de citogenética, a genética molecular, a fisiologia pós-colheita, a resistência a doenças, bioinformática e mais recentemente a fenômica. Esta estratégia de melhoramento busca contribuir na formação de pessoal (Agrônomos, Biólogos, Mestres e Doutores), gerar e divulgar

o conhecimento científico na forma de artigos publicados e, principalmente, desenvolver novas cultivares de mamoeiro (Pereira et al., 2015).

A união desta parceria resultou no desenvolvimento de vários trabalhos que permitiram o registro de nove híbridos de mamoeiro, sendo um deles o primeiro híbrido de mamão brasileiro recomendado aos produtores, denominado de 'UENF/CALIMAN – 01', popularmente conhecido como Calimosa. Este híbrido tem mostrado superioridade em relação ao híbrido 'Tainung 01' do grupo Formosa, sendo uma alternativa para o cultivo do mamoeiro no país. Este híbrido é cultivado pelos agricultores de diferentes regiões do país e por agricultores de outros países pela exportação de suas sementes (Jornal da Ciência, 2003). Recentemente, a partir de trabalhos de Luz (2014) e Luz et al. (2015), foram registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, quatro novos híbridos 'UC-10', 'UC-12', 'UC-14' e 'UC-16'.

O grupo de melhoramento do mamoeiro da UENF já desenvolveu outros trabalhos de melhoramento, envolvendo comportamento floral, modo de reprodução, predição do sexo, retrocruzamentos, heterose, capacidade combinatória, *topcross*, dialelo, resistência a doenças, utilizando tanto características morfoagronômicas como ferramentas moleculares (Pereira et al., 2015).

Silva et al. (2007b), trabalhando com expressão sexual em populações de mamoeiro, identificaram plantas mais estáveis a flutuações de temperatura no inverno e verão. Damasceno Junior et al. (2008), avaliando o comportamento floral de híbrido de mamoeiro em duas estações do ano, observaram que fatores ambientais durante o verão influenciam o número de flores hermafroditas e fatores genéticos influenciam o número de flores masculinas, tanto no verão quanto na primavera e o número de flores anômalias (carpeloides e pentândricas). Embora não tenha sido observada diferença significativa entre as duas épocas, na primavera apresentou maior média, indicando aumento nas taxas de carpeloidia e pentandria durante os meses mais frios do ano.

Damasceno Junior et al. (2009b) estudaram o modo de reprodução preferencial de plantas hermafroditas de mamoeiro e identificaram como espécie autógama facultativa com cleistogamia. Oliveira et al. (2007) utilizando marcadores moleculares na predição do sexo em mamoeiro, identificaram o marcador RAPD - BC210, capaz de identificar plantas hermafroditas e femininas.

Estudos desenvolvidos por Vivas et al. (2010) para avaliação da resistência da mancha-da-phoma em folhas, causada pelo fungo *Phomacaricae-papayae* (Tarr) Punith., identificaram os genótipos Americano, Waimanalo, Sekati, JS-12, Maradol, Maradol GL, Tailândia, Baixinho de Santa Amália e São Mateus, como possíveis portadores de alelos que tendem a contribuir para redução de mancha-de-phoma em híbridos de mamoeiro.

Oliveira et al. (2012), Pinto et al. (2013b) e Ramos et al. (2014) trabalharam com modelos mistos para selecionar indivíduos superiores, utilizando características morfoagronômicas, e obtiveram resultados satisfatórios. Vivas et al. (2014) avaliaram a eficiência na seleção de genótipos resistentes a doenças foliares ocasionadas por fungo, por meio de um dialelo circulante, e também obtiveram sucesso.

Cortes et al. (2014) desenvolveram e validaram uma metodologia de análise e processamento de imagem digital, voltada para a fenotipagem de características morfológicas. Esta metodologia tem sido aplicada na fenotipagem das novas áreas experimentais aumentando a precisão e diminuindo o tempo de obtenção dos dados.

3.4 Capacidade combinatória e uso de testadores no melhoramento genético de plantas

A habilidade de uma linhagem em transmitir uma performance desejada para uma progênie híbrida é chamada de capacidade de combinação. Paralelamente ao processo de autofecundação, as linhagens devem ser testadas quanto à sua capacidade de combinação. O primeiro passo na obtenção de cultivares mais produtivas é a seleção de parentais superiores. Assim, recomenda-se que a avaliação de características agronômicas seja feita em híbridos sintetizados via dialelo ou *top cross* que possibilitem a expressão de heterose e permitem avaliar o potencial das linhagens como genitoras, uma vez que a correlação entre o desempenho *per se* das linhagens e os híbridos é baixa (Davis, 1924).

Os cruzamentos dialélicos são comumente empregados para avaliação da capacidade específica de combinação (CEC) que mede o comportamento de um genótipo quando cruzado com outro genótipo e a capacidade geral de

combinação (CGC) que mede o valor médio de híbridos de um determinado genótipo cruzado com outros (Cruz et al., 2004). Entretanto, sua praticidade é reduzida quando o número de linhagens é elevado. Para contornar este problema, melhoristas têm optado pelo método de *top cross*, proposto por Davis (1924).

Esta metodologia de *top cross* consiste em avaliar o mérito relativo de um grande número de linhagens em cruzamentos com testadores, eliminando as linhagens de desempenho agrônômico inferior, tornando mais racional e eficiente o programa de hibridação (Nurmburg et al., 2000).

A seleção do testador ideal é um dos pontos chaves na metodologia do *top cross*. Um bom testador deve oferecer simplicidade no uso, gerar informação que classifique corretamente o potencial relativo das linhagens em cruzamento e maximize o ganho genético (Duarte et al., 2003).

A combinação híbrida mais favorável é aquela que apresenta maior estimativa CEC e que seja resultante de um cruzamento em que pelo menos um dos parentais apresente elevada CGC (Cruz et al., 2004).

Marin et al. (2006b) avaliando o comportamento de 16 genitores de mamão e seus híbridos para o peso do fruto, utilizando o 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. Estas combinações híbridas podem ser indicadas para obtenção de híbridos com frutos de maior peso.

3.5 Heterose

Nos programas de melhoramento a heterose vem sendo um dos assuntos mais intensamente estudados. A heterose ou vigor híbrido é o fenômeno pelo qual os descendentes apresentam melhor desempenho e maior vigor que a média dos pais, sendo definido como o percentual de superioridade dos descendentes em relação a média de produção dos pais (Allard, 1971; Borém e Miranda, 2009). A heterose também pode ser entendida como a diferença da expressão genética desenvolvida entre híbridos e seus parentais (Paterniani, 2001). Para que haja heterose, é necessária a existência de genes com grau parcial a completo de dominância controlando o caráter, além da diversidade genética entre as linhagens (Hallauer e Miranda, 1995; Falconer e Makay, 1996).

No mamoeiro, efeitos benéficos da heterose foram observados por Lassoudiere (1968), trabalhando com um híbrido F_1 , proveniente do cruzamento entre os genótipos 'Philippine' x 'Solo', o qual se mostrou mais vigoroso e com florações mais precoces.

A heterose também foi observada e apontada por Mekako e Nakasone (1975), em cruzamentos interespecíficos de *Carica cauliflora* x *C. goudotiana* e *C. cauliflora* x *C. monoica*. Em ambos os cruzamentos a altura do caule, número de frutos, diâmetro e peso médio do fruto na geração F_1 foram significativamente maiores do que na maioria dos pais.

Trabalhos mais recentes foram desenvolvidos para avaliar a heterose em mamoeiro. Marin et al. (2006a) estudaram o efeito da heterose em híbridos de mamão oriundos de cruzamentos dialélicos parciais para oito características a fim de se estimar a heterose. Os híbridos F_1 apresentaram heterose positiva para todas as características, exceto para as características degustação de sabor e número de frutos por planta. Cardoso et al. (2011) também observaram presença de efeito heterótico em híbrido de mamoeiro para características como número de frutos comerciais, produção, firmeza de fruto e polpa e teor de sólidos solúveis, possibilitando assim ganhos genéticos significativos.

Vivas et al. (2011) obtiveram ganhos genéticos significativos com a exploração da heterose no mamoeiro para a resistência a pinta preta, tanto em cruzamento inter quanto intra grupo heterótico. Barros (2015) avaliou o efeito da heterose em híbridos de mamão oriundos de *top cross* com testadores do grupo 'Solo' e 'Formosa'. Este autor observou efeito da heterose para várias características avaliadas como altura de planta, produção, firmeza de fruto e polpa e teor de sólidos solúveis.

3.6 Análise e processamento de imagens digitais

A avaliação dos frutos de mamão para fins comerciais e nos programas de melhoramento é feita manualmente em laboratórios, uma atividade demorada que requer trabalho intensivo que limita a avaliação de um grande número de genótipos dificultando a identificação dos superiores. Recentemente a análise e processamento de imagens digitais vêm sendo utilizada para mensurar características de frutos automatizando o processo de avaliação, cujas principais vantagens são: rapidez, precisão e praticidade (Rashidi et al., 2007).

A análise e processamento de imagens fazem parte da visão computacional, a qual é considerada uma ciência que estuda as bases teóricas e algorítmicas que permitem extrair a informação útil de um objeto através de imagens (Gunasekaran, 2000). A implementação desta ciência requer imagens em 2D ou 3D e inclui o uso de sistemas baseados em luz visível, infravermelho, *laser*, raio-X e sistemas magnéticos (Pandey et al., 2013). No melhoramento, a análise e processamento de imagens são uma ótima opção para mensuração de características em frutos, permitindo avaliar um grupo maior de genótipos com rapidez e precisão.

O volume tem sido uma característica muito utilizada nos processos de avaliação de frutos. Vários métodos para a determinação do volume têm sido considerados, sendo os mais comuns o método de deslocamento do gás e o método de deslocamento da coluna da água (Nishizu et al., 2001). Além do volume dos frutos outras características são levadas em consideração durante a avaliação de frutos, como o comprimento e diâmetro dos frutos e a espessura da polpa. Utilizando imagem digital, Sabliov et al. (2002) estimaram a superfície da área e o volume em ovos, limões, limas e pêssegos. Bailey et al. (2004) estimaram a massa dos produtos agrícolas. Koc et al. (2007) determinaram o volume de frutos de melância. Rashidi et al. (2007) e Rashidi et al. (2009) determinaram o volume em frutos de melão e kiwi, Fellegari & Navid (2011) em frutos de laranja e Omid et al. (2010) em frutos de citrus.

A análise e processamento de imagens digitais têm sido aplicadas em *Peking houses* com o objetivo de classificar as frutas de acordo com o formato, comprimento e diâmetro. Keshavarzpour e Achakzai, (2013) realizaram estudos com imagem digital para criar algoritmos capazes de classificar frutos de melão com formato irregular separando-os de acordo com o formato, comprimento e diâmetro. Estes autores obtiveram sucesso na classificação e determinação dos frutos de melão.

Atualmente a tecnologia de visão computacional tem sido amplamente utilizada para inspeção de qualidade de produtos agrícolas e alimentares, substituindo operações manuais tradicionais (Pandey et al., 2013). Também vem sendo amplamente utilizada para estimar o número de frutos e predição da produção de fruteiras como maçãs, laranjas, mangas, uvas entre outras

(Aggelopoulou et al., 2011; Payne et al., 2013; Wang et al., 2012; Dorj et al., 2013; Roscher et al., 2014).

Existem inúmeras aplicações na agricultura onde o processamento de imagens tem sido utilizado como ferramenta de análise. Essas aplicações incluem o monitoramento aéreo de lavouras, detecção e reconhecimento de doenças, pragas, estresses abióticos, fenotipagens, etc. (Pandey et al., 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Ensaio de avaliação

4.1.1 Instalação e localização do Experimento

O experimento foi instalado na área comercial da empresa Caliman Agrícola S.A, localizada no município de Linhares, no Estado do Espírito Santo. Sua localização geográfica está entre os paralelos $19^{\circ} 06'$ - $19^{\circ} 18'$ de Latitude Sul e entre os meridianos $39^{\circ} 45'$ - $40^{\circ} 19'$ Oeste. O clima da região segundo a classificação climática de Koppen-Geiger é Aw, sendo um clima do tipo tropical quente úmido com chuvas no verão e inverno seco (Siqueira et al., 2004).

4.1.2 Obtenção dos híbridos *Topcrosses* e das linhagens autofecundadas

Os híbridos foram obtidos no período de Março a Novembro de 2014 na área de produção de sementes da empresa Caliman Agrícola S.A, localizada na Fazenda Santa Terezinha, em Linhares - ES.

Foram utilizadas 10 linhagens superiores provenientes do retrocruzamento entre o genótipo dióico 'Cariflora' e a variedade elite 'Sunrise Solo 783' (SS 783) selecionadas a partir de trabalhos de Silva (2006); Ramos (2007); Ramos (2010) e Barros (2015), em diferentes níveis de endogamia e gerações de retrocruzamentos (Quadro 1).

Quadro 1. Características dos genótipos de mamoeiro utilizados na hibridação.

Linhagens	AIPF	NFC	PMF	Prod.Pl ^t . ⁻¹	FF	FP	TSS
01	79,48	31,11	0,33	10,19	87,97	66,15	10,53
02	104,76	21,95	0,33	6,91	102,06	81,56	10,92
04	81,98	24,15	0,51	12,64	105,52	98,19	9,89
06	82,63	12,83	0,62	7,69	123,41	92,82	10,01
09	81,02	21,93	0,48	10,31	98,56	88,60	10,40
10	68,56	10,68	0,64	7,31	136,63	101,33	9,67
17	94,99	12,17	1,21	14,26	99,14	84,54	8,13
19	97,07	14,68	0,70	10,82	111,94	88,17	9,78
20	76,18	13,22	1,25	17,20	121,16	104,27	9,11
21	84,08	24,38	0,57	14,10	111,58	82,86	9,09

AIPF: altura da inserção do primeiro fruto (cm).; NFC: número de frutos comerciais (un.).; PMF: peso médio de frutos (Kg).; Prod.Pl^t.⁻¹: produtividade por planta (kg).; FF: firmeza do fruto (N).; FP: firmeza da polpa (N).; TSS: sólidos solúveis (°Brix).

Na seleção destas linhagens foram levadas em consideração as seguintes características: altura de inserção do primeiro fruto (AIPF), número de frutos comerciais (NFC), peso médio de fruto (PMF), produção por planta (prod/planta), firmeza do fruto (FF), firmeza da polpa (FP) e teor de sólidos solúveis (TSS). A seleção das linhagens foi feita através da seleção combinada, combinando-se as sete características simultaneamente. As características foram padronizadas utilizando a seguinte equação:

$$\frac{Xg - \bar{Xg}}{Sxg}$$

Onde:

Xg é o valor mensurado do indivíduo para a variável x , \bar{Xg} é a média geral da variável, $s\bar{xg}$ é o desvio padrão.

Após a padronização, foram atribuídos pesos para as características associados aos valores agronômicos e obtido um índice, conforme descrito a seguir: AIPF (-10), NFC (100), PMF (1), Prod.plant⁻¹ (100), FF (100), FP (100) e TSS (100). Essa relação de pesos, que é desprovida de qualquer conotação econômica, foi estabelecida experimentalmente considerando o conhecimento a respeito da importância agronômica das características avaliadas, conforme sugere Moraes (1992), citado por Rodríguez et al. (1998).

Depois de obtidos os valores genéticos individuais para cada característica em cada indivíduo, esses foram multiplicados pelos pesos do índice e a soma dos valores de cada característica em cada indivíduo constituiu o valor final do índice de seleção. Os procedimentos para a construção do índice de seleção foram realizados com ajuda do software SAS e por Microsoft Office Excel 2010. Uma intensidade de seleção de 18% foi praticada para a seleção dos melhores genótipos superiores.

Das dez linhagens, cinco são da primeira geração de retrocruzamento (RC₁); uma na terceira geração de retrocruzamento (RC₃); três linhagens são oriundas de Bulk da RC3 (duas linhagens do bulk 1 – formados por frutos pequenos; e uma do bulk 2 – formados por frutos grandes); um material segregante (Quadro 2).

A obtenção dos híbridos foi realizada por meio do cruzamento de dez linhagens de mamoeiros com quatro genitores elites: SS-72/12, JS-12, Sekati e 41/7. Estes genitores são pais de híbridos já registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Plantas hermafroditas (linhagens superiores) foram as doadoras de pólen e os testadores foram os genitores femininos receptores de pólen. A obtenção das progênes autofecundadas foi realizada com a proteção de flores em plantas hermafroditas em cada uma das linhagens a partir de 90 dias após o plantio.

Quadro 2. Linhagens de mamoeiro utilizadas na pesquisa para obtenção dos híbridos *top cross*. Linhares, Espírito Santo, 2014.

Identificação	Trat.	Rep.	Planta	Origem das Linhagens/grau de endogamia
01	6	I	4	1º geração de retrocruzamento, 6ª autofecundação
02	6	IV	10	1º geração de retrocruzamento, 6ª autofecundação
04	11	II	3	1º geração de retrocruzamento, 6ª autofecundação
06	14	II	4	1º geração de retrocruzamento, 6ª autofecundação
09	21	III	5	1º geração de retrocruzamento, 6ª autofecundação
10	22	I	4	Segregante
17	32	IV	3	3º geração de retrocruzamento, 4ª autofecundação
19	37	II	6	B1/RC ₃ , 3ª autofecundação
20	39	II	5	B1/RC ₃ , 3ª autofecundação
21	38	II	9	B2/RC ₃ , 3ª autofecundação

A coluna 1 são identificações de Barros (2015) e as colunas 2, 3, 4 e 5 são identificações de Ramos (2010).

4.1.3 Ensaio de avaliação

Em virtude de problemas ocorridos durante a obtenção dos híbridos (Problemas com virose e ataque de animais), não foi possível obter todas as combinações híbridas esperadas (Quadro 3). Assim, o ensaio de competição foi composto de 36 tratamentos, sendo 10 linhagens superiores utilizadas como genitoras, quatro testadores (genitores de híbridos comerciais) do grupo Formosa JS-12, Sekati e 41/7 do grupo Solo SS-72/12, 20 híbridos (Quadro 3) *Topcrosses* F₁ (sete híbridos com o testador SS-72/12, oito híbridos com o testador Sekati, quatro híbridos com o testador JS-12 e um híbrido com o testador 41/7) e duas testemunhas comerciais 'Golden' e 'Tainung 01'.

Quadro 3. Representação das 20 combinações híbridas obtidas para o estudo.

Genótipos	SS-7212	JS-12	Sekati	41/7
01	x	x	x	
02	x	x	x	
04	x		x	
06	x		x	
09	x		x	
10			x	x
17	x	x	x	
19	x			
20			x	
21		x		

Os 36 tratamentos foram semeados no dia 18 de Dezembro de 2014 e foram transplantados para o campo no dia 23 de Janeiro de 2015. Para avaliação destes, foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados com seis repetições compostas por 36 tratamentos, três plantas por parcela, totalizando 648 plantas distribuídas em um espaçamento de 3,6 m entre fileira e de 1,5 m entre plantas na fileira, totalizando 3449,2 m². O esquema de plantio foi o de três mudas por cova e após a sexagem (três meses após o plantio) foi mantida apenas uma planta hermafrodita.

As adubações, o manejo, o controle de pragas e doenças e os tratamentos culturais da cultura foram os mesmos adotados nos plantios comerciais da empresa Caliman Agrícola S.A.

4.1.4 Características Avaliadas

Algumas características avaliadas foram analisadas com o auxílio da técnica de fenotipagem digital conforme metodologia validada e descrita por Cortes et al. (2014). Para isso, foi utilizada uma câmera digital Sony DSCHX 300, utilizando duas fotografias completas por planta, sendo uma fotografia do lado A da planta e outra do lado B da planta.

Cada planta foi identificada com uma etiqueta fixada no solo contendo informações como repetição, tratamento e planta, para facilitar a identificação no processo de análise e processamento das imagens. Além disso, foi utilizado um cilindro como escala, contendo duas faixas de 20 cm pintadas nas cores branca e preta, fixado no solo próximo ao caule das plantas avaliadas (Figura 1).



Figura 1. Imagem representativa do modelo de fenotipagem empregado para obtenção das mensurações das características morfoagronômicas em plantas de mamoeiro. AP: altura de planta.; AIPF: altura de inserção do primeiro fruto e DC: diâmetro do caule.

Esta escala de medida conhecida foi utilizada como referência para o *software*, indicando que naquela distância em *pixel* existe uma distância de 20 cm. A partir desta referência, o *software* é capaz de mensurar qualquer parte da planta. As imagens obtidas no campo foram analisadas em laboratório com ajuda do *software* ImageJ v1.50c para mensuração das características avaliadas.

4.1.4.1 Características quantitativas com base na planta

- A. Diâmetro do caule (DC): expresso em centímetros, determinado pela média de duas mensurações realizadas aos 180 e 270 dias após o transplântio, a 20 cm do solo, mensurado em programa via imagem digital.
- B. Altura da planta (AP): expressa em centímetros, correspondente à distância entre o nível do solo até o ponto de inserção do último par de folhas, localizado no ápice caulinar do mamoeiro, determinada pela média de duas mensurações realizadas aos 180 e 270 dias após o transplântio e mensurada com o auxílio de programa via imagem digital;
- C. Altura da inserção do primeiro fruto (AIPF): expressa em centímetros, tomada do nível do solo ao pecíolo do primeiro fruto, aos 180 dias após o transplântio, a medida da AIPF foi obtida via imagem digital;
- D. Número de frutos comerciais (NFC): determinado pela soma da contagem dos frutos com características comerciais, aos 180 e 270 dias após o transplântio. Foi utilizado o *Plugin Cell counter* do *Software* ImageJ, para realizar a contagem;
- E. Número de frutos deformados (NFD): determinado pela soma da contagem de frutos carpelóides e pentândricos presentes em cada planta via imagem digital, utilizado o *Plugin Cell counter* do *Software* ImageJ, aos 180 e 270 dias após o transplântio;
- F. Produção (PROD): expressa em Kg plt^{-1} , obtida pela multiplicação do NFC pelo peso médio de frutos;
- G. Nós sem fruto (NSF): obtido pela soma da contagem dos nós sem frutos por ocasião das colheitas, aos 180 e 270 dias após o transplântio, via imagem digital utilizado o *Plugin Cell counter* do *Software* ImageJ.

4.1.4.2 Características quantitativas com base na parcela

- A. Peso médio do fruto (PMF): expresso em gramas, obtido através da média de cinco frutos por parcela mensurados com o auxílio de balança analítica e expressa em gramas.
- B. Comprimento do fruto (CF): expresso em centímetros, determinado pela média da medida longitudinal de cinco frutos, com o auxílio de paquímetro digital;
- C. Diâmetro do fruto (DF): expresso em centímetros, obtido através da média da circunferência de cinco frutos, com o auxílio de paquímetro digital.
- D. Teor de sólidos solúveis (TSS): expresso em °Brix foi obtido por meio de suco extraído por prensa de mão de uma amostra da polpa da região mediana de cinco frutos na parcela. O teor de sólidos solúveis foi obtido pelo uso de um refratômetro portátil Atago N1;
- E. Firmeza do fruto (FF): expressa em Newtons, foi mensurada realizando perfurações em três pontos equidistantes na região equatorial de cinco frutos na parcela. A firmeza do fruto foi avaliada pela resistência a penetração, utilizando-se de um Penetrômetro digital de Bancada (*Fruit Pressure Tester*, Italy, Modelo 53205) com adaptador de 3,0 x 3,0 cm (altura x diâmetro).
- F. Firmeza da polpa (FP): expressa em Newtons, foi mensurada cortando-se o fruto em duas faces iguais, no sentido transversal com perfuração de três pontos equidistante na polpa de cinco frutos da parcela. A firmeza do fruto foi avaliada pela resistência a penetração, utilizando-se de um Penetrômetro digital de Bancada (*Fruit Pressure Tester*, Italy, Modelo 53205) com adaptador de 3,0 x 3,0 cm (altura x diâmetro).

4.1.5 Heterose

A heterose média ou padrão para cada característica avaliada foi obtida pela expressão apresentada por Falconer (1987).

$$H_{(\%)} = \left(\frac{F1 - MP}{MP} \right) * 100$$

Onde:

H é a heterose padrão;

F_1 é a média do híbrido;

MP é a média dos pais.

Além da heterose padrão, foi estimada para cada característica a heterose funcional com base na linhagem *per se* e a heterose varietal com base na variedade padrão.

$$H_{ij(\%)} = \left(\frac{X_{ij} - X_i}{X_i} \right) * 100$$

Onde:

X_{ij} é a média do *top cross* da linhagem i com o testador j .

X_i é a média da linhagem *per se* ou da variedade padrão.

4.1.6 Análise Estatística

As análises estatísticas das características morfoagronômicas foram realizadas com auxílio dos programas *Statistical Analysis System* – SAS 9.1 e GENES (Cruz, 2013).

4.1.6.1 Análise de Variância

Foram realizadas as análises de variância para todas as características avaliadas, obedecendo ao seguinte modelo estatístico em bloco casualizados:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + \varepsilon_{ij}$$

Onde,

Y_{ijk} é o valor observado, referente a k -ésima planta do i -ésimo genótipo na j -ésima repetição;

μ é a constante geral;

t_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo;

b_j é o efeito da j -ésima repetição;

ε_{ij} é o erro experimental associado a observação. \sim (NID 0, σ^2).

Antes da análise de variância, foram verificadas as pressuposições básicas do modelo matemático (normalidade e independência dos erros). Apenas as características NFD e NSF não atenderam as pressuposições, sendo portanto, submetida a uma transformação do tipo $\sqrt{(x + 0,5)}$.

No Quadro 4 temos o resumo da análise de variância utilizada no presente trabalho.

Quadro 4. Esquema da análise de variância utilizada neste trabalho.

FV	GL	QM	EQM	F
Bloco	(b-1)	QMB		
Genótipo	(g-1)	QMG	$\sigma^2 + b\Phi^2g$	QMg/QMR
L	(l-1)	QML	$\sigma^2 + b\Phi^2L$	QML/QMR
HF	(hf.1)	QMHF	$\sigma^2 + b\Phi^2HF$	QMHF/QMR
HS	(hs.1)	QMHS	$\sigma^2 + b\Phi^2HS$	QMHS/QMR
Te	(ge.1)	QMGe	$\sigma^2 + b\Phi^2Ge$	QMGe/QMR
T	(t.1)	QMT	$\sigma^2 + b\Phi^2T$	QMT/QMR
EG	(EG-1)	QMEG	$\sigma^2 + b\Phi^2EG$	QMEG/QMR
Resíduo	(b-1)(g-1)	QMR	σ^2	-

FV: fonte de variação.; GL: grau de liberdade.; QM: quadrado médio.; EQM: esperanças dos quadrados médios.; L: linhagens.; HF: Híbridos Formosa.; HS: Híbridos Solo.; Te: Testadores.; T: Testemunhas comerciais.; EG: entre genótipos.

4.1.5.2 Análise de Médias

Segundo Vieira e Hoffmann (1989) para obter a diferença mínima significativa (DMS) estabelecida pelo teste t, para cada uma das características basta calcular:

$$DMS = t \sqrt{\frac{2 QMR}{r}}$$

Em que:

T é o valor tabelado;

QMR é o quadrado médio do resíduo da análise de variância;

r é o número de observações das médias avaliadas.

4.1.5.3 Estimação dos parâmetros genéticos

De posse das esperanças dos quadrados médios, apresentados na Tabela 1, foram obtidas as estimativas dos componentes de variância:

Variabilidade genotípica:

$$\theta_g^2 = \left(\frac{QMg - QMR}{b} \right)$$

Variância fenotípica:

$$\sigma_f^2 = \left(\frac{QMg}{b} \right)$$

Além dos componentes de variância, foram estimados os parâmetros genéticos para cada uma das características.

Coefficiente de determinação genotípico:

$$h^2 = \left(\frac{\theta_g^2}{\sigma_f^2} \right)$$

Coefficiente de variação genético:

$$CV_{g(\%)} = \left(\frac{100 \sqrt{\theta_g^2}}{\bar{X}} \right)$$

Coefficiente de variação experimental

$$CV_{e(\%)} = \left(\frac{100 \sqrt{\sigma^2}}{\bar{X}} \right)$$

Índice de variação:

$$Iv(\%) = \left(\frac{CV_g}{CV_e} \right) \times 100$$

Em que:

QMg é o quadrado médio dos genótipos;

QMR é o quadrado médio do resíduo;

b é o bloco;

4.1.5.4 Capacidade de Combinação

A estimativa da capacidade específica de combinação (CEC) foi obtida de acordo com a expressão abaixo descrita por Hallauer et al. (2010), através das diferenças entre a média de cada um dos híbridos obtidos de um testador (X_e) e a média geral dos cruzamentos com aquele testador (X_g), ou seja:

$$CEC_{gTi} = X_{e.Ti} - X_{g.Ti}$$

4.2 Análise e processamento de imagem digital

4.2.1 Estimação de características morfológicas em frutos de mamão

Para a realização da validação da imagem digital aplicada na estimação das características (Comprimento do fruto – CF (cm), Diâmetro do fruto – DF (cm), Comprimento da cavidade ovariana – CCO (cm), Diâmetro da cavidade ovariana – DCO (cm), Espessura da polpa – EPo (cm), Cor da polpa - CP, Volume do fruto – VF (cm³) e Peso do fruto – PF (g)), primeiramente foram amostrados aleatoriamente 100 frutos da variedade ‘THB’ em um talhão comercial da empresa Caliman Agrícola S.A, localizada no município de Linhares, ES.

Os frutos amostrados foram divididos em dois grupos de 50 frutos, um para treinamento e outro para validação. No grupo de treinamento, foi realizada a segmentação dos frutos e validação das estimativas das características morfológicas. Para isso foram feitas mensurações manuais das características morfológicas CF, DF, CCO, DCO e EPo, utilizando um paquímetro digital e balança analítica e mensurações digitais destas mesmas características utilizando o *Software* ImageJ 1.50c. O grupo de validação foi utilizado para validação das equações para estimação do peso e volume dos frutos.

Após a pesagem na balança analítica os frutos foram cortados longitudinalmente e as características morfológicas CF, DF, CCO, DCO e EPo foram mensuradas manualmente utilizando apenas a metade do fruto. Esta mesma metade do fruto foi scaneada em um scanner modelo BENQ 5000 para captura da imagem e a partir desta obter as mensurações digitais. As características CCO, DCO e EP foram mensuradas utilizando as ferramentas *Straight* e *Wand*, já as características CF e DF foram mensuradas através dos parâmetros *major* e *minor* fornecidos pelo *software* ImageJ v1.50c.

Os dados digitais obtidos a partir da imagem digital foram comparados com os dados manuais a fim de verificar se a metodologia da análise digital das imagens difere estatisticamente da metodologia da coleta manual dos dados tradicionalmente utilizada.

4.2.2 Estimação do peso e volume em frutos de mamão

As mensurações dos comprimentos e diâmetro manuais foram utilizadas para estimar o volume digital dos frutos, utilizando a fórmula geométrica, adaptada de Koc, (2007).

$$Ve = \pi \left(\frac{L \times D^2}{6} \right)$$

Onde:

Ve é o volume estimado do fruto;

L é o comprimento do fruto;

D é o diâmetro do fruto.

Para validar o volume digital calculado pela fórmula, foi estimado o volume de cada fruto a partir do volume de água deslocado pela introdução dos frutos em provetas de quatro litros. Posteriormente os volumes foram comparados para verificar se existe diferença significativa entre os dois volumes estimados, o volume estimado pela imagem digital (VEID) e volume estimado pelo deslocamento da coluna de água (VETCA).

A densidade dos frutos foi obtida entre a razão peso real/volume estimado com o método de translocação da coluna de água. Assim, com a densidade média dos frutos conhecida e com o volume estimado com imagem digital foi possível estimar o peso dos frutos no segundo grupo de validação utilizando a equação:

$$Pe = Ve \times d,$$

Onde:

Pe é o peso estimado do fruto no grupo de validação;

Ve é o volume estimado do fruto no grupo de validação;

d é a densidade média dos frutos obtida no grupo de treinamento.

No grupo de validação, o peso estimado com a fórmula foi comparado com o peso real utilizando o método de regressão linear simples.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis morfoagronômicas

5.1.1 Análise de variância e parâmetros genéticos

A Tabela 1 mostra o resumo da análise de variância para 14 variáveis, os valores dos quadrados médios dos tratamentos e suas respectivas significâncias, bem como o desdobramento dos genótipos em grupos (linhagens, híbridos 'Solo', híbridos 'Formosa', Genitores e testemunhas). Além disso, são apresentadas as médias, as herdabilidades, o índice de variação e o coeficiente de variação experimental. Houve diferença significativa pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade para os genótipos em todas as 14 variáveis avaliadas, indicando existência de variabilidade genética entre os indivíduos.

Entre o grupo linhagens, apenas a característica espessura de polpa (EP) não apresentou diferença significativa. No grupo híbrido 'Solo' (HS), obtido com o testador SS-72/12, as características AIPF, FF, FP e EP não apresentaram diferenças significativas. Para o grupo do híbrido 'Formosa' (HF), oriundo dos testadores JS-12, Sekati e 41/7, não apresentaram diferença significativa para as características produção (PROD) e diâmetro do fruto (DF) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para 14 características morfoagronômicas de mamoeiro. Linhares, ES, 2015

FV	GL	Quadrado Médio						
		AIPF	AP	DC	NFC	NFD ⁽¹⁾	NSF ⁽¹⁾	PMF
Bloco	5	623,580	525,617	1,121	184,271	1,733	1,800	24272,15
Genótipo	35	888,880**	2071,194**	5,797**	896,330**	2,041**	1,692**	551318,69**
Linhagens	9	666,428**	1000,929**	8,047**	833,655**	4,978**	1,686*	244857,61**
Hib, Solo	6	689,590 ^{ns}	403,519**	2,485*	726,469**	1,125**	1,1433**	49213,56**
Hib, Formosa	12	737,299**	1855,167**	3,853**	236,289**	0,773*	1,7686*	162553,96**
Testadores	3	449,988 ^{ns}	449,988**	4,339*	2515,039*	0,511 ^{ns}	2,831 ^{ns}	905043,35**
Testemunhas	1	7,069 ^{ns}	273,130 ^{ns}	14,018 ^{ns}	535,602 ^{ns}	0,396 ^{ns}	0,837 ^{ns}	1535584,64**
EG	4	26025,81**	63663,155**	162,733**	25677,084**	55,748**	46,084**	17121063,63**
Resíduo	175	226,3698	164,86	0,979	102,51251	0,359	0,569	14209,04
Media		98,29	185,09	10,36	35,04	2,18	2,77	776,98
CV _e		15,31	6,94	9,55	28,89	27,53	27,26	15,34
CV _g		10,69	9,63	8,65	32,82	24,34	15,64	38,51
H ²		74,53	92,04	83,11	88,56	82,43	66,39	97,42
Iv		0,70	1,39	0,91	1,14	0,88	0,57	2,51

AIPF: altura de inserção do primeiro fruto (cm).; AP: altura da planta (cm).; DC: diâmetro do caule (mm).; NFC: número de frutos comerciais (un).; NFD: número de frutos deformados (un).; NSF: nós sem fruto (un).; PMF: peso médio de fruto (g).; ** e *: Significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F.; ^{ns}: não significativo.; ⁽¹⁾ NFD e NSF: $\sqrt{(x+0,5)}$.; CV_e: coeficiente de variação experimental.; CV_g: coeficiente de variação genético.; H²: coeficiente de determinação genotípico.; Iv: índice de variação.

Tabela 1. Cont.

FV	GL	Quadrado Médio						
		PROD	CF	DF	FF	FP	EP	SST
Bloco	5	226,105	108,419	62,532	64,458	161,887	0,037	4,525
Genótipo	35	286,053**	9187,944**	680,237**	340,860**	267,121**	0,481**	7,069**
Linhagens	9	68,848**	4130,456**	666,579**	617,467**	322,799**	0,136 ^{ns}	8,529**
Hib. Solo	6	81,433*	841,772**	204,483**	125,075 ^{ns}	63,315 ^{ns}	0,054 ^{ns}	5,151**
Hib. Formosa	12	205,030 ^{ns}	2989,305**	94,110 ^{ns}	244,172**	255,354**	0,280**	2,430*
Testadores	3	171,046*	18005,868**	860,710**	67,683**	402,930 ^{ns}	0,855**	10,649**
Testemunhas	1	1386,105 ^{ns}	41866,453**	1420,710**	0,261 ^{ns}	258,819*	1,086**	16,921**
EG	4	8644,902**	278082,935**	20718,732**	9344,858**	7394,985**	14,699**	201,000**
Resíduo	175	99,127	194,643	63,696	65,033	40,188	0,0516	0,839
Media		24,38	176,96	93,68	112,12	85,48	2,197	10,16
CV _e		40,84	7,88	8,52	7,19	7,42	10,34	9,02
CV _g		22,90	21,88	10,82	6,05	7,19	12,18	10,03
H ²		65,35	97,88	90,64	80,92	84,95	89,28	88,13
Iv		0,56	2,78	1,27	0,84	0,97	1,18	1,11

PROD: produção (kg.planta⁻¹).; CF: comprimento do fruto (mm).; DF: diâmetro do fruto (mm).; FF: firmeza do fruto (N).; FP: firmeza da polpa (N).; EP: espessura da polpa (cm).; SST: teor de sólidos solúveis (°Brix).; ** e *: Significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F.; ns: não significativo.; CV_e: coeficiente de variação experimental.; CV_g: coeficiente de variação genético.; H²: coeficiente de determinação genotípico.; Iv: Índice de variação.

No grupo dos Testadores, as características AIPF, NFD, NSF e FP não apresentaram diferenças significativas. Já o grupo das testemunhas 'Golden' e 'Tainung 01', houve diferença significativa a 1% de probabilidade para as características PMF, CF, DF, EP e TSS e 5% de probabilidade para a característica FP. Entretanto, para as comparações entre os grupos de genótipos (linhagens, híbridos 'Solo', híbridos 'Formosa', genitores e testemunhas), houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para todos os caracteres, levando a inferir que existe diferença entre os grupos de genótipos (Tabela 1).

Em relação ao coeficiente de determinação genotípico (H^2), algumas características apresentaram valores superiores a 80%, exceção para as características AIPF, NSF e PROD, com H^2 igual a 74,56%, 66,39% e 65,35% respectivamente (Tabela 3). Nos programas de melhoramento, valor elevado de H^2 significa uma grande chance de ganhos genéticos nos procedimentos de seleção. Silva et al. (2008b), avaliando populações segregantes de mamoeiro, obtiveram H^2 variando entre 53% e 99,45% em diversas características morfoagronômicas. Dias et al. (2011) observaram H^2 de 60,48% para a característica firmeza do fruto e 99,05% para comprimento do pedúnculo.

O coeficiente de variação experimental (CV_e) para a maioria das características situou-se abaixo de 20%, indicando boa precisão experimental (Tabela 1). As características NFC (28,89), NFD (27,53), NSF (27,26) e PROD (40,84) apresentaram valores elevados de CV_e . Estes resultados são devido à grande variação destas características entre as duas épocas avaliadas e principalmente por serem bastante influenciados pelo ambiente. Barros (2015) avaliando híbridos de mamoeiro encontrou valores elevados para NSF, NFC, NFD e PROD. De acordo com Pinto et al. (2013a), Oliveira et al. (2014), características que envolvem contagens geralmente apresentam CV_e elevados, logo afeta essa estimativa. Silva et al. (2008a); Silva et al. (2008b); Oliveira et al. (2010) encontraram estimativas de CV_e baixas a muito altas.

De acordo com Faleiro et al. (2008) para ter uma ideia real da situação de cada característica visando o melhoramento, faz-se necessário analisar o CV_g juntamente com o CV_e , por meio do índice de variação (I_v). Através da relação CV_g/CV_e , quando maior que a unidade, indica ampla variabilidade (Vencovesky, 1987). Sendo assim, sete das 14 características avaliadas apresentaram I_v maior que a unidade (Tabela 1), indicando que a situação é altamente favorável à

seleção para as variáveis AP, NFC, PMF, CF, DF, EP e TSS. Ide et al. (2009) encontraram valores de lv superiores para características como número de frutos por planta e peso médio de fruto. Dias et al. (2011) encontraram que 63% das características avaliadas apresentaram valor de lv maiores que a unidade, para características que influenciam diretamente a colheita.

5.1.2 Comparações de Médias

A Tabela 2 apresenta as médias fenotípicas de 10 linhagens e a testemunha comercial 'Golden' para as características NFC, PMF, PROD, FF, FP e TSS, as quais são de maior importância para a cultura, juntamente com suas respectivas Diferenças Mínimas Significativas (DMS).

A linhagem 02 apresentou NFC superior ao da testemunha comercial 'Golden'. As linhagens 01, 06 e 09 apresentaram NFC semelhante ao da testemunha comercial 'Golden'. O PMF é uma característica útil na seleção de plantas que expressam boa produtividade. Entre as linhagens avaliadas, houve uma variação de 239,34 g para a linhagem 01 a 902,48 g para a linhagem 17. Todas as linhagens com exceção da linhagem 01 apresentaram PMF superior ao da testemunha comercial 'Golden'. A linhagem 06 destacou-se das demais por apresentar PROD superior a da testemunha comercial 'Golden', as demais linhagens com exceção da linhagem 01, embora a característica PROD não tenha apresentado diferença significativa, foram mais produtivas que a testemunha comercial (Tabela 2).

Quanto à qualidade dos frutos, as linhagens 06, 10, 19 e 20 apresentaram FF superior ao da testemunha comercial 'Golden'. Quanto a FP, as linhagens 04, 06, 09, 10, 19, 20 e 21 apresentaram média superior ao da testemunha comercial 'Golden'. Em termos de TSS as linhagens 01, 02 e 19 destacaram-se das demais com valores superiores a testemunha 'Golden' (Tabela 2).

A linhagem 06 no geral teve bom desempenho tanto para caracteres relacionados com produção quanto caracteres relacionados com qualidade e TSS. Esta linhagem apresentou NFC, PMF, PROD, FF e FP superior ao 'Golden'.

Tabela 2. Médias para seis características de maior importância econômica, avaliadas em 10 linhagens de mamoeiro e a testemunha comercial ‘Golden’, com suas respectivas diferenças mínimas significativas (DMS), Linhares, ES, 2015

Tratamentos / Linhagens	Características					
	NFC	PMF	PROD	FF	FP	TSS
01 / 01	53,03	239,34	12,75	91,73	72,41	12,01
02 / 02	57,75	357,85	20,94	111,40	76,88	12,79
03 / 04	33,17	568,54	18,78	104,51	93,24	9,62
04 / 06	36,11	709,95	25,75	124,53	91,74	10,55
05 / 09	44,58	447,75	19,84	105,49	83,04	10,79
06 / 10	22,28	764,14	17,23	129,97	95,42	11,08
09 / 17	18,83	902,48	17,13	108,28	80,98	9,54
11 / 19	28,88	459,96	13,13	114,04	90,42	12,27
12 / 20	23,55	851,00	19,90	114,42	94,06	8,63
13 / 21	30,22	561,64	17,42	110,28	89,41	10,16
‘Golden’	46,25	285,83	13,41	102,73	74,37	10,75
Média	34,82	578,48	17,90	113,76	85,96	10,62
DMS _(t=0,05)	11,45	60,32	11,27	9,12	7,17	1,04

NFC: número de frutos comerciais (un.); PMF: peso médio de frutos (g); PROD: produção por planta (kg); FF: Firmeza do fruto (N); FP: firmeza da polpa (N); TSS: teor de sólidos solúveis.

A Tabela 3 apresenta as médias fenotípicas de sete Híbridos Solo (HS) e a testemunha comercial ‘Golden’ para as características NFC, PMF, PROD, FF, FP e SST (de maior importância), juntamente com suas respectivas diferenças mínimas significativas (DMS).

O Híbrido ‘Solo’ HS-15 apresentou NFC superior ao da testemunha ‘Golden’, já o híbrido ‘Solo’ HS-20 apresentou NFC inferior ao da testemunha ‘Golden’. Mesmo não apresentando diferença significativa, os demais híbridos HS apresentaram mais NFC que o ‘Golden’. Para o PMF todos os híbridos HS, com exceção do HS-15 apresentaram PMF superior ao da testemunha ‘Golden’. Em termos de PROD, os híbridos HS-17 e HS-18 destacaram-se dos demais por apresentarem PROD superior a testemunha ‘Golden’ (Tabela 3).

Os híbridos solos HS-15, HS-16, H-18 e HS19 apresentaram FF superior ao da testemunha ‘Golden’, já para a FP os híbridos HS-15, Hs-18 e HS-20 foram os superiores em relação ao ‘Golden’. Para o TSS todos os HS com exceção do

HS-20, todos os demais apresentam TSS semelhante ao da testemunha 'Golden' (Tabela 3).

Tabela3. Médias para seis características de maior importância econômica, avaliadas em sete híbridos 'Solo' de mamoeiro e testemunha 'Golden', com suas respectivas diferenças mínimas significativas (DMS), Linhares, ES, 2015

Híbridos Solo / Linhagens	Características					
	NFC	PMF	PROD	FF	FP	TSS
HS-15 / 01	59,70	291,76	17,76	113,38	82,56	11,27
HS-16 / 02	47,07	453,72	21,29	115,72	81,36	11,80
HS-17 / 04	47,88	533,93	25,53	104,89	81,19	10,67
HS-18 / 06	51,78	478,82	24,40	118,71	85,06	11,00
HS-19 / 09	49,92	440,68	22,52	114,33	74,63	11,37
HS-20 / 17	23,90	609,97	14,38	105,35	82,85	8,56
HS-21 / 19	50,08	420,05	20,89	110,30	77,43	11,35
'Golden'	46,25	285,83	13,41	102,73	74,37	10,75
Média	47,45	430,37	19,74	110,78	80,02	10,86
DMS (t=0,05)	11,45	60,32	11,27	9,12	7,17	1,04

NFC: número de frutos comerciais (un.); PMF: peso médio de frutos (g); PROD: produção por planta (kg); FF: Firmeza do fruto (N); FP: firmeza da polpa (N); TSS: teor de sólidos solúveis.

O híbrido HS-15 tem grande potencial para NFC, FF e FP, embora não tenha apresentado diferença significativa para PROD e TSS, foi superior ao 'Golden' em todas as características avaliadas. O mesmo ocorre com o HS-18, embora este híbrido não tenha apresentado diferença significativa para NFC e TSS, ele foi superior ao 'Golden' em todas as características avaliadas. Além destes dois, os híbridos HS-16, HS-17 e HS-19 também apresentam características que embora não apresentem diferenças significativas são superiores ao 'Golden'.

A Tabela 4 apresenta as médias fenotípicas de 13 Híbridos 'Formosa' (HF) e a testemunha comercial 'Tainung 01' para as características NFC, PMF, PROD, FF, FP e TSS, juntamente com suas respectivas Diferenças Mínimas Significativas (DMS).

Considerando a característica NFC, apenas os híbridos HF-27 e HF-41 apresentaram NFC inferior ao 'Tainung 01'. O PMF oscilou de 816,67 g (HF-23) a

1254,28g (HF-28). Os híbridos HF apresentaram PROD equivalente ao 'Tainung 01' exceto os híbridos HF-27 e HF-41 que produziram menos (Tabela 4).

Tabela 4. Médias para seis características de maior importância econômica, avaliadas em 13 híbridos 'Formosa' de mamoeiro e a testemunha 'Tainung 01', com suas respectivas diferenças mínimas significativas (DMS). Linhares, ES, 2015

Híbridos Formosa / Linhagens	Características					
	NFC	PMF	PROD	FF	FP	TSS
HF-22 / 01	34,95	839,85	30,17	104,96	74,03	11,24
HF-23 / 02	35,67	816,67	28,94	113,58	80,19	9,88
HF-24 / 04	34,64	1210,80	43,66	109,98	86,91	9,76
HF-25 / 06	28,36	1110,87	31,57	116,38	87,26	9,60
HF-26 / 10	25,42	1084,08	27,76	120,07	87,73	9,94
HF-27 / 17	18,43	1115,07	20,76	104,27	83,64	8,56
HF-28 / 20	26,83	1254,28	35,45	112,44	94,73	9,22
HF-29 / 10	26,11	1132,22	29,69	126,18	97,69	10,29
HF-30 / 02	30,72	883,54	27,28	114,93	87,05	10,16
HF-31 / 01	29,72	831,30	24,77	112,09	81,94	10,48
HF-32 / 09	37,25	836,45	30,41	112,72	87,50	9,27
HF-40 / 21	32,42	1029,64	33,50	114,93	92,37	9,36
HF-41 / 17	15,89	1242,95	20,29	124,73	94,47	10,08
'Tainung 01'	32,89	1001,28	34,91	103,03	83,66	8,37
Média	29,29	1029,29	30,06	113,70	87,21	9,74
DMS _(t=0,05)	11,45	60,32	11,27	9,12	7,17	1,04

NFC: número de frutos comerciais (un.); PMF: peso médio de frutos (g); PROD: produção por planta (kg); FF: Firmeza do fruto (N); FP: firmeza da polpa (N); TSS: teor de sólidos solúveis.

Em termos de qualidade os híbridos HF-23, HF-25, HF-26, HF-29 e HF-41 apresentaram FF superior ao híbrido 'Tainung 01'. Para FP, os híbridos HF-28, HF-29, HF-40 e HF-41 foram superiores ao híbrido 'Tainung 01'. Os híbridos HF-27, HF-28, HF-32 e HF-40 apresentam TSS equivalentes ao híbrido 'Tainung 01', os demais HF foram superiores.

Os híbridos do grupo 'Solo' HS-15, HS-16, HS-18 e HS19 e do grupo 'Formosa' HF-23, HF-25, HF-26, HF-28, HF-29 e HF-41 apresentaram FF e FP

superiores ao das testemunhas comerciais 'Golden' e 'Tainung 01', respectivamente. Estes resultados estão bem próximos aos observados por Ramos et al. (2014). E estes autores observaram valores médios para firmeza do fruto entre 108,69N e 113,90 N e para firmeza da polpa entre 78,80 e 84,70 N. De acordo com Morais et al. (2007), a firmeza está relacionada com a qualidade do fruto e influencia diretamente a produção ou decai o potencial de comercialização, ou seja, frutos com baixa firmeza apresentam menor tempo de pós-colheita, menor tempo de manuseio, armazenamento e resistência ao transporte. Por isso, esta característica é de suma importância nos programas de melhoramento genético do mamoeiro.

O teor de sólidos solúveis é uma característica relacionada com o sabor dos frutos sendo uma das mais importantes no processo de seleção de genótipos superiores. A média geral para o TSS foi de 10,86 e 9,74 °Brix para os híbridos HS e HF, respectivamente, destaque para o híbrido 'Solo' HS-16 (11,80 °Brix) e para o híbrido 'Formosa' HF-22 (11,24 °Brix). Ide et al. (2009) observaram uma variação de 9,70 a 12,80 ao utilizarem testadores para selecionar híbridos que combinem com elevada produção de frutos por planta e com atributos relacionados à qualidade do fruto tais como firmeza da polpa e teor total de sólidos solúveis. Dias et al. (2011) encontraram valores de TSS variando de 10,35 a 11,53 °Brix ao avaliarem diferentes genótipos de mamoeiro. Pinto et al. (2013a), analisando população segregante de mamoeiro para tolerância à mancha fisiológica, encontraram valores oscilando entre 9,3 e 11,0 °Brix. Barros (2015) avaliando 66 genótipos de mamoeiro considerando três épocas de avaliação encontrou valores oscilando entre 9,61 e 9,92 °Brix.

Os híbridos 'Solo' obtiveram média geral de PMF estimada em 430,37 g, por outro lado, os híbridos 'Formosa' apresentaram média geral de 1029,29 g. Isso indica que existe potencial para seleção quanto ao peso médio dos frutos que atenda tanto o mercado nacional como o internacional. Oliveira et al. (2011) enfatizam que o mercado nacional tem preferência por frutos com peso entre 800 e 1500 g, enquanto o mercado internacional exige frutos com peso em torno de 500 g.

Até o momento não tínhamos híbridos padrão 'Solo' com PMF em torno de 350 a 500 gramas e com este trabalho foi possível identificar híbridos 'Solo' (HS-15, HS-16, HS-18 e HS-19) superiores à testemunha 'Golden', tanto para

produtividade como para características relacionadas à qualidade e sabor dos frutos.

Assim, após alguns anos de trabalho e pesquisa, desde a etapa inicial da conversão do genótipo dióico 'Cariflora', da obtenção das populações de Retrocruzamentos (RC₁, RC₂ e RC₃) e da seleção e avaliação das linhagens (Silva, 2006, Silva et al., 2007a; Silva et al., 2007b; Silva et al., 2007c; Silva et al., 2008a; Silva et al., 2008b; Ramos, 2007; Ramos, 2010; Ramos et al., 2011a; Ramos et al., 2011b e Barros, 2015), em breve o programa de melhoramento genético do mamoeiro UENF/Caliman estará disponibilizando aos produtores combinações híbridas do tipo 'Solo', com grande potencial para atender o mercado externo.

5.1.3 Capacidade combinatória

A Tabela 05 mostra as estimativas dos efeitos da capacidade específica (CEC) dos híbridos HS obtidos do cruzamento com o testador T1 (SS-72/12, grupo 'Solo') para as características relacionadas e produção e qualidade de fruto. Em todas as características avaliadas, foram observados valores positivos e negativos de CEC, indicando existência de desvio de dominância, ocorrendo genes que aumentam a expressão do caráter e outros, igualmente dominantes, que reduzem esta expressão (Cruz & Vencovsky, 1989).

Para AP, as estimativas dos efeitos de capacidades específicas de combinação destacaram-se as combinações híbridas HS-18 (T1x6) e HS-21 (T1x19), por apresentarem plantas mais baixas facilitando a colheita e evitando o acamamento. Enquanto, para AIPF destacaram-se as combinações híbridas HS-18 (T1x6) e HS-19 (T1x9), por apresentarem a inserção do primeiro fruto mais próxima ao solo (Tabela 5). Nos programas de melhoramento genético do mamoeiro, a seleção para ambas as características buscam valores negativos a fim de obter plantas com estatura que favoreça a colheita. Ide et al. (2009) ressalta que em plantas muito altas, maior a dificuldade para a colheita.

Tabela 5. Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) de sete híbridos de mamoeiro utilizando-se testador do grupo 'Solo' SS-7212 para 14 características agrônômicas relacionadas à produção e qualidade de frutos, Linhares, ES, 2015

Linhagem / Híbridos	Características													
	AIPF		AP		DC		NFC		NFD		NSF		PMF	
	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC
01 / HS-15	104,77	1,83	205,94	8,67	11,27	0,41	59,69	12,51	1,03	-0,25	2,28	-0,84	291,76	-169,51
02 / HS-16	111,26	8,32	208,15	10,89	11,89	1,03	47,07	-0,12	4,23	2,96	2,60	-0,51	453,72	-7,55
04 / HS-17	98,96	-3,98	198,08	0,82	10,01	-0,84	47,88	0,69	0,75	-0,53	1,25	-1,86	533,93	72,66
06 / HS-18	90,85	-12,09	187,85	-9,41	10,81	-0,05	51,78	4,59	1,14	-0,14	2,17	-0,95	478,82	17,54
09 / HS-19	90,75	-12,20	197,40	0,14	10,20	-0,66	49,92	2,73	0,54	-0,73	4,33	1,22	440,68	-20,60
17 / HS-20	125,17	22,23	195,69	-1,57	10,83	-0,02	23,90	-23,29	0,40	-0,88	6,13	3,02	609,97	148,69
19 / HS-21	98,82	-4,12	187,74	-9,53	10,97	0,12	50,08	2,90	0,83	-0,44	3,03	-0,09	420,04	-41,23
Média	102,94		197,26		10,85		47,19		1,27		3,11		461,27	

AIPF: altura de inserção do primeiro fruto (cm).; AP: altura da planta (cm).; DC: diâmetro do caule (mm).; NFC: número de frutos comerciais (un).; NFD: número de frutos deformados (un).; NSF: nós sem fruto (un).; PMF: peso médio de fruto (g).; CEC: Capacidade Específica de combinação.

Tabela 5. Cont.

Linhagem / Híbridos	Características													
	PROD		CF		DF		FF		FP		EP		TSS	
	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC
01 / HS-15	17,76	-3,21	111,89	-21,82	74,42	-11,47	113,38	1,57	82,56	1,84	1,80	-0,14	11,27	0,41
02 / HS-16	21,29	0,32	130,03	-3,69	85,15	-0,73	115,72	3,91	81,36	0,63	1,87	-0,08	11,79	0,94
04 / HS-17	25,52	4,56	140,49	6,77	89,32	3,43	104,89	-6,92	81,19	0,46	1,93	-0,01	10,66	-0,19
06 / HS-18	24,40	3,43	141,96	8,24	85,64	-0,25	118,70	6,89	85,06	4,33	2,03	0,09	10,99	0,14
09 / HS-19	22,52	1,55	126,16	-7,56	85,72	-0,17	114,32	2,52	74,63	-6,09	1,89	-0,05	11,37	0,51
17 / HS-20	14,38	-6,58	151,50	17,78	96,14	10,25	105,35	-6,46	82,85	2,12	2,13	0,19	8,56	-2,29
19 / HS-21	20,88	-0,08	134,00	0,28	84,83	-1,06	110,30	-1,51	77,43	-3,30	1,94	0,00	11,34	0,49
Média	20,96		133,72		85,89		111,81		80,73		1,94		10,85	

PROD: produção (kg planta⁻¹).; CF: comprimento do fruto (mm).; DF: diâmetro do fruto (mm).; FF: firmeza do fruto (N).; FP: firmeza da polpa (N).; EP: espessura da polpa (cm).; TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix).; CEC: Capacidade Especifica de Combinação.

Em relação ao DC, os híbridos HS-15 (T1x1), HS-16 (T1x2) e HS-21 (T1x19) destacaram-se dos demais por apresentarem em média caules com maior diâmetro que é uma característica em que a seleção é feita principalmente com capacidade combinatória positiva. Segundo Silva et al. (2007c) planta com maior DC além de apresentar menor tendência ao acamamento tendem a sustentar maior quantidade de frutos e serem mais produtivas.

Para a característica NSF buscam-se plantas que tenham CEC negativa, porque esta característica está relacionada à esterilidade das plantas. Os híbridos HS-15 (T1x1), HS-16 (T1x2), HS-17 (T1x4) e HS-18 (T1x6) destacaram-se por apresentarem menos nós sem frutos. O mesmo ocorre para a característica NFD, no qual buscam-se plantas com valores de CEC negativos. Para esta característica, as combinações híbridas em destaque são HS-19 (T1x9) e HS-20 (T1x17) por apresentarem menos frutos deformados. Esta característica está relacionada com a carpeloidia e pentândria no mamoeiro. Já a característica NFC está diretamente relacionada com a produtividade da cultura, quanto maior for o NFC, mais produtivas são as plantas. Assim, na seleção das plantas, as mesmas devem apresentar valores de CEC positivos. As combinações híbridas que obtiveram destaque foram HS-15 (T1x1) e HS-18 (T1x6) por apresentarem mais frutos comerciais (Tabela 5).

As características PMF, CF e DF estão diretamente relacionadas com o tamanho do fruto. A seleção para estas características é feita de acordo com as exigências do mercado. Se a necessidade do mercado é por fruta grande padrão 'Formosa' ou pequena padrão 'Solo' buscam-se valores de CEC positivos e negativos respectivamente para PMF. Os valores para CEC para PMF variaram de -169,51 para o híbrido HS-15 (T1x1) a 148,59 para o híbrido HS-20 (T1x17). Para CF e DF estes mesmos híbridos apresentaram os menores e maiores valores para CEC (Tabela 5).

Para a característica FF e FP, destacou-se a combinação híbrida HS-18 (T1x6) por apresentar as maiores médias para ambas as características. Além destas duas características o híbrido HS-18 (T1x6) destacou-se para PROD com valor de CEC positivo. As características EP e SST foram as que apresentaram menor variação de CEC entre as demais (Tabela 5).

Nenhum híbrido reuniu boas estimativas de CEC para os aspectos agrônômicos, qualidade de frutos e produção, simultaneamente. Entretanto, há

possibilidade de selecioná-lo considerando características de maior importância econômica como número de frutos comerciais, firmeza do fruto e polpa, teor de sólidos solúveis e produtividade. Os híbridos que reuniram boas estimativas de CEC para as características de maior importância foram HS-15 (T1x1), HS-16 (T1x2), HS-18 (T1x6) e HS-19 (T1x9). Resultados semelhantes foram encontrados por Barros (2015) e Ide et al. (2009), em que os autores não encontraram genótipos que conciliasse resultado satisfatório para produtividade de frutos por planta com características que conferem qualidade de fruto.

A Tabela 6 mostra as estimativas dos efeitos de capacidades específicas de combinação dos híbridos obtidos do cruzamento com o testador do grupo 'Formosa', Sekati (T2). Para AIPF, os híbridos que se destacaram foram: HF-22 (T2x1), HF-24 (T2x4), HF-26 (T2x10) e HF-32 (T2x9) enquanto, para AP os híbridos que destacaram-se foram: o HF-26 (T2x10) e o HF-27 (T2x17) (Tabela 6). Ide et al. (2009) ressaltaram que nos programas de melhoramento genético do mamoeiro a seleção para ambas as características, buscam valores negativos, a fim de obter plantas com estatura que favoreça a colheita, quanto mais baixo estiverem os frutos, maior a facilidade no momento da colheita.

Os híbridos HF-32 (T2x9), HF-23 (T2x2), HF-24 (T2x4) e HF-22 (T2x1) destacaram-se por ter maior NFC. Houve uma variação para este caráter de -11,76 para o híbrido HF-27 (T2x17) a 7,06 para o híbrido HF-32 (T2x9). Dos oito híbridos HF avaliados para o NFC, quatro deles apresentaram CEC positivas. As características PMF, CF e DF estão diretamente relacionadas com o tamanho do fruto. Para o PMF os valores variaram de -216,84 para o híbrido HF-23 (T2x2) a 220,77 para o híbrido HF-28 (T2x20) (Tabela 6).

Os híbridos 'Formosa' HF-24 (T2x4) e HF-28 (T2x20) foram os mais produtivos. O híbrido HF-28 além de apresentar boa produtividade, também apresentou boa FP e maior EP (Tabela 6). As características DC e TSS foram as que apresentaram menor variação de CEC entre as demais.

Tabela 6. Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) de oito híbridos de mamoeiro utilizando-se testador do grupo 'Formosa' Sekati para 14 características agrônômicas relacionadas com produção e qualidade de frutos, Linhares, ES, 2015

Linhagem / Híbridos	Características													
	AIPF		AP		DC		NFC		NFD		NSF		PMF	
	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC
01 / HF-22	89,84	-5,05	173,56	0,76	11,46	1,20	34,94	4,75	1,89	0,42	2,72	-0,22	839,85	-193,65
02 / HF-23	98,08	3,18	175,01	2,21	10,41	0,16	35,67	5,47	1,67	0,20	1,33	-1,61	816,67	-216,84
04 / HF-24	91,34	-3,55	175,33	2,53	10,46	0,20	34,64	4,45	0,72	-0,75	2,97	0,03	1210,80	177,29
06 / HF-25	97,36	2,46	171,29	-1,51	9,77	-0,48	28,36	-1,83	2,28	0,81	1,78	-1,17	1110,87	77,36
10 / HF-26	91,24	-3,66	163,28	-9,52	9,66	-0,60	25,42	-4,78	1,28	-0,19	3,69	0,75	1084,08	50,58
17 / HF-27	97,40	2,50	164,96	-7,84	9,57	-0,69	18,43	-11,76	0,97	-0,50	4,70	1,75	1115,07	81,56
20 / HF-28	102,17	7,27	188,88	16,09	10,74	0,49	26,83	-3,36	1,42	-0,05	4,78	1,83	1254,28	220,77
09 / HF-32	91,75	-3,15	170,08	-2,72	10,00	-0,26	37,25	7,06	1,53	0,06	1,58	-1,36	836,44	-197,06
Média	94,90		172,80		10,26		30,19		1,47		2,94		1033,51	

AIPF: altura de inserção do primeiro fruto (cm).; AP: altura da planta (cm).; DC: diâmetro do caule (mm).; NFC: número de frutos comerciais (un).; NFD: número de frutos deformados (un).; NSF: nós sem fruto (un).; PMF: peso médio de fruto (g).; CEC: Capacidade Específica de combinação.

Tabela 6. Cont.

Linhagem / Híbridos	Características													
	PROD		CF		DF		FF		FP		EP		TSS	
	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC
01 / HF-22	30,17	-0,92	170,75	-23,92	98,67	-4,77	104,96	-6,84	74,03	-11,22	2,30	-0,17	11,23	1,55
02 / HF-23	28,94	-2,15	171,88	-22,79	100,50	-2,93	113,58	1,78	80,19	-5,06	2,25	-0,22	9,88	0,20
04 / HF-24	43,66	12,57	186,64	-8,03	107,03	3,60	109,98	-1,82	86,91	1,66	2,52	0,05	9,76	0,08
06 / HF-25	31,57	0,48	214,54	19,87	105,26	1,83	116,38	4,58	87,26	2,01	2,22	-0,25	9,59	-0,09
10 / HF-26	27,76	-3,33	200,97	6,30	107,10	3,67	120,07	8,27	87,73	2,48	2,57	0,10	9,94	0,26
17 / HF-27	20,76	-10,33	204,28	9,61	103,91	0,48	104,26	-7,54	83,64	-1,61	2,71	0,24	8,56	-1,12
20 / HF-28	35,45	4,36	235,57	40,89	106,89	3,45	112,44	0,64	94,73	9,48	2,80	0,33	9,22	-0,46
09 / HF-32	30,41	-0,68	172,74	-21,93	98,10	-5,33	112,72	0,92	87,50	2,25	2,39	-0,08	9,27	-0,41
Média	31,09		194,67		103,43		111,80		85,25		2,47		9,68	

PROD: produção (kg planta⁻¹).; CF: comprimento do fruto (mm).; DF: diâmetro do fruto (mm).; FF: firmeza do fruto (N).; FP: firmeza da polpa (N).; EP: espessura da polpa (cm).; TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix).; CEC: Capacidade Específica de Combinação.

A Tabela 7 mostra as estimativas dos efeitos de capacidades específicas de combinação dos híbridos obtidos do cruzamento com o testador do grupo 'Formosa', JS-12 (T3).

Para AIPF, os híbridos 'Formosa' que obtiveram destaque foram o HF-30 (T3x2) e HF-40 (T3x21) que apresentaram a inserção dos frutos mais próximos ao solo. Enquanto que os híbridos HF-30 (T3x2) e o híbrido HF-41 (T3x17) destacaram-se por apresentar plantas mais baixas, ou seja, menor AP (Tabela 7). O híbrido Formosa HF-30 (T3x2) destacou-se para ambas as características.

Os híbridos 'Formosa' HF-31 (T3x1) e HF-41 (T3x17) apresentaram maior diâmetro de caule. O híbrido 'Formosa' HF-40 (T3x21) foi o que apresentou melhor capacidade combinatória para a característica NFC. As características PMF, CF e DF estão diretamente relacionadas com o tamanho do fruto. Para o PMF os valores variaram de -165,56 para o híbrido HF-31 (T3x1) a 246,09 para o híbrido HF-41 (T3x17) (Tabela 7).

O híbrido HF-40 (T3x21) foi o que apresentou melhor capacidade combinatória para produção. Para CF e DF, os híbridos HF-40 (T3x21) e HF-41 (T3x17) foram os que obtiveram destaque com CEC positivas. Para as características FF e FP, o híbrido 'Formosa' HF-41 (T3x17) apresentou melhor capacidade combinatória para características voltadas para a qualidade dos frutos. As características EP e TSS foram as que apresentaram menor variação de CEC entre as demais (Tabela 7). Os híbridos HF-30 e HF-41 destacaram-se por apresentar valores de CEC favoráveis para as características de maior importância da cultura.

Tabela 7. Estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) de quatro híbridos de mamoeiro utilizando-se testador do grupo 'Formosa' JS-12 para 14 características agrônômicas relacionadas à produção e qualidade de frutos, Linhares, ES, 2015

Linhagem / Híbridos	Características													
	AIPF		AP		DC		NFC		NFD		NSF		PMF	
	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC
02 / HF-30	102,67	-10,40	204,33	-2,46	10,70	-0,44	30,72	3,53	2,94	1,27	4,25	-1,39	883,54	-113,31
01 / HF-31	121,72	8,65	215,67	8,88	12,35	1,22	29,72	2,53	2,92	1,24	5,72	0,08	831,30	-165,56
21 / HF-40	104,91	-8,16	209,06	2,28	10,34	-0,79	32,42	5,23	0,50	-1,17	5,50	-0,14	1029,64	32,78
17 / HF-41	122,98	9,91	198,08	-8,71	11,14	0,01	15,89	-11,30	0,33	-1,34	7,08	1,44	1242,94	246,09
Média	113,07		206,79		11,13		27,19		1,67		5,64		996,86	

AIPF: altura de inserção do primeiro fruto (cm).; AP: altura da planta (cm).; DC: diâmetro do caule (mm).; NFC: número de frutos comerciais (un).; NFD: número de frutos deformados (un).; NSF: nós sem fruto (un).; PMF: peso médio de fruto (g).; CEC: Capacidade Específica de combinação.

Tabela 7. Cont.

Linhagem / Híbridos	Características													
	PROD		CF		DF		FF		FP		EP		TSS	
	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC	Média	CEC
02 / HF-30	27,28	0,82	204,52	-12,62	99,70	-0,78	114,92	-1,74	87,05	-1,91	2,26	-0,17	10,16	0,14
01 / HF-31	24,77	-1,69	207,53	-9,62	95,06	-5,42	112,09	-4,58	81,94	-7,02	2,31	-0,12	10,48	0,46
21 / HF-40	33,50	7,04	222,68	5,54	101,36	0,88	114,92	-1,74	92,37	3,41	2,47	0,04	9,36	-0,66
17 / HF-41	20,29	-6,17	233,85	16,70	105,81	5,33	124,73	8,06	94,47	5,51	2,68	0,25	10,08	0,06
Média	26,46		217,15		100,48		116,67		88,96		2,43		10,02	

PROD: produção (kg planta⁻¹).; CF: comprimento do fruto (mm).; DF: diâmetro do fruto (mm).; FF: firmeza do fruto (N).; FP: firmeza da polpa (N).; EP: espessura da polpa (cm).; TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix).; CEC: Capacidade Especifica de Combinação.

5.1.4 Heterose

Na cultura do mamoeiro, é possível desenvolver tanto linhagens como híbridos pelo fato de sua autopolinização não ocasionar perda de vigor (Dantas e Lima, 2001). Neste contexto, com as estimativas dos efeitos de heterose é possível saber se o ideal é explorar o híbrido ou a linhagem *per se* de acordo com o valor e característica em estudo.

As estimativas dos efeitos de heterose padrão e funcional para NFC mostraram que o híbrido HS-21 (T1x19) destacou-se dos demais por apresentar NFC superior à média dos pais e superior a linhagem *per se*. Para a heterose varietal, todos os híbridos foram superiores a variedade padrão para o NFC, com exceção do híbrido HF-20 (T1x17). O híbrido HS-15 (T1x1) destacou-se dos demais por sua superioridade, apresentando maior NFC em relação à variedade padrão 'Golden' (Tabela 8).

A média geral da heterose padrão dos híbridos HS para a característica NFC foi negativa (-9,95) (Tabela 8), tal resultado evidencia a influência do testador SS-72/12 (genitor comum de todos os híbridos HS) que tem um elevado NFC. Por outro lado quando comparamos a média geral da heterose funcional dos híbridos em relação às linhagens *per se*, os híbridos HS apresentaram uma média de heterose de 38,14% em relação às linhagens. Este resultado mostra que os híbridos HS apresentam NFC superior às linhagens e que a média geral da heterose padrão foi influenciada pelo testador. Porém, mesmo assim é possível identificar algumas combinações híbridas específicas que são superiores a média dos pais e algumas que são inferiores a linhagem *per se*. Já a média geral da heterose varietal dos híbridos HS para a mesma característica foi positiva, indicando que a combinação híbrida é interessante comparado com a variedade padrão 'Golden', justificando o seu uso na produção de híbridos.

Para PMF os Híbridos HS-16 (T1x2), HS-17 (T1x4), HS-19 (T1x9), HS-20 (T1x17) e HS21 (T1x19) foram superiores a média dos pais. Houve manifestação de heterose funcional positiva somente para o HS-15 (T1x1) e HS-16 (T1x2), apenas estes híbridos apresentaram PMF superior às linhagens *per se*. Logo, para a heterose varietal, todas as combinações híbridas apresentaram valores positivos, apresentando PMF superior à variedade padrão 'Golden', destaque para o híbrido HS-20 (T1x17) que foi superior aos demais. O híbrido HS-16 (T1x2) destacou-se para ambas as heteroses (Tabela 8).

Tabela 8. Valores da heterose padrão, varietal e funcional de sete híbridos de mamoeiro, utilizando o testador 'Solo' SS-72/12 para seis características de maior importância econômica do mamoeiro. Linhares, ES, 2015

Linhagem / Híbrido	Características											
	NFC				PMF				PROD			
	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)
01 / HS-15	59,69	-0,58	12,56	29,07	291,76	0,04	21,90	2,07	17,76	-1,46	39,24	32,41
02 / HS-16	47,07	-24,58	-18,50	1,77	453,72	29,30	26,79	58,74	21,29	-3,73	1,66	58,75
04 / HS-17	47,88	-4,46	44,35	3,51	533,93	17,03	-6,09	86,80	25,52	21,36	35,95	90,32
06 / HS-18	51,78	0,38	43,38	11,95	478,82	-9,14	-32,56	67,52	24,40	-0,49	-5,25	81,94
09 / HS-19	49,92	-10,57	11,96	7,93	440,68	11,32	-1,58	54,17	22,52	4,42	13,49	67,91
17 / HS-20	23,90	-46,49	7,28	-48,32	609,97	10,09	-20,18	113,40	14,38	-29,01	-16,52	7,24
19 / HS-21	50,08	16,62	165,94	8,29	420,04	-32,60	-53,46	46,95	20,88	3,34	21,92	55,72
Média	47,19	-9,95	38,14	2,03	461,27	3,72	-9,31	61,38	20,96	-0,80	12,93	56,33

H: heterose padrão.; HF: heterose em relação às linhagens *per se.*; HV: heterose em relação à testemunha 'Golden'.; NFC: número de fruto comercial (un).; PMF: peso médio do fruto(g).; PROD: produção (kg planta⁻¹).

Tabela 8. Cont.

Linhagem / Híbrido	Características											
	FF				FP				TSS			
Média	H (%)	HF (%)	HV (%)	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)	
01 / HS-15	113,38	18,60	23,59	10,36	82,56	12,80	14,02	11,02	11,27	-3,22	-6,13	4,90
02 / HS-16	115,72	9,76	3,88	12,64	81,36	7,86	5,82	9,40	11,79	-2,04	-7,80	9,75
04 / HS-17	104,89	2,84	0,36	2,10	81,19	-2,90	-12,92	9,16	10,67	2,03	10,89	-0,76
06 / HS-18	118,70	5,99	-4,68	15,55	85,06	2,65	-7,28	14,37	10,99	0,71	4,26	2,31
09 / HS-19	114,32	11,56	8,38	11,28	74,63	-4,94	-10,12	0,35	11,37	3,01	5,40	5,81
17 / HS-20	105,35	-8,16	-18,94	2,55	82,85	-2,19	-13,18	11,40	8,56	-23,41	-22,68	-20,31
19 / HS-21	110,30	6,18	1,86	7,37	77,43	-0,07	-4,38	4,11	11,35	8,97	18,97	5,58
Média	111.81	6.68	2.06	8.84	80.73	1.89	-4.01	8.54	10.86	-1.99	0.42	1.04

H: heterose padrão.; HF: heterose em relação às linhagens *per se.*; HV: heterose em relação à testemunha 'Golden'.; FF: firmeza do fruto (N).; FP: firmeza da polpa (N).; TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix).

As estimativas do efeito de heterose padrão para PROD mostram que o híbrido HS-17 (T1x4) destacou-se, apresentando maior magnitude para heterose padrão. Os híbridos HS-15 (T1x1) e HS-17 (T1x4) destacaram-se por apresentar maiores magnitudes para heterose funcional, sendo estes mais produtivos que as linhagens *per se*. Quanto à heterose varietal, todos os híbridos HS apresentaram valores positivos, com destaque para o híbrido HS-17 (T1x4) que apresentou a maior magnitude para PROD. Estes híbridos HS possuem produtividade superior à variedade padrão 'Golden'. Para esta característica o híbrido HS-17 (T1x4) teve magnitudes elevadas para ambas as heteroses (Tabela 8).

Analisando a média geral da heterose funcional para os híbridos HS nota-se que os mesmos produziram em média 12,93% a mais que as linhagens. Quando comparado à média geral da heterose varietal, os híbridos produziram em média 56,33% a mais que a variedade padrão 'Golden'.

O híbrido HS-15 (T1x1) destacou-se por apresentar elevadas magnitudes para ambas as heteroses para as características FF e FP. Em média, todos os híbridos avaliados apresentaram elevada firmeza, comparado com a variedade padrão 'Golden'. O híbrido HS-18 (T1x6) destacou-se apresentando as maiores magnitudes para heterose varietal para ambas as características (Tabela 8).

Para a característica TSS, os valores positivos para a heterose padrão e funcional, foram expressos nas combinações híbridas HS-17 (T1x4), HS-18 (T1x6), HS-19 (T1x9) e HS-21 (T1x19). Para heterose varietal, apenas os híbridos HS-17 (T1x4) e HS-20 (T1x17) apresentaram valores negativos, os demais híbridos HS foram superiores ao 'Golden' para TSS, destaque para o híbrido HS-16 (T1x2) (Tabela 8).

Barros (2015) avaliou o efeito da heterose varietal e funcional em híbridos de mamoeiro e encontrou valores próximos para as mesmas características avaliadas. Nota-se que para estas características de maior importância, podem-se selecionar híbridos com produção maior que a testemunha 'Golden' e com excelentes atributos relacionados à qualidade e sabor dos frutos. Os híbridos 'Solo' HS-15, HS-16, HS-18, HS-19 e HS-21 foram destaques, superando o 'Golden' tanto para produção quanto para qualidade e sabor do fruto. Tal fato demonstra que existem combinações híbridas do grupo 'Solo' com elevado potencial para lançamento não somente para o mercado interno, mas principalmente visando o mercado internacional.

Vale ressaltar que para a FF a média geral de ambas as heteroses foi positiva, apenas algumas combinações específicas apresentaram heterose padrão e funcional negativa. Entretanto, os híbridos em média apresentam frutos com 8,84% a mais de firmeza que o 'Golden' (Tabela 8). Para a FP, a média da heterose padrão foi positiva e da heterose funcional negativa, e novamente podemos destacar algumas combinações específicas que tem destaque em relação às demais. Assim como para a FF, os híbridos apresentaram heterose funcional média 8,54% a mais que o 'Golden'.

Na tabela 9 estão representados os valores para heterose padrão, funcional e varietal, para híbridos do grupo 'Formosa'(HF), obtidos a partir dos testadores T2 (Sekati), T3 (JS-12) e T4 (41/7) todos pertencentes ao grupo heterótico 'Formosa'.

Os híbridos Formosa HF-24 (T2x4), HF-26 (T2x10), HF-28 (T2x20) HF-29 (T4x10) e HF-40 (T3x21), destacaram-se dos demais para ambas as heteroses para a característica NFC, sendo estes superiores a testemunha 'Tainung 01' e as linhagens genitoras (Tabela 9).

As estimativas tanto da heterose padrão quanto da heterose funcional para o PMF foram superiores para todos os híbridos HF. Isso já era esperado porque os frutos das linhagens tendem a ser do tipo 'Solo' com PMF em torno de 500g. Entretanto, quando comparada à heterose varietal, os híbridos HF-24 (T2x4), HF-25 (T2x6), HF-26 (T2x10), HF-27 (T2x17), HF-28 (T2x20), HF-29 (T4x10) HF-40 (T3x21) e HF-41 (T3x17) apresentaram valores de PMF superiores ao cultivar padrão 'Tainung 01' (Tabela 9).

Em relação à produção, todos os híbridos HF apresentaram heterose funcional positiva, sendo que os híbridos HF-22 (T2x1) e HF-24 (T2x4) apresentaram as maiores magnitudes. Comparando as três heteroses juntas, os híbridos Formosa HF-24 (T2x4) e HF-28 (T2x20) foram os que apresentaram, para todas as variáveis as maiores magnitudes, sendo que apenas estes dois apresentaram produção superior ao 'Tainung 01' (Tabela 9).

Tabela 9. Valores da heterose padrão, varietal e funcional de 13 híbridos de mamoeiro, utilizando três testadores 'Formosa' para seis características de maior importância econômica do mamoeiro, Linhares, ES, 2015

Linhagem / Híbrido	Características											
	NFC				PMF				PROD			
	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)
01 / HF-22 ⁽¹⁾	34,94	-6,47	-2,42	-34,11	839,85	31,36	250,90	-16,12	30,17	71,60	136,54	-13,57
02 / HF-23 ⁽¹⁾	35,67	-10,21	-4,06	-38,24	816,67	16,90	128,21	-18,44	28,94	33,52	38,19	-17,09
04 / HF-24 ⁽¹⁾	34,64	26,28	7,21	4,44	1210,80	50,61	112,97	20,93	43,66	112,02	132,53	25,07
06 / HF-25 ⁽¹⁾	28,36	-1,87	-0,54	-21,46	1110,87	27,01	56,47	10,94	31,57	31,09	22,58	-9,57
10 / HF-26 ⁽¹⁾	25,42	15,60	3,43	14,09	1084,08	20,22	41,87	8,27	27,76	40,07	61,12	-20,47
17 / HF-27 ⁽¹⁾	18,43	-9,03	-1,83	-2,12	1115,07	14,85	23,56	11,36	20,76	5,02	21,19	-40,53
20 / HF-28 ⁽¹⁾	26,83	18,62	4,21	13,95	1254,28	32,70	47,39	25,27	35,45	67,58	78,12	1,56
10 / HF-29 ⁽³⁾	26,11	8,36	2,01	17,21	1132,22	33,76	48,17	13,08	29,69	44,54	72,33	-14,94
02 / HF-30 ⁽²⁾	30,72	-28,07	-11,99	-46,80	883,54	9,77	146,90	-11,76	27,28	-0,96	30,26	-21,85
01 / HF-31 ⁽²⁾	29,72	-26,34	-10,63	-43,96	831,30	11,49	247,33	-16,98	24,77	5,63	94,22	-29,04
09 / HF-32 ⁽¹⁾	37,25	12,41	4,11	-16,45	836,44	12,49	86,81	-16,46	30,41	43,97	53,27	-12,87
21 / HF-40 ⁽²⁾	32,42	12,00	3,47	7,26	1029,64	13,55	83,33	2,83	33,50	29,93	92,34	-4,04
17 / HF-41 ⁽²⁾	15,89	-31,66	-7,36	-44,97	1242,94	15,39	170,23	24,14	20,29	-20,85	54,60	-41,87
Média	28,95	-1,57	-1,11	-14,70	1029,82	22,32	111,09	2,85	29,56	35,63	68,25	-15,32

H: heterose padrão.; HF: heterose em relação às linhagens *per se.*; HV: heterose em relação à testemunha 'Golden'.; NFC: número de fruto comercial (un).; PMF: peso médio do fruto(g).; PROD: produção (kg planta⁻¹). ⁽¹⁾ híbridos com Sekati.; ⁽²⁾ híbridos com JS-12.; ⁽³⁾ híbrido com 41/7.

Tabela 9. Cont.

Híbrido	Características											
	FF				FP				TSS			
	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)	Média	H (%)	HF (%)	HV (%)
01 / HF-22 ⁽¹⁾	104,96	5,68	14,42	1,88	74,03	-7,45	2,24	-11,51	11,23	-6,45	-6,45	34,19
02 / HF-23 ⁽¹⁾	113,58	4,06	1,96	10,24	80,19	-2,48	4,30	-4,15	9,88	-22,78	-22,78	18,00
04 / HF-24 ⁽¹⁾	109,98	4,05	5,24	6,75	86,91	-3,87	-6,79	3,89	9,76	1,46	1,46	16,56
06 / HF-25 ⁽¹⁾	116,38	0,58	-6,54	12,96	87,26	-2,67	-4,88	4,31	9,60	-9,01	-9,01	14,61
10 / HF-26 ⁽¹⁾	120,07	1,39	-7,61	16,55	87,73	-4,12	-8,06	4,87	9,94	-10,25	-10,25	18,73
17 / HF-27 ⁽¹⁾	104,26	-3,09	-3,71	1,20	83,64	-0,76	3,29	-0,02	8,56	-10,22	-10,22	2,26
20 / HF-28 ⁽¹⁾	112,44	1,61	-1,73	9,13	94,73	4,31	0,72	13,23	9,22	6,88	6,88	10,10
10 / HF-29 ⁽³⁾	126,18	3,22	-2,91	22,48	97,69	3,48	2,37	16,77	10,29	-7,10	-7,10	22,90
02/ HF-30 ⁽²⁾	114,92	0,93	3,17	11,55	87,05	5,24	13,22	4,05	10,16	-20,58	-20,58	21,34
01/ HF-31 ⁽²⁾	112,09	7,75	22,19	8,80	81,94	1,81	13,16	-2,06	10,48	-12,76	-12,76	25,14
09 / HF-32 ⁽¹⁾	112,72	6,15	6,86	9,41	87,50	2,57	5,37	4,59	9,27	-14,09	-14,09	10,71
21/ HF-40 ⁽²⁾	114,92	1,43	4,21	11,55	92,37	3,81	3,31	10,41	9,36	-7,85	-7,85	11,79
17/ HF-41 ⁽²⁾	124,73	11,06	9,37	21,06	94,47	11,45	4,48	12,92	10,08	-17,80	-17,80	20,44
Média	114,40	3,45	3,46	11,04	87,35	0,87	2,52	4,41	9,83	-10,04	-10,04	17,44

H: heterose padrão.; HF: heterose em relação às linhagens *per se.*; HV: heterose em relação à testemunha 'Golden'.; FF: firmeza do fruto (N).; FP: firmeza da polpa (N).; TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix).; ⁽¹⁾híbridos com Sekati.; ⁽²⁾híbridos com JS-12.; ⁽³⁾híbrido com 41/7.

Analisando o caráter FF, todos os híbridos HF mostraram valores positivos para a heterose padrão com exceção do híbrido HF-27 (T2x17). Quanto à heterose funcional, oito (HF-22, HF-23, HF-24, HF-30, HF-31, HF-32, HF-40 e HF-41) dos 13 híbridos HF avaliados apresentaram valores positivos, sendo estes superiores as linhagens *per se*, destaque para o híbrido HF-31 (T3x1). Entretanto, para a heterose varietal, todos os híbridos HF apresentaram FF superior à testemunha 'Tainung 01'. Para esta característica merecem destaque os híbridos HF-24 (T2x4), HF-31 (T3x1), HF-32 (T2x9) e HF-41 (T3x17) que apresentaram as maiores magnitudes para ambas as heteroses. Os híbridos 'Formosa' HF-28 (T2x20), HF-29 (T4x10), HF-30 (T3x2), HF-40 (T3x21) e HF-41 (T3x17) apresentaram maiores magnitudes para ambas as heteroses para a característica FP (Tabela 9).

Para a característica TSS, os valores positivos para a heterose padrão e funcional foram expressos somente nos híbridos 'Formosa' HF-24 e HF-28. Para a heterose varietal, todos os híbridos HF apresentaram valores positivos para a característica TSS, sendo superiores a testemunha 'Tainung 01' (Tabela 9).

Nota-se que para estas características de maior importância, podem-se selecionar híbridos que produzam mais que a testemunha 'Tainung 01', porém com excelentes atributos relacionados à qualidade e sabor dos frutos. Os híbridos 'Formosa' HF-24 e HF-28 foram superiores ao 'Tainung 01' tanto para produção quanto para qualidade e sabor dos frutos. Desta forma, existem combinações híbridas do tipo 'Formosa' com elevado potencial para lançamento no mercado.

5.2 Análise e processamento de imagem digital aplicada a frutos de mamoeiro

5.2.1 Mensuração de características morfoagronômicas via imagem digital

A Figura 2 apresenta o resultado da binarização da imagem do fruto de mamão (imagem binária preta e branca) com as respectivas etapas de processamento realizadas.

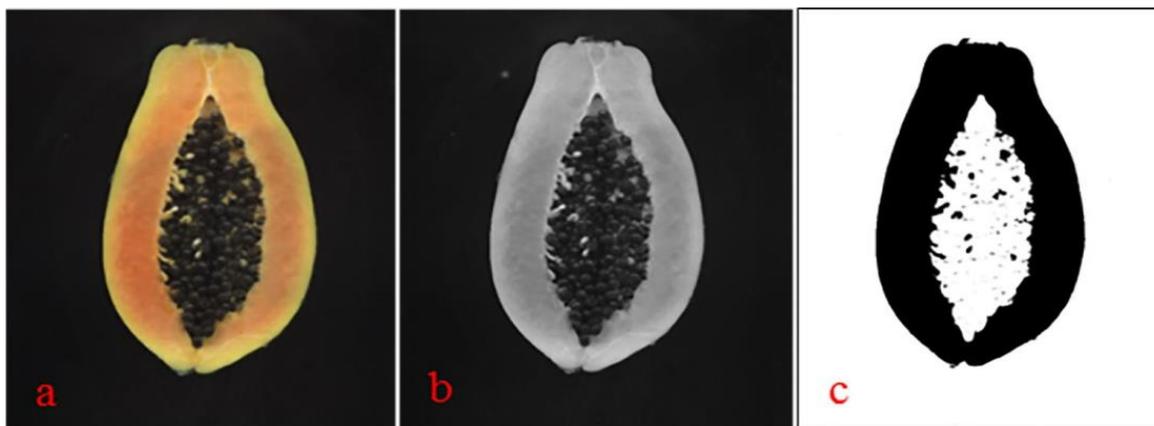


Figura 2. Binarização da imagem do fruto de mamão. (a) Imagem RGB, (b) imagem em escala de cinza e (c) imagem binarizada.

Primeiramente foi realizada a leitura da imagem no formato RGB a ser processada (Figura 2a), após a leitura a imagem RGB foi convertida para imagem em escala de cinza – *Image Type 8 bit* (Figura 2b) e pelo *algoritmo Otsu*, foi calculado o valor de pixel que divide a imagem em objeto e fundo para então ser binarizada (Figura 2c).

As médias das cinco características (comprimento do fruto – CF, diâmetro do fruto – DF, comprimento da cavidade ovariana – CCO, diâmetro da cavidade ovariana – DCO e espessura de polpa – EPo) estimadas via imagem digital não apresentaram diferenças significativas quando comparadas com as medidas manuais. Os coeficientes de variações obtidos para as características foram baixos, mas é interessante destacar que o coeficiente de variação foi menor para a metodologia digital em todas as características, sendo esta metodologia mais precisa. O erro padrão foi baixo para todas as características avaliadas variando de 0,06 para EPo a 0,18 para CCO. Os intervalos de confiança das metodologias manual e digital foram iguais para as características CF, DCO e EPo. Para as características DF e CCO o intervalo de confiança da metodologia digital foi menor (Tabela 10).

Os coeficientes de determinação foram muito satisfatórios para as cinco características, variando de 0,90 para EPo e DCO a 0,97 para CF (Tabela 10). Os dados estatísticos mostram que esta metodologia pode ser aplicada na estimação destas características em estudo com melhor precisão e menor tempo de aquisição dos dados. Considerando 50 frutos, o tempo médio para a obtenção das mensurações manuais foi de uma hora e para as mensurações digitais foi de 50min em ambiente de laboratório.

Tabela 10. Estatísticas obtidas para mensurações manuais e assistidas por imagens digitais em 50 frutos da variedade 'THB'

Análises	Características				
	CF (cm)	DF (cm)	CCO (cm)	DCO (cm)	EPo (cm)
Média manual	13,49	8,26	9,63	4,26	2,04
Média digital	13,45	8,27	9,59	4,23	2,03
CV manual	6,78	5,76	8,84	9,66	8,70
CV digital	6,75	5,34	8,76	9,38	8,52
EP	0,16	0,13	0,18	0,13	0,06
IC manual	0,25	0,13	0,24	0,11	0,05
IC digital	0,25	0,12	0,23	0,11	0,05
r ²	0,97	0,92	0,94	0,90	0,90

CF: comprimento do fruto.; DF: diâmetro do fruto.; CCO: comprimento da cavidade ovariana.; DCO: diâmetro da cavidade ovariana.; EPo: espessura da polpa.; CV: coeficiente de variação.; EP: erro padrão.; IC: intervalo de confiança.; r²: coeficiente de determinação.

5.2.2 Estimação do volume e peso de frutos de mamão

Como não houve diferença entre as mensurações manuais e digitais, foi possível estimar o volume do fruto com as mensurações digitais, obtendo-se assim, o volume estimado com as mensurações manuais. Após ser calculado o volume com a imagem digital, ele foi comparado e validado com o volume mais próximo do real, o volume estimado pelo método da translocação da coluna de água.

Na tabela 11, estão representados os valores referentes ao volume estimado pelas mensurações manuais (VEMM) e o volume estimado pela translocação da coluna da água (VETCA). O volume médio estimado pelo método de translocação da coluna de água foi de 473,50 cm³ e para o volume médio obtido pela fórmula com as mensurações digitais foi de 480,32 cm³ os mesmos não apresentaram diferenças significativas (P>0,5). Os intervalos de confiança calculados na estimação do volume dos frutos foram próximos, vale ressaltar que o intervalo de confiança para o VEID foi menor.

Tabela 11. Volume estimado pela translocação da coluna de água (VTCA) e por mensurações digitais (VEID) em uma amostra aleatória de 50 frutos da variedade 'THB'

Volume	Média (cm ³)	DP	IC	CV (%)
VETCA	473,50 a	85,20	23,62	17,99
VEID	480,32 a	73,30	20,32	15,26

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste para amostras pareadas ao nível de 5% de probabilidade.; DP: Desvio padrão.; IC: Intervalo de confiança.; CV: coeficiente de variação.

Os coeficientes de variação para os volumes foram baixos, sendo que o VEID foi o que apresentou menor CV, tendo menor variação e sendo mais preciso. Com a validação dos volumes, foi estimada a densidade média dos frutos pela razão entre o VETCA e o peso real do grupo de treinamento. Após ser estimada a densidade média dos frutos, foi estimado o peso dos frutos. Para isso, foi utilizada a densidade média dos frutos avaliados no grupo de treinamento e o volume estimado pela imagem digital no grupo de validação.

A densidade média obtida pela razão entre o peso e o volume foi de 0,85g.cm⁻³. Por meio desse dado, aplicando-se a equação $Pe = Ve \times 0,85$, pôde-se estimar o peso dos frutos no grupo de validação. Em média, não houve diferença entre as médias do peso observado com o estimado pela fórmula, 395,16 g a 395,76 g respectivamente. Nota-se que, os pontos de interseção do peso observado com o estimado estão uniformemente distribuídos ao longo da reta, o que explica o elevado coeficiente de determinação $r^2 = 0,98$ (Figura 3).

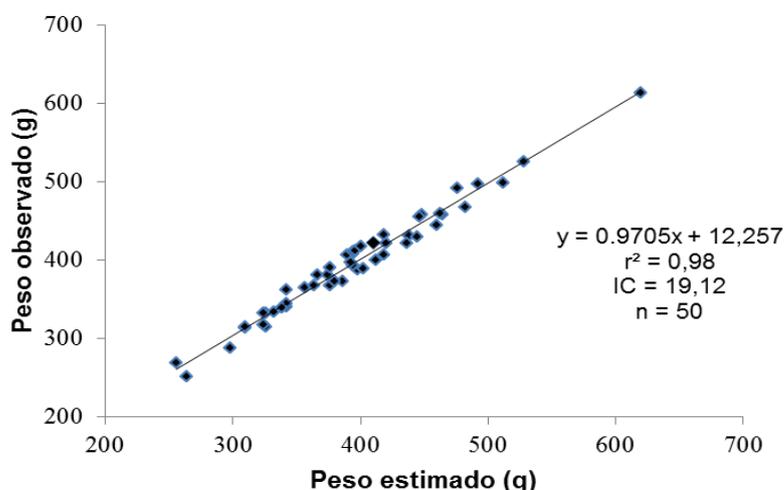


Figura 3. Comparação entre peso observado e estimado pela fórmula do elipsoide no grupo de validação.

6. CONCLUSÕES

Houve variabilidade genética entre genótipos para todas as características avaliadas, possibilitando a identificação de linhagens e/ou híbridos agronomicamente superiores.

Ao analisar as linhagens *per se*, podemos destacar que as linhagens 1, 2 e 9 têm bom potencial para a característica NFC, as linhagens 2, 4, 6, 9 e 20 têm bom potencial para a característica PROD, enquanto as linhagens 2, 9 10 e 19 se destacaram em relação aos caracteres FF e FP. Ao analisar as características em conjunto as linhagens 2 e 9 destacaram-se tanto para produção quanto qualidade de frutos.

Os híbridos 'Solo' (HS) com o testador T1 (SS-72/12) que foram superiores à testemunha 'Golden' nas características agronômicas e de qualidade de frutos, foram HS-15 (T1x1), HS-16 (T1x2), HS-18 (T1x6) e HS-19 (T1x9), os mesmos apresentaram boa CEC. Os híbridos 'Formosa' (HF) com o testador T2 (Sekati) superiores a testemunha 'Tainung 01' nas características agronômicas e de qualidade de frutos, foram HF-23 (T2x2), HF-24 (T2x4), HF-25 (T2x6) e HF-26 (T2x10) com boa CEC. Os híbridos HF com o testador T3(JS-12) que se destacaram, foram HF-30 (T3x2), HF-31 (T3x1) e HF-40 (T3x21) com boa CEC. Estes híbridos serão avaliados em ensaio de Valor de Cultivo e Uso - VCU para, posteriormente, serem disponibilizados aos agricultores.

Analisando a CEC podemos destacar três linhagens (1, 2 e 6) que têm boa capacidade combinatória com pelo menos dois genitores, tanto do grupo

heterótico 'Solo' quanto 'Formosa'. E estas mesmas linhagens tem bom potencial *per se* para algumas características de maior importância para a cultura do mamoeiro.

A heterose varietal foi superior na maioria dos híbridos HS e HF para todas as características, sendo estes híbridos superiores às testemunhas 'Golden' e 'Tainung 01'. Com relação às estimativas de heterose funcional, grande parte dos híbridos HS e HF apresentou desempenho superior às linhagens *per se* para determinada característica. Dessa forma, é preferível a exploração dos híbridos em ambos os casos.

A precisão da metodologia digital em relação à metodologia manual indica que as características morfológicas, assim como o peso e volume de frutos de mamoeiro podem ser estimadas através da análise e processamento de imagens digitais, com rapidez e precisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aggelopoulou, A.D., Bochtis, D., Fountas, S., Swain, K.C., Gemtos, T.A., Naos G.D. (2011) Yield prediction in apple orchards based on image processing. *Precision Agriculture*, 12:448–456.
- Allard, R.W. (1971) *Princípios do melhoramento genético de plantas*, 2º Ed. São Paulo: Edgar Blucher, 381p.
- Arango, L.V., Rezende, C.R., Carvalho, S.P (2008) Identificação antecipada do sexo do mamoeiro pelos caracteres físicos das sementes e padrões isoenzimáticos das mudas. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuária*, 9:22-29.
- Badillo, V.M. (1971) Monografía de la familia Caricaceae. Maracay - Venezuela: *Editorial Nuestra América C.A.*, 221p.
- Badillo, V.M (2000). *Carica L. vs Vasconcella St.Hil. (Caricaceae): conlarehabilitación de este último. Ernstia*. 10:74-79.
- Bailey, D.G., Mercer, K.A., Plaw, C., Ball, R., Barraclough, H. (2004) High speed weight estimation by images analysis. In: *Proceedings of the New Zealand National Conference on non destructive testing*, New Zealand.
- Barros, G.B.A. (2015) *Desempenho agrônômico, capacidade combinatória e análise molecular de linhagens de mamoeiro (Caricapapaya L.) em topcross*.

- Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 127p.
- Borém, A., Miranda, G.V. (2009) *Melhoramento de Plantas*. 5° ed., Viçosa, MG, UFV, 529 p.
- Cardoso, D.L., Luz, L.N., Macedo, C.M.P., Pinto, F.O., Ramos, H.C.C., Vivas, M., Pereira, M.G. (2011) Heterose em mamoeiro. *In: Resumos: Anais do Congresso de Melhoramento de Plantas*, Búzios, RJ.
- Cardoso, D.L. (2012) *Análise dialélica para rendimento e qualidade de frutos do mamoeiro (Carica papaya L.)* Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 96p.
- Carvalho, F.A., Renner, S.S. (2012). A dated phylogeny of the papaya family (*Caricaceae*) reveals the crop's closest relatives and the family's biogeographic history. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 65:46–53
- Castellen, M.S., Ledo, C.A.S., Oliveira, E.J., Monteiro Filho, L.S., Dantas, J.L.L. (2007) Caracterização de acessos do banco ativo de germoplasma de mamão por meio de análise multivariada. *Magistra*, Cruz das Almas, 4:299-303.
- Cortez, D.F.M., Santa-Catarina, R., Barros, G.B.A., Santana, F.A., Ramos, H.C.C., Thiebaut, J.T.L., Silveira, S.F., Ferregueti, G.A., Perreira, M.G. (2014) Estimation of agronomic traits in papaya using digital image analysis. *Anais da XIV Mostra de Pós-Graduação da UENF*, Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Social. Campos dos Goytacazes, RJ.
- Cruz, C.D. (2013) Programa Genes, versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística, *Editora UFV*, Viçosa, 648p.
- Cruz, C.D., Regazzi, A. J (1997). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2. ed. Viçosa: UFV, 390 p.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S. (2004) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3° ed., v.1, Viçosa: UFV, 390p.
- Cruz, C.D., Vencovsky, R. (1989) Comparação de alguns métodos de análise dialélica. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto. 12:425-438.

- Damasceno Junior, P.C., Pereira, T.N.S., Silva, F.F., Viana, A.P., Pereira, M.G. (2008) Comportamento floral de híbridos de mamoeiro (*Caricapapaya* L.) avaliados no verão e na primavera, *Revista Ceres*, 55:310-316.
- Damasceno Junior, P. C., Costa, F.R., Pereira, T.N.S., Neto, M.F., Pereira, M.G. (2009a) Karyotypedetermination in three Caricacea espécies em phasizing the cultivated form (*Caricapa paya* L.). *Caryologia*, 62:10-15.
- Damasceno Junior, P.C., Pereira, T.N.S., Pereira, M.G., Silva, F.F., Souza. M.M., Nicoli, R.G. (2009b) Preferential reproduction mode of hermaphrodite papaya plant (*Carica papaya* L; *Caricaceae*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31: 182-189.
- Damasceno Junior, P. C., Pereira, T.N.S., Neto, M.F., Pereira, M.G. (2010) Meiotic behavior of *Carica papaya* and *Vasconcellea monoica*. *Caryologia*, 63:229-236.
- Dantas, J.L.L., Dantas, A.C.V.L., Lima, J.F. (2002) *Melhoramento de fruteiras tropicais*, Viçosa, UFV, 422p.
- Dantas, J.L.L., Lima, J.F. (2001) Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro: avaliação de linhagens e híbridos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 3:617-621.
- Dantas, J.L.L. (2000) Introdução. In: TRINDADE, A. V. *Mamão Produção: aspectos técnicos*. 1a Ed. 98 Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 9-9.
- Dantas, J.L.L., Lima, J.F. (2001) Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro: Avaliação de linhagens e híbridos, *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, 23:617-621.
- Davis, R.L. (1924) Report of the plant breeder. *Puerto Rico Agricultural Experimental Station Annual Reporter*, Puerto Rico, p.14-15.
- Dias, N.L.P., Oliveira, E.J., Dantas, J.L.L. (2011) Avaliação de genótipos de mamoeiro com o uso de descritores agronômicos e estimação de parâmetros genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 46:1471-1479.

- Dorj, U., Lee, M., Han, S.A. (2013) Comparative Study on Tangerine Detection, Counting and Yield Estimation Algorithm. *International Journal of Security and Its Applications*, (7): 3.
- Duarte, I.A., Ferreira, J.M., Nuss, C.N. (2003) Potencial discriminatório de trêstestadoresem top crosses de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 3:365-372.
- Falconer, D.S. (1987) *Introdução à genética quantitativa*. Editora UFV, Viçosa, 279p.
- Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. (1996) Introduction to quantitative genetics, Ed. 4. Longmans Green, Harlow, Essex, UK, 464p.
- Faleiro, F.G., Ragagnin, A.V., Moreira, M.A., Barros, E.G. (2008) Use of Molecular markers to accelerate the breeding of common bean lines resistant o rust and anthracnose. *Euphytica*, 138:213-218.
- FAO (2013) *Fod and agricultural organization of the united states of nations.FodSuply*.Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/609/DesktopDefault.aspx?PageID=609#ancor>. Acesadoem: 15 dez, 2015.
- FAOSTAT.Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015) <<http://faostat3.fao.org/home/e>>. Acesso em: 12 jan. de 2016.
- Fellegari, R., Navid, H. (2011) Determining the orange volume using image processing. *International Conference on Food Engineering and Biotechnology*. IACSIT Press, Singapore IPCBEE vol.9.
- Fraire Filho, G.A., Dantas, J.L.L., Leite, J.B.V., Oliveira, J.R.P. (2001) Avaliação de variedades de mamoeiro no extremo sul da Bahia. *Magistra*, Cruz das Almas,1:37-41.
- Griffing, B. (1956) A general treatment pf the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*.Essex, 10:31-50.
- Gunasekaran, S. (2000) *Nondestructive Food Evaluation: Techniques to analyze Properties and Quality*, CRC Press.1st edition, 440p.
- Hallaeur, A.R., Miranda Filho, J.B. (1995) *Quantitative genetics in maize breeding*. 2nd ed. Ames: *Iowa State Univerity Press*, 468p.

- Hallauer, A.R., Miranda Filho, J.B., Carena, M.J. (2010) Quantitative genetics in maize breeding. *Springer*, New York, 663p.
- Hofmeyer, J.D.J. (1938) Genetical studies of *Carica papaya* L. *Africa Dept. Agric. For.Sci. Bull.* 187:1-64.
- IBGE. (2014) *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acessado em 14 de dezembro de 2015.
- Ide, C.D., Pereira, M.G., Viana, A.P., Pereria, T.N.S. (2009) Use of testers for combining ability and selection of papaya hybrids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, 1:60-66.
- JORNAL DA CIÊNCIA (2003) *Pesquisa na Uenf permitirá ao país a economia de US\$ 2 milhões por ano*. 19 maio, v. 2280.
- Keshavarzpour, F., Achakzai, A.K.K. (2013) Fruit Shape Classification in Cantaloupe Using the Analysis of Geometrical Attributes. *World Engineering & Applied Sciences Journal* 4:01-05.
- Koc, A.B. (2007) Determination of watermelon volume using ellipsoid approximation and image processing. *Postharvest Biology and Technology*, 45:366-371.
- Koutsika-Sotiriou, M.S., Karagounis, C.A. (2005) Assessment of maize hybrids. *Maydica* 50:63-70.
- Lassoudiere, A. (1968) Le papayer: description etgenetique. *Fruits*, Paris, 11:585-586.
- Luz, L.N. (2014) *Novos híbridos de mamoeiro com adaptação às regiões tradicionais e semiáridas do Brasil*, Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 80p.
- Luz, L.N., Pereira, M.G., Barros, F.B., Barros, G.B., Fereguetti, G.A. (2015) Novos híbridos demamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37:159-171.
- Manica, I. (1982) *Fruticultura tropical: 3. Mamão*. São Paulo: *Agronômica Ceres*. 276 p.

- Marin, S.L.D. (2001) *Melhoramento genético do mamoeiro (Caricacapapaya L.): Habilidade combinatória de genótipos dos grupos "Solo" e "Formosa"*. 117p. Tese, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- Marin, S.L.D., Pereira, M.G., Yamanishi, O.K., Ferreguetti, G.A., Martelleto, L.A.P., Ide, C.D. (2001) Habilidade combinatória em mamoeiro (*Caricacapapaya L.*) sob cruzamentodialélico parcial visando à produção de cultivares e híbridos. *Anais do congresso brasileiro de fruticultura*. 1, Goiânia. Goiás: Sociedade Brasileira de Melhoramento Genético Vegetal, v. 1.
- Marin, S.L.D., Pereira, M.G., Amaral Junior, A.T., Martelleto, L.A.P., Ide, C.D. (2006a) Heterosis in papaya hybrids from partial diallel of. Solo and Formosa parents. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, 1:24-29.
- Marin, S.L.D., Pereria, M.G., Amaral Junior, A.T., Martelleto, L.A.P., Ide, C.D. (2006b) Partial diallel to evaluate the combining ability for economically important traits of papaya. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 6:540-546.
- Mekako, H.U., Nakasone, H.Y. (1975) Inter-specific hybridization among 6 *Carica* species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 100:237-242.
- Melo, A.C., Costa, C.X., Brito, M.E.B., Viégas, P.R.A., Silva Júnior, C.D. (2007) Produção de mamoeiro em diferentes substratos e doses de fósforo. *Ciências Agrárias*, 2:257-261.
- Ming, R., Yu, Q., Moore, P.H. (2007) Sex determination in papaya. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 18:401-408.
- Morais, O.P. (1992) *Análise multivariada da divergência genética dos progenitores, índices de seleção combinada numa população de arroz oriunda de intercrossamentos, usando macho esterilidade*. 251p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- Morais, P.L.D., Silva, G.G., Memezes, J.B., Maia, F.E.N., Dantas, F.E.N., Sales Junior, R. (2007) Pós-colheita de mamão híbrido UENF/Caliman 01 cultivado no Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 29: 666-670.

- Nishizu, T., Ikeda, Y., Torikata, Y., Manmoto, S., Umehara, T., Mizukami, T. (2001) Automatic, Continuous Food Volume Measurement with a Helmholtz Resonator. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Manuscript 3: 01-004.
- Nurmberg, P.L., Souza, J.C., Ramalho, M.A.P., Ribeiro, P.H.E. (2000) Desempenho De Híbridos Simples Como Testadores De Linhagens De Milho Em Top Crosses. *Anais do Congresso Brasileiro De Melhoramento De Plantas*, 1. Goiânia, Goiás.
- Oliveira, R.P.D.E., Farias, A.R.N., Santos Filho, H.P., Oliveira, J.R.P., Dantas, J. L.L., Santos, L.B. Dos., Oliveira, M.A., Souza Junior, M.T., Silva, M.J., Almeida, E.P.DE., Nickel, O., Medina, V.M., Cordeiro, Z.J.M. (1994) Mamão para exportação: aspectos técnicos da produção. *In: FrupeX. série publicações técnicas*, 9). Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 52p.
- Oliveira, E.J., Dantas, J.L.L., Castellen, M.S., Lima, I.D.S., Barbosa, H.S., Motta, T.B.N. (2007) Marcadores moleculares na predição do sexo em plantas de mamoeiro, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 42:1747-1754.
- Oliveira, E.J., Silva, A.S., Carvalho, A.M., Santos, L.F., Costa, J.L., Amorim, V.B.O., Dantas, J.L.L. (2010) Polymorphic microsatellite marker set for *Carica papaya* L. and its use in molecular-assisted selection. *Euphytica*. 173: 279-287.
- Oliveira, E.J., Costa, J.L., SANTOS, L.F., Carvalho, F.M., Silva, A.S., Dantas, J.L.L. (2011) Molecular characterization of papaya genotypes using AFLP markers. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 3:848-858.
- Oliveira, E.J., Fraife Filho, G.A., Freitas, J.P.X., Dantas, J.L.L., Resende, M. D. V. (2012) Plant selection in F2 segregating populations of papaya from commercial hybrids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 12:191-198.
- Oliveira, E.J.de., Fraire Filho, G. de A., Freitas, J.P.X.de., Dantas, J.L.L (2014). Desempenho produtivo e interação genótipo x ambiente em híbridos e linhagens de mamoeiro. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 30:402-410.
- Omid, M., Khojastehnazhand, M., Tabatabaeefar, A. (2010) Estimating volume and mass of citrus fruits by image processing technique. *Journal of Food Engineering*, 10:315–321.

- Pandey, R., Naik, S., Marfatia, R. (2013) Image Processing and Machine Learning for Automated Fruit Grading System: A Technical Review. *International Journal of Computer Applications*, 81:29–39.
- Paterniani, M.E.A.G.Z. (2001) Use of heterosis in mayze breeding: history, methods and perspectives – a review, *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 1:159-178.
- Pereira, M.G. (2003) Melhoramento genético do mamoeiro (*Caricapapaya L.*): desenvolvimento e recomendação de híbridos. In: FEITOSA, C. Seahortes. Alegre: CCA-UFES, p.61-65.
- Pereira, M.G. *Frutimamão*. In: simpósio do papaya brasileiro, 4, 2009, Vitória. Anais... 2009. CD ROM.
- Pereira, M.G., Ferregueti, G.A., Pereira, T.N.S., Ramos, H.C.C., Cortes, D.F. M., Santa-Catarina, R., Luz, L.N., Barros, G.B.A., Arêdes, F.A.S., Boechat, M. S.B., Silveira, S.F., Oliveira, J.G. (2015) Melhoramento genético do mamoeiro: programa Uenf/Caliman. Anais do VI Simpósio do papaya brasileiro. ISBN 978-85-89274-25-8, Vitória, 6:1-41.
- Pérez, E.G. (2004). *Melhoramento do mamoeiro. Toda fruta*. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostraconteudo.asp?conteudo=6062>>. Acesso em 12 de Set. 2015.
- Pinto, F.O., Ramos, H.C.C., Cardoso, D.L., Luz, L.N., Pereira, M.G. (2013a) Desenvolvimento de genótipos de mamoeiro tolerantes à mancha fisiológica. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 35:1101-1115.
- Pinto, F.O., Luz, L.N., Pereira, M.G., Cardoso, D.L., Ramos, H.C.C. (2013b) Metodologia dos modelos mistos para seleção combinada em progênes segregantes de mamoeiro. *Agrária (Recife. Online)*, 8:211-217.
- Ponciano, N.J., Souza, P.M. (2001) *Análise econômica de tentativas tecnológicas para o cultivo do mamão (Caricapapaya L.) Irrigado na Região Norte Fluminense*. (Projeto de pesquisa) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF.

- Ramalho, M.A.P., Santos, J.B.Dos., Zimmermann, M.J.de.O. (1993) *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Ed. da UFG, p.93-135.
- Ramos, H.C.C. (2007) *Melhoramento populacional do mamoeiro (Carica papaya L.) assistido por marcadores microssatélites*, Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 149p.
- Ramos, H.C.C. (2010) *Retrocruzamento em mamoeiro: avanço de gerações e seleção de linhagens via procedimentos clássicos e moleculares*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 134p.
- Ramos, H.C.C., Pereira, M.G., Silva, F.F., Viana A.P. (2011a) Seasonal and genetic influences on sexual expression in segregating papaya population derived from backcross. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11:97-105.
- Ramos, H.C.C.; Pereira, M.G.; Silva, F.F.; Gonçalves, L.S.A.; Pinto, F.O.; De Souza Filho, G.A., Pereira, T.S.N. (2011b) Genetic characterization of papaya plants (*Carica papaya* L.) derived from the first generation of backcross. *Genetic and Molecular Research*, 10:393-403.
- Ramos, H.C.C., Pereira, M.G., Viana, A.P., Luz, L.N., Cardoso, D.L., Ferregueti, G.A. (2014) Combined Selection in Backcross Population of Papaya (*Carica papaya* L.) by the Mixed Model Methodology. *American Journal of Plant Sciences*, 05:2973-2983.
- Rashidi, M., Sayfi, K., Gholami, M. (2007) Determination of kiwifruit volume using image processing. *World Applied Sciences Journal*, 3:184-190.
- Rashidi, M., Gholami, M., Abbassi, S. (2009) Cantaloupe volume determination through image processing. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11:623-631.
- Rodriguez, R.E.S., Rangel, P.H.N., Morais, O.P. (1998) Estimativas de parâmetros genéticos e de respostas à seleção na população de arroz irrigado CNA 1. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 33:685-691.

- Ruggiero, C., Durigan, J.F., Natale, W., Oliveira, C.A.L.De., Benassi, A.C. (2010) Mamão. In: Donadio, L.C. (Org.). História da fruticultura Paulista. Jaboticabal: *Sociedade Brasileira de Fruticultura*, p. 210-234.
- Ruggiero, C., Marin, S.L.D., Durigan, J.F. (2011) Mamão, uma história de sucesso. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 33:76-82.
- Roscher, R., Herzog, K., Kunkel, A., Kicherer, A., Topfer, R., Forstner, W. (2014) Automated image analysis framework for high-throughput determination of grapevine berry sizes using conditional random fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100:148–158.
- Sabliov, C.M., Boldor, D., Keener, K.M., Farkas, B. (2002) Image processing method to determine surface area and volume of axisymmetric agricultural products. *International Journal of Food Properties*, 5:641-653.
- Santos, C.E., Kist, B.B. Poll, H.(2013) Anuário brasileiro da fruticultura 2013. Santa Cruz do Sul: *Gazeta Santa Cruz* 2013. 136 p.
- Silva, F.F. (2006) *Abordagem Clássica e molecular do melhoramento genético do mamoeiro (Carica papaya L.)*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 132p.
- Silva, F.F., Pereira, M.G., Campos, W.F., Damasceno Júnior, P.C., Pererira, T.N.S., Souza Filho, G.A., Ramos, H.C.C., Viana, A.P., Ferreguetti, G.A. (2007a) DNA marker-assisted sex conversion in elite papayagenotype (Caricapapaya L.). *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7:52-58.
- Silva, F.F., Pereira, M.G., Damasceno Júnior, P.C., Pereira, T.N.S., Viana, A.P., Daher, R.F., Ramos, H.C.C., Ferreguetti, G.A. (2007b) Evaluation of the sexual expression in segregation BC1 papaya population. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7:16-23.
- Silva, F.F., Pereira, M.G., Ramos, H.C.C., Damasceno Júnior, P.C., Pereira, T.N.S., Ide, C.D. (2007c) Genotypic correlations of morpho-agronomic traits in papaya and implications for genetic breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7:345-352.
- Silva, F.F., Pereira, M.G., Ramos, H.C.C., Damasceno Júnior, P.C., Pereira, T.N.S., Viana, A.P., Daher, R.F., Ferreguetti, G.A. (2008a) Estimation of genetic

- parameters related to morphoagronomic and fruit quality traits of papaya. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 8:65-73.
- Silva, F.F., Pereira, M.G., Ramos, H.C.C., Damasceno Júnior, P.C., Pereira, T.N.S., Gabriel, A.P.C., Viana, A.P., Ferregueti, G.A. (2008b) Selection and estimation of the genetic gain in segregating generations of papaya (*Carica papaya* L.). *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 8:1-8.
- Siqueira, J.D.P., Lisboa, R.S., Ferreira, A.M., Souza, M.F.R., Araújo, E., Lisboa Júnior, L., Siqueira, M.M. (2004) Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose S.A. e extensão florestal do governo do estado do Espírito Santo. *Floresta*, especial: 3-67.
- Souza, B.S., Durigan, J.S., Donadon, J.R., Teixeira, G.H.de.A. (2005) Conservação de mamão "Formosa" minimamente processado armazenado sob refrigeração. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal-SP, 27:273-273.
- 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. *Journal of Heredity*, 44:70-78.
- Trindade, A.V. (2000) *Mamão produção*. In: Frutas do Brasil, 3, 2000, Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia. 77p.
- Venkovsky, R. (1987) Herança quantitativa. In: Paterniani E, Viegas GP (Ed.) *Melhoramento e produção do milho*. Campinas: Fundação Cargill, p.135-214.
- Vieira, S., Hoffmann, R. *Estatística experimental*. São Paulo: Atlas, 1989. 175p.
- Vivas, M., Silveira, S.F., Terra, C.E.P.S., Pereira, M.G. (2010) Reação de germoplasma e híbridos de mamoeiro à mancha-de-phoma (*Phomacaricae-papayae*) em condições de campo, *Tropical Plant Pathology*, 35:323-328.
- Vivas, M., Silveira, S.F., Vivas, J.M.S., Santos, P.H.D., Cardoso, D.L., Pereira, M.G. (2011) Heterose para resistência a pinta-preta em híbridos de mamoeiro obtidos por meio de dialelo completo. *Anais do V Simpósio do Papaya Brasileiro*. Porto Seguro, Bahia.

- Vivas, M., Silveira, S.F., Viana, A.P., Amaral Junior, A.T., Cardoso, D.L., Pereira, M.G. (2014) Efficiency of circulant diallels via mixed models in the selection of papaya genotypes resistant to foliar fungal diseases. *Genetics and Molecular Research*, 13:4797-4804.
- Wang, Q., Nuske, S., Bergerman, M., Singh, S. (2012) Automated Crop Yield Estimation for Apple Orchards. *Proceeding of International Symposium of Experimental Robotics*, (June). 15p.
- Yamanishi, O.K., Mello, R.M., Martins, V.A., Lima, L.A., Fagundes, G.R. (2006) Comportamento do mamoeiro Sekati nas condições do Oeste da Bahia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28:79-82.