

III - Artigo Científico

Análises físicas e físico-químicas de frutos de acessos de mamoeiro

Edivania Araujo Santos de Jesus¹, Carlos Alberto da Silva Ledo², Ronielli Cardoso Reis² e Gilmar Alvarenga Fachardo Oliveira¹

Resumo

O mamão é uma fruta que possui destaque no mercado internacional, cultivado e consumido em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. O objetivo deste trabalho foi estudar a associação entre descritores quantitativos e qualitativos na caracterização de frutos dos acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma de Mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura mediante análises físicas e físico-químicas. Foram avaliados 107 acessos divididos em dois blocos, totalizando 214 parcelas experimentais. Foram avaliados 27 descritores, sendo sete quantitativos, quatro físico-químicos quantitativos e 16 qualitativos. Para os descritores quantitativos, foi realizado o teste F da análise de variância considerando o delineamento em blocos casualizados com 107 acessos. As médias dos acessos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foram estimados os coeficientes de correlação de Spearman entre os descritores quantitativos e realizado o diagnóstico de multicolinearidade da matriz de correlação. As correlações foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos dos descritores quantitativos, por meio da análise de trilha. Para os descritores qualitativos foram calculadas entropia de Renyi. Existe ampla variabilidade genética e uma importante diversidade entre os 107 acessos de mamoeiro conservados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Palavras-Chave: *Carica papaya* L.; Qualidade de frutos; Correlações.

Abstract

(Physical and physical-chemical analysis of fruits of papaya accesses) Papaya is a fruit that stands out in the international market, is cultivated and consumed in almost all tropical and subtropical regions of the world. The objective of this work was to study the association between quantitative and qualitative descriptors in the characterization of papaya accession fruits from the Papaya Active Germplasm Bank of Embrapa Mandioca e Fruticultura through physical and physicochemical analyses. A total of 107 accessions divided into two blocks were evaluated, totaling 214 experimental plots. Twenty-seven descriptors were evaluated, seven quantitative, four physical-chemical quantitative and 16 qualitative. For quantitative descriptors, the F test of analysis of variance was performed considering the randomized block design with 107 accessions. Accession averages were grouped using the Scott-Knott test at 5% probability. The Spearman correlation coefficients between the quantitative descriptors were estimated and the diagnosis of multicollinearity of the correlation matrix was performed. The correlations were broken down into direct and indirect effects of the quantitative descriptors, through path analysis. For qualitative descriptors, Renyi entropy was calculated. There is wide genetic variability and important diversity among the 107 papaya accessions preserved in the Active Germplasm Bank of Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Keywords: *Carica papaya* L., fruit quality; Correlations.

¹ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Rua Rui Barbosa, no 710, Centro, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA, Brazil. E-mail: edivaniaaraujo67@hotmail.com, gfachardo@yahoo.com.br

² Embrapa Mandioca e Fruticultura, Rua Embrapa, s/no, Chapadinha, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA, Brazil. E-mail: carlos.ledo@embrapa.br, ronielli.reis@embrapa.br

Introdução

Cultivado e consumido em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, o mamão é uma fruta que possui destaque no mercado internacional, tendo como os maiores produtores: a Índia, o Brasil, a Indonésia, a Nigéria e o México. O Brasil destaca-se como o segundo maior produtor de mamão do mundo (FAOSTAT, 2018). Apesar de ser cultivado em quase todos os estados do Brasil, o Espírito Santo é o primeiro e a Bahia, o segundo maior produtor da cultura (IBGE, 2018).

Os frutos do mamoeiro são consumidos de preferência maduros, pois neste estágio, a sua polpa, além de possuir sabor adocicado, possui coloração e textura agradáveis, apresenta baixa acidez e boa combinação entre os açúcares e os ácidos orgânicos. Isso faz do mamão um apreciável alimento, podendo ser consumido por pessoas de todas as idades (FABI et al., 2010). Um fruto de qualidade é aquele que atende às expectativas dos diferentes segmentos em suas características físicas e físico-químicas. As características físico-químicas (sólidos solúveis totais, pH, vitamina C e acidez titulável), são parâmetros utilizados pela indústria como critério de seleção dos frutos, enquanto as físicas estão relacionadas à boa aparência (comprimento, peso, diâmetro, firmeza, entre outros) e representam os parâmetros adotados pelo consumidor no momento da escolha (AGUIAR et al., 2015).

A qualidade de um fruto no decorrer de sua vida pós-colheita está associada diretamente ao ponto de colheita e ao estágio de maturação, que pode provocar desidratação do fruto e contaminação por microrganismos, diminuindo o período de conservação e de comercialização, e ocasionando perdas significativas (SANTOS et al., 2013). Por ser um fruto climatérico, as modificações resultantes do amadurecimento no mamão ocorrem muito rápido após a colheita do fruto fisiologicamente maduro. Isto ocorre devido à elevação da taxa respiratória e da produção de etileno, fato este, que descreve o fruto como perecível em pós-colheita (DURIGAN, 2013; PEGO et al., 2015). Vários fatores de pré e pós-colheita podem reduzir a vida de prateleira do mamão. Esses fatores podem suceder-se nos frutos isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas e qualitativas nas diferentes fases da comercialização (GODOY et al., 2010).

Para avaliar a qualidade dos frutos, as principais características a serem consideradas foram: tempo de amadurecimento, firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, cor, tamanho, peso, forma e o teor de nutrientes

na polpa do fruto (TREVISAN et al., 2013). O conhecimento da correlação entre as características físicas e químicas dos frutos permite avaliar de forma quantitativa a relevância de um descritor sobre o outro, ou seja, o quanto estes fatores influenciam uns aos outros (SOUZA et al., 2014). No entanto, essa correlação pode ser estabelecida utilizando a análise de trilha, criada por Wright (1921, 1923), que permite uma melhor compreensão das causas relacionadas com a associação entre os descritores.

Assim, este trabalho teve por objetivo caracterizar frutos dos acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma de Mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura, mediante análises físicas e físico-químicas e estudar a associação entre os descritores utilizando a análise de trilha.

Material e Métodos

Local e material vegetal

O experimento foi desenvolvido com acessos do Banco Ativo de Germoplasma de mamoeiro (BAG-mamoeiro) situado na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia, Brasil (12°40'39" S, 39°06'22" W e 226 m de altitude). Foram avaliados 107 acessos e quatro variedades comerciais: Golden, Rubi, Sunrise e Tainung divididos em dois blocos, totalizando 214 parcelas experimentais. Cada parcela experimental era composta por seis plantas. O plantio foi realizado em agosto de 2014, com três mudas de mamoeiro por cova e espaçamento de 2,0 m x 2,0 m entre plantas. Quando as plantas alcançaram o período de floração, foi realizada a sexagem das plantas através do tipo de flor, no sentido de selecionar apenas as plantas desejáveis. Foram selecionadas em sua maioria, hermafroditas, 3% das plantas femininas e 1% masculinas, no intuito de garantir a conservação destes acessos.

Seleção das plantas e coleta de frutos no BAG-mamoeiro

De cada acesso, foram selecionadas as três plantas mais divergentes em cada um dos dois blocos e estas foram marcadas no caule com tinta spray de cor branca. Para análises, foram coletados cinco frutos de cada planta no grau de maturação cinco (casca com 75 a 100% da superfície amarela) segundo a carta de cores do catálogo de germoplasma para mamão proposto por Dantas et al. (2000). Os frutos coletados foram devidamente identificados, acomodados em caixas plásticas e transportados até o Laboratório de Tecnologia de

Alimentos (LCTA) Embrapa, para realização das análises. Tiveram prioridade os frutos oriundos de plantas hermafroditas.

Descritores físicos e físico-químicos avaliados

A escolha e avaliação dos descritores foram baseadas no catálogo de descritores mínimos para mamão e com as orientações pelo órgão regulador dos recursos genéticos, *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI 1988; DANTAS et al., 2000). Foram avaliados os seguintes descritores físicos quantitativos: Peso do fruto (PF, em g); comprimento do fruto (CF, em cm); diâmetro do fruto (DF, em cm); firmeza média dos frutos (FMF, em lb); diâmetro da cavidade central do fruto (DCC, em cm); peso fresco de sementes (PFS, em g) e peso fresco de 100 sementes (OS, em g).

Os descritores físicos qualitativos avaliados foram: Coloração da casca do fruto (CCF), Formato da base do fruto (FBF), Textura da casca (TC), Sulcos na superfície do fruto (SSF), Formato da cavidade central (FCC), Espessura da casca (EC), Aroma da polpa (AP), Coloração da polpa (CP), Consistência da polpa (COP), Fibrose da polpa (FP), Tecido placentar (TC), Qualidade de mesa (QM) m, Coloração da semente (CS), Brilho da superfície da semente (BSS), Formato da semente (FS) e Quantidade de mucilagem da semente (QMS).

Para as análises físico-químicas, a polpa foi processada com auxílio de mini processador do tipo Mix. Os descritores físico-químicos quantitativos considerados nesse estudo foram: Vitamina C (VC, em mg de ácido ascórbico 100 g^{-1}), pH, Acidez titulável (AT, em ácido cítrico) e Sólidos solúveis (SS, em °Brix).

Análises estatísticas

Em função do tipo de descritor avaliado, quantitativo ou qualitativo, foram utilizadas diferentes abordagens estatísticas para caracterização física e físico-química dos frutos. Considerando os descritores quantitativos, os dados também foram submetidos ao teste F da análise de variância considerando o delineamento em blocos casualizados com 107 acessos e 2 blocos. As médias dos acessos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises de variância foram realizadas com auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).

Foram calculadas as estatísticas descritivas, valores mínimo e máximo, média, desvio padrão, coeficiente de variação e teste de normalidade de Shapiro-Wilkis. Foram também estimados os coeficientes de

correlação de Spearman entre os descritores quantitativos a fim de verificar a associação entre os mesmos. A significância dos coeficientes de correlação foi testada pelo teste de t, com auxílio do programa SAS – Statistical Analysis System (SAS, 2007).

Foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade da matriz de correlação segundo Montgomery e Peck (1981). Em seguida, as correlações foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos dos descritores quantitativos (conhecidas por variáveis independentes), sobre o descritor peso do fruto (conhecida por variável básica), por meio da análise de trilha (WRIGHT, 1921, 1923; CRUZ et al., 2004). O estudo de associação entre os descritores foi realizado com auxílio do programa computacional Genes (CRUZ, 2016).

Para os descritores qualitativos foram calculadas as frequências absolutas e percentuais de cada categoria, em cada descritor, e calculado o nível de entropia dos descritores por meio do coeficiente de entropia de Renyi (RENYI, 1960). A estimação da entropia foi executada com o auxílio do programa SAS – Statistical Analysis System (SAS, 2007).

Resultados e Discussão

A análise de variância apresentada na Tabela 1 mostrou diferenças significativas a 1% de probabilidade pelo teste F para todos os descritores quantitativos em estudo, apontando diversidade genética entre os acessos.

Analisando os coeficientes de variação experimental (CV's) pode-se observar que os descritores pH e Peso fresco de sementes do fruto (PFS) apresentaram valores oscilando de 2,00% a 28,55%, respectivamente. A maior homogeneidade entre os acessos foi para o descritor pH com o menor CV (2,00%), sendo classificado como baixo de acordo com os critérios especificados por Ferreira et al. (2016).

Resultados diferentes foram encontrados por Dias et al. (2011) em que as variações ocorreram entre 3,09 e 50,29% para pH e Peso fresco de sementes do fruto.

Os caracteres que exibiram CVs abaixo de 10% foram: CF, PS, pH e SS (°Brix). No entanto, 03 descritores (DF, DCC e VC) estiveram entre o intervalo de coeficiente de variação 10% a 20%, enquanto 04 descritores (PF, MFF, PS e AT) apresentaram CVs superiores a 20%. Oliveira et al. (2010) obtiveram resultados semelhantes, que constataram coeficientes de variação oscilando de 10,38 a 42,62% para os descritores sólidos solúveis, altura da planta, diâmetro do caule, firmeza do fruto, número de frutos, peso do fruto e acidez titulável.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os descritores quantitativos: Peso do fruto - PF, Comprimento do fruto - CF, Diâmetro do fruto - DF, Firmeza média dos frutos - FMF, Diâmetro da cavidade central - DCC, Peso fresco de sementes do fruto - PFS, Peso fresco de 100 sementes - PS, Acidez, Vitamina C -VC, pH e Sólidos solúveis totais - SS (°Brix). Cruz das Almas, 2020.

Descritores quantitativos	Quadrado médio			CV (%)
	Bloco	Acesso	Resíduo	
PF (kg)	0,2520*	0,3620**	0,0493	24,24
CF (cm)	46,0767**	31,3830**	3,0983	9,51
DF (mm)	3,7951ns	6,3076**	1,3794	11,66
FMF(lb)	0,0039ns	1,0867**	0,3303	27,43
DCC(mm)	118,7229ns	409,7301**	76,9506	17,15
PFS(mg)	869,6636ns	2460,9386**	546,1733	28,55
OS (mg)	2,4847ns	6,1700**	1,1406	9,90
AT(%)	0,0030**	0,0005*	0,0004	24,21
VC(gmL-1)	1685,6457**	449,9101**	122,0117	14,19
pH	0,0147ns	0,0309**	0,0109	2,00
SS(°Brix)	16,4405**	3,6256**	0,8471	7,21

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F. ns = não significativo.

Observou-se que 63% dos descritores avaliados apresentaram valores de coeficientes de variação abaixo de 20%, sendo assim, podem ser classificados de pequena a média magnitude. Na Tabela 2 estão evidenciadas as estatísticas descritivas dos descritores quantitativos e o número de grupos formados pelo teste de Scott-Knott para esses descritores.

Apenas os descritores acidez titulável e pH apresentaram médias baixas (0,08 e 5,23), o que possibilitou a formação de apenas um grupo como o mais divergente. A firmeza média dos frutos (FMF), obteve média 2,10 e a formação de 2 grupos, que se apresentaram estatisticamente homogêneos pelo teste de Scott-Knott. O Diâmetro do fruto (DF), diâmetro da cavidade central (DCC), peso fresco de sementes do fruto (PFS) e sólidos solúveis totais (SS) obtiveram as seguintes médias: 10,78, 51,16, 81,87, 10,78 e 12,76 respectivamente e formaram três grupos.

O descritor que formou o maior número de grupos foi peso do fruto (PF), seguido do comprimento do fruto (CF) e vitamina C (VC), cujas médias foram: 0,920 g, 18,51 mm e 77,85 gmL⁻¹. No entanto, observa-se a amplitude dos valores apresentados para os descritores avaliados (Tabela 2). Observa-se que o desvio padrão de 35,08 de PFS ocasionou variação em relação às médias encontradas para acidez titulável (AT) e peso fresco de sementes do fruto (PS). Estes valores das médias tiveram

uma oscilação de 0,08 a 81,87, apresentando dispersão superior dos dados em relação ao seu valor médio responsáveis pelo menor e maior valor.

Tabela 2. Estatísticas descritivas para os valores médios e número de grupos formados pelo teste de agrupamento de Scott-Knott para os descritores quantitativos avaliados em acessos do banco de germoplasma de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas, 2020.

Descritores quantitativos	Valor mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão	Número de grupos
Peso do fruto - PF (kg)	0,29	3,29	0,92	0,43	6
Comprimento do fruto - CF (cm)	10,50	35,24	18,51	3,96	5
Diâmetro do fruto- DF (mm)	7,13	15,23	10,07	1,78	3
Firmeza média dos frutos- FMF (libras)	0,69	3,92	2,10	0,74	2
Diâmetro da cavidade central- DCC (mm)	31,43	96,18	51,16	14,31	3
Peso fresco de sementes do fruto- PFS (kg)	26,89	189,43	81,87	35,08	3
Peso fresco de 100 sementes- PS (kg)	6,67	15,51	10,79	1,76	3
Acidez- AT (%)	0,06	0,14	0,08	0,02	1
Vitamina C-gm L ⁻¹	43,94	110,48	77,85	15,00	4
pH (pH)	4,93	5,75	5,23	0,12	1
Sólidos solúveis totais- SS (°Brix)	9,46	15,49	12,76	1,35	3

Para o descritor diâmetro da cavidade central (DCC) também se obteve amplitude elevada e 51,16 mm. A firmeza média do fruto (FMF) dos genótipos foi de 2,10 kgf cm⁻². O estudo desta característica é de grande importância, pois além de preconizar o estágio de maturação do fruto, indica o ponto de colheita que influencia na comercialização. Segundo Pinto et al. (2013), os valores que referenciam para a firmeza de fruto em papaya são aproximadamente 2,24 e 1,79 kgf cm⁻² para firmeza externa do fruto com casca e firmeza interna do fruto nesta ordem. Para mamoeiro, é preferível escolher frutos que apresentem valores superiores a 2 kgf cm⁻², considerado adequado para que resista ao manuseio da coleta e ao transporte.

É considerável também que o mamão apresente alto teor de sólidos solúveis, seja para o consumo in natura ou para a produção de produtos processados como: sucos, geleias, doces e compotas. Valores próximos aos encontrados neste trabalho também foram observados nas

pesquisas de Silva et al. (2017) com 12 °Brix. As análises físicas e físico-químicas são importantes na avaliação da qualidade do mamão e na relação entre os descritores.

Na Tabela 3, são apresentadas as estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman entre as características estudadas. O número de condição do Diagnóstico de multicolinearidade, que é a razão entre o maior e menor autovalor da matriz, foi $NC = 146,57$, que indica a existência de correlação entre os descritores estudados.

Segundo Nogueira et al. (2012), na interpretação de correlações, são considerados três aspectos: a magnitude, a direção e a significância. Para a estimativa de coeficiente de correlação positiva mostra que a disposição de um descritor em favor do outro também aumenta, já as correlações negativas apontam a tendência de um descritor aumentar enquanto o outro diminui. Observou-se correlação positiva e altamente significativa, com magnitude média entre os descritores CF e DF ($r = 0,37^{**}$), porém, elevada entre DF e PF ($r = 0,89^{**}$). Verificou-se ainda correlação positiva e altamente significativa entre PFS e PF ($r = 0,67^{**}$) e entre SST e VC ($r = 0,60^{**}$). Também foi observada alta correlação entre DF e DCC ($r = 0,89^{**}$), indicando que os frutos com maior diâmetro apresentam maior diâmetro da cavidade central.

O Teor de sólidos solúveis totais (SS) e a acidez titulável (AT) apresentaram correlação de magnitude média de $r = 0,42^{**}$. Foram verificadas correlações com magnitude e sentido similar por Oliveira et al. (2010) ($r = 0,50$). No entanto, foi registrada uma correlação negativa entre pH e SST ($r = -0,22^{**}$). Assim, para a seleção dos frutos com maior teor de sólidos solúveis, aqueles que apresentarem maior pH, não deverão ser selecionados, pois as características químicas devem estar bem correlacionadas. De acordo com estudos realizadas por Ferreira et al. (2012), não constatarem correlações entre as características químicas dos frutos, porém, resultados diferentes foram observados neste estudo.

As correlações entre as características físicas e físico-químicas facilitam a seleção de genótipos superiores baseado na redução do número de descritores a serem avaliados. As avaliações das estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção de frutos de mamoeiro estão evidenciadas na Tabela 4. Observa-se que, dos coeficientes de trilha analisados, o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,94 e o efeito da variável residual foi de 0,23, o que indica o bom ajuste do modelo no esclarecimento dos efeitos genéticos.

Foram observados efeitos diretos e positivos das características CF, DF, PFS sobre a variável PF. A característica DF apresentou o maior efeito direto para aumento de PF (0,80) e o maior dos efeitos, 0,89, além de apresentar efeito indireto e positivo via CF e PFS. Esses dados conferem o efeito das correlações genéticas simples de CF e DF e PFS e MFF e PS e DCC e PFS e PS (Tabela 4). Embora o efeito indireto de CF seja baixo (0,14), diferentemente da correlação simples, a análise de trilha revelou efeitos positivos em relação a PF.

Resultados como estes, são de grande importância para o melhoramento genético, no sentido de possibilitar a seleção de genótipos com descritores de comprimento e peso do fruto segundo as exigências do mercado consumidor. Em estudos com correlação entre descritores morfoagronômicos de mamoeiro, Ferreira et al. (2012) encontraram valores próximos para CF, DF, FMF e PF. Neste trabalho, a variável CF mostrou esta qualidade, ou seja, comprimento do fruto adequado às exigências do mercado consumidor. No entanto, a avaliação dessa característica pode ser realizada no decorrer da formação de frutos e, assim, a relação direta da característica CF seria mais viável.

Foram encontrados efeitos diretos e negativos sobre a característica PF (Tabela 4). Foram observados valores inferiores até para os respectivos valores de efeito da variável residual. Este evento faz com que se reduza a importância dessas características em relação ao descritor PF. Os maiores efeitos indiretos foram analisados para DCC via DF (0,72) e PFS via DF (0,61).

Com relação ao nível de entropia, Ledo et al. (2011) afirmaram que pode ser utilizado para estimar a variabilidade presente em descritores qualitativos através da análise das frequências relativas das classes para cada descritor avaliado. A Tabela 5 apresenta os descritores qualitativos, as classes fenotípicas, bem como a frequência percentual dos acessos em cada uma das classes e o nível de entropia de Renyi (H).

Dos 16 descritores expressos na Tabela 5, os que apresentaram valores abaixo de 0,50 são os de menor nível de entropia (H). O descritor fibrose da polpa possui relação com o teor de sólidos solúveis e o resultado apontou que os frutos que não apresentaram fibras, possivelmente, correspondem também aos frutos com maior valor de sólidos solúveis (EMBRAPA, 2012).

Tabela 3. Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman para os descritores quantitativos avaliados em acessos do banco de germoplasma de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas - BA. 2020.

	CF	DF	FMF	DCC	PFS	OS	AT	VC	PH	SST
PF	0,6844**	0,8922**	0,1493*	0,7290**	0,6722**	0,2345**	-0,1013 ^{ns}	-0,1958**	0,0461 ^{ns}	-0,2435**
CF		0,3710**	0,0762	0,1917**	0,2262**	0,2983**	-0,1400*	-0,2200**	0,1419*	-0,2285**
DF			0,1726*	0,8975**	0,7578**	0,1266 ^{ns}	-0,0896 ^{ns}	-0,1375*	-0,0329 ^{ns}	-0,1544*
FMF				0,0932 ^{ns}	-0,0554 ^{ns}	-0,2253**	0,0949 ^{ns}	0,0732 ^{ns}	-0,1087 ^{ns}	0,0083 ^{ns}
DCC					0,8018**	0,0726 ^{ns}	-0,0311 ^{ns}	-0,0772 ^{ns}	-0,0718 ^{ns}	-0,0856 ^{ns}
PFS						0,1686*	-0,0155 ^{ns}	-0,0261 ^{ns}	-0,0205 ^{ns}	-0,0511 ^{ns}
PS							-0,0324 ^{ns}	-0,1715*	0,0451 ^{ns}	-0,1607*
AT								0,4474**	-0,2682**	0,4283**
VC									-0,0718 ^{ns}	0,6010**
PH										-0,2222**

** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de t; ns não significativo; Peso do fruto (PF); comprimento do fruto (CF); diâmetro do fruto (DF); média firmeza dos frutos (MFF); diâmetro da cavidade central do fruto (DCC); peso fresco de sementes do fruto (PFS); peso fresco de 100 sementes (PS); acidez titulável (AT); vitamina C (VC); pH; sólidos solúveis (SST).

Tabela 4. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção: comprimento do fruto (CF); diâmetro do fruto (DF); firmeza média dos frutos (MFF); diâmetro da cavidade central do fruto (DCC); peso fresco de sementes do fruto (PFS) e peso fresco de 100 sementes (PS) sobre o peso do fruto (PF) avaliados em acessos do Banco de Germoplasma de Mamoeiro Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas – BA. 2020.

Descritor	Efeito	Estimativa
CF	Direto sobre PF	0,3894
	Indireto via DF	0,2990
	Indireto via MFF	0,0000
	Indireto via DCC	-0,0251
	Indireto via PFS	0,0172
	Indireto via OS	0,0038
	Total	0,6844
DF	Direto sobre PF	0,8061
	Indireto via CF	0,1444
	Indireto via MFF	0,0000
	Indireto via DCC	-0,1177
	Indireto via PFS	0,0578
	Indireto via OS	0,0016
	Total	0,8922
MFF	Direto sobre PF	-0,0002
	Indireto via CF	0,0297
	Indireto via DF	0,1391
	Indireto via DCC	-0,0122
	Indireto via PFS	-0,0042
	Indireto via OS	-0,0029
	Total	0,1493
DCC	Direto sobre PF	-0,1311
	Indireto via CF	0,0746
	Indireto via DF	0,7235
	Indireto via MFF	0,0000
	Indireto via PFS	0,0611
	Indireto via OS	0,0009
	Total	0,7290
PFS	Direto sobre PF	0,0762
	Indireto via CF	0,0881
	Indireto via DF	0,6109
	Indireto via MFF	0,0000
	Indireto via DCC	-0,1051
	Indireto via OS	0,0022
	Total	0,6722
PS	Direto sobre PF	0,0129
	Indireto via CF	0,1162
	Indireto via DF	0,1021
	Indireto via MFF	0,0000
	Indireto via DCC	-0,0095
	Indireto via PFS	0,0129
	Total	0,2345
R2		0,9444
Efeito da variável residual		0,2359

Os descritores que não têm capacidade de diferenciar os acessos, estão reunidos na mesma classe, apresentando nível de entropia igual a zero. Segundo Ledo et al. (2011), o nível de entropia quantifica a variabilidade existente nos descritores qualitativos através do estudo das frequências concernentes dos grupos em relação ao descritor analisado.

Tabela 5. Nível de entropia dos descritores qualitativos avaliados em acessos do banco de germoplasma de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas - BA. 2020.

Descritores qualitativos	Classes	Frequência Absoluta	Frequência percentual (%)	Nível de entropia (H)
Coloração da casca do fruto	3	46	41,4400	0,8597
	4	60	54,0500	
	5	4	3,6000	
	6	1	0,9000	
Formato da base do fruto	1	12	10,8100	0,1743*
	2	92	82,8800	
	3	7	6,3100	
Textura da casca	1	111	100,0000	0,0000*
Sulcos na superfície do fruto	1	89	80,1800	0,5345
	2	21	18,9200	
	3	1	0,9000	
Formato da cavidade central	1	1	0,9000	1,2469
	2	28	25,2300	
	3	47	42,3400	
	4	30	27,0300	
	5	5	4,5000	
Espessura da casca	1	111	100,0000	0,0000*
Aroma da polpa	1	96	86,4900	0,3960*
	2	15	13,5100	
Coloração da polpa	3	22	19,8200	1,0451
	4	38	34,2300	
	5	51	45,9500	
Consistência da polpa	1	23	20,7200	0,7518
	2	80	72,0700	
	3	8	7,2100	
Fibrose da polpa	1	111	100,0000	0,0000*
Tecido placentar	1	23	20,7200	0,6831
	2	83	74,7700	
Qualidade de mesa	2	21	18,9200	0,6837
Qualidade de mesa	2	21	18,9200	0,6837
	3	84	75,6800	
	4	6	5,4100	
Coloração da semente	2	5	4,5000	1,1614
	3	57	51,3500	
	4	36	32,4300	
	5	10	9,0100	
	6	3	2,7000	
	6	3	2,7000	
Brilho da superfície da semente	1	1	0,9000	0,7249
2	64	57,6600		
3	46	41,4400		
Formato da semente	2	111	100,0000	0,0000*
Quantidade de mucilagem da semente	1	6	5,4100	0,8390
	2	40	36,0400	
	3	65	58,5600	

*Descritores qualitativos descartados

Por outro lado, os outros dez descritores apresentaram maior nível de entropia, destacando-se três como os valores mais elevados: formato da cavidade

central (FCC) $H= 1,24$ em que a classe 3 foi predominante (frequência de 42,34% para formato angular); coloração da polpa (CP) $H= 1,04$ cuja classe 5 foi predominante (frequência de 45,95 para a cor alaranjada) e coloração da semente (CS) $H= 1,16$ onde prevaleceu a classe 3 (frequência de 51,35% para cor cinza). Estes descritores apresentaram maior número de classes (cinco classes), o que pode ter contribuído para o maior valor de entropia destes descritores, assim como este número de classes foi relacionado a uma considerada homogeneidade em meio às classes, sendo estas bem representativas. Dos 16 descritores qualitativos avaliados, que fazem parte da lista de descritores propostos para fruto de mamoeiro (DANTAS et al., 2000), dez são considerados importantes na discriminação da diversidade genética entre os acessos estudados.

Portanto, as análises (qualitativas e quantitativas) utilizadas se mostraram eficientes no sentido de indicar a diversidade genética existente entre os acessos em estudo. Neste sentido, foram evidenciados descritores importantes para qualidade do fruto (comprimento do fruto, diâmetro da cavidade central, peso do fruto, firmeza média de fruto, sólidos solúveis totais, coloração da polpa, formato da

cavidade central consistência da polpa e coloração da polpa) e com grandes contribuições para o melhoramento genético.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Quintal et al. (2012), que avaliaram a diversidade genética de uma coleção no Espírito Santo. Os resultados revelam a importância destes descritores para avaliação da diversidade genética, principalmente em bancos ativos de germoplasma de grande importância, em razão da demanda de tempo, além dos custos e mão-de-obra.

Conclusão

Existe ampla variabilidade genética nos 107 acessos de mamoeiro a partir dos descritores utilizados;

Os frutos de mamoeiro apresentaram características físico-químicas adequadas para o consumo;

Observaram-se consideráveis relações entre os descritores: AT e SST (0,008% e 12,76 °Brix), PF e DF ($r=0,89^{**}$), FMF= 2,10 kgf cm⁻², VC (77,85 gmL⁻¹), CP ($H= 1,16$) coloração da polpa alaranjada, FCC ($H= 1,24$) formato angular e CS ($H= 1,16$) cor cinza.

Referências

- AGUIAR, R. S. et al. Produção e qualidade de frutos híbridos de maracujazeiro amarelo no norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 130-137, 2015.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004, 480p.
- CRUZ, C.D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2016.
- DANTAS, J.L.L. et al. **Catálogo de germoplasma de mamão (*Carica papaya* L.)**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. 40p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura, Documentos, 94).
- DIAS, N.L.P.; OLIVEIRA, E.O.; DANTAS, J.L.L. Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agrônômicos e estimação de parâmetros genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1471-1479, 2011. ISSN 0100-204X.
- DURIGAN, J.F. Pós-colheita de frutas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. i, 2013.
- EMBRAPA. **Relatório Técnico Anual**. Plataforma Nacional de Recursos Genéticos. Centro de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura, p. 1-30, 2012.
- FABI, J. P.; PERONI, F. H. G.; GOMEZ, M. L. P. A. Papaya, mango and guava fruit metabolism during ripening: postharvest changes affecting tropical fruit nutritional content and quality. **Fresh Produce**, v. 1, p. 56-66, 2010.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAO Statistics Agriculture Database**. 2013.
- FERREIRA, J.P. et al. Correlações entre características morfoagronômicas de acessos de mamoeiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, p. 246, 2012.

- FERREIRA, D. F. SISVAR: a gude for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p.109-112, 2014
- FERREIRA, J.P. et al. Comparison of methods for classification of the coefficient of variation in papaya. **Revista Ceres**, v. 63, p. 138-144, 2016.
- GODOY, A.E. et al. Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões Golden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 682-691, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Produção Agrícola Municipal**, 2018. Acesso em: 20 mar. 2022.
- INTERNACIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. **Descriptor list for papaya**. Rome: IPGRI, 1988. 34p.
- LEDO, C. A. S. et al. Caracterização morfológica da coleção de espécies silvestres de *Manihot* (Euphorbiaceae – Magnoliophyta) da Embrapa Mandioca e Fruticultura. (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**) v. 53, 2011. 20p.
- MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 1981. 504p.
- NOGUEIRA, A.P. et al. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 877-888, 2012
- OLIVEIRA, E.J. et al. Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 855-862, 2010.
- PEGO, J.N.; AMBRÓSIO, M.; NASCIMENTO, D.S.; FACHI, L.R.; KRAUSE, W. Conservação pós-colheita de mamão ‘Sunrise Solo’ com revestimento comestível a base de fécula de mandioca. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 639, 2015.
- PINTO, F.O. et al. Metodologia dos modelos mistos para seleção combinada em progênieis segregante de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, p. 211-217, 2013.
- QUINTAL, S.S.R. et al. Genetic divergence among papaya accessions by morphoagronomic traits. **Semina**, v. 33, p. 131-14, 2012.
- RENYI, A. **On measures of entropy and information**. Fourth Berkeley Symposium, Berkley, 1960. p. 547-561, 1961
- SANTOS, J. L.V. et al. Determinação do ponto de colheita de diferentes cultivares de maracujá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 750-755, 2013.
- SAS INSTITUTE INC. SAS 9.1.3 (TS1M3) for windows Microsoft. Cary, NC, SAS INSTITUTE INC., 2007. 212p.
- SILVA, W. et al. Dimensionamento amostral para frutos de mamoeiro ‘Golden THB’ destinados ao mercado nacional e à exportação. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, p. 128-136, 2017.
- SOUZA, J.M.A.; ATAÍDE, E.M.; SILVA, M.S. Qualidade pós-colheita e correlação entre características físicas e químicas de frutos de mamoeiro comercializados em Serra Talhada - PE. **Magistra**, v. 26, p. 554-560, 2014.
- TREVISAN, M. J. et al. Aplicação de 1-metilciclopropeno associado ao etileno para minimizar seus efeitos na inibição do amadurecimento do mamão ‘golden’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 384-390, 2013.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of agricultural Research**, v. 20, p. 557-585, 1921.
- WRIGHT, S. The Theory of path coefficients a reply to nils's criticism. **Genetics**, v. 8, p. 239-255, 1923.