

Análise discriminante das características físicas e químicas de frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) do alto Rio Madeira, Rondônia, Brasil

Discriminant analysis of physical and chemical fruit traits of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) from the upper Madeira River, Rondônia, Brazil

Brainer William Cruz dos SANTOS¹; Fábio Medeiros FERREIRA²; Victor Ferreira de SOUZA^{3*}; Charles Roland CLEMENT⁴; Rodrigo Barros ROCHA⁵

¹ Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos

² Professor Adjunto III – UFAM/Itacoatiara

^{3*} Auor para correspondência, Pesquisador da Embrapa Rondônia.

⁴ Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

⁵ Pesquisador da Embrapa Rondônia. BR-364, km 5,5. Zona Rural, Porto Velho-RO, CEP.76815-800. Telefone (69) 3901 2531.

Recebido em: 06-05-2016; Aceito em: 03-11-2016

Resumo

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) é uma palmácea apreciada na alimentação pelo seu palmito e pelos seus frutos, que podem ser consumidos após cozimento ou utilizados como ingrediente culinário. O objetivo deste trabalho foi caracterizar as propriedades físicas e químicas dos frutos de pupunha visando a quantificar a variabilidade genética e a associação dos caracteres com a classificação tradicional estabelecida pela massa dos frutos [microcarpa (10 a 20 g), mesocarpa (20 a 70 g) e macrocarpa (>70 g)]. Para isso, foram realizadas análises da composição centesimal de oitenta e três matrizes (cachos) selecionadas visualmente nos mercados da região de Porto Velho - Rondônia. A caracterização física e química dos frutos foi realizada utilizando métodos analíticos padronizados, a variabilidade das características, interpretada pela significância dos efeitos da análise de variância, e sua associação interpretada utilizando análise de correlação e de componentes principais. Observou-se expressiva variabilidade das características físicas e químicas dos frutos, caracterizando-se como uma mistura de materiais de diferentes procedências. O teor de óleo apresentou coeficiente de correlação de -0,99 com o teor de carboidratos e de -0,75 com a porcentagem de polpa. Os dois primeiros componentes principais explicaram 79,2% da variação total dos dados, sendo que os caracteres físicos apresentaram os maiores pesos, indicando que a composição do mesocarpo está associada à massa do fruto. A análise discriminante de Anderson permitiu classificar os frutos a partir das características de seu mesocarpo, com uma taxa de erro aparente de 10,8%.

Palavras-chave adicionais: bromatologia; melhoramento de plantas; variabilidade genética.

Abstract

The peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth, Arecaceae) is appreciated for its heart-of-palm and its nutritious fruits, which are edible after cooking or used as a culinary ingredient. The objective of this study was to characterize the centesimal composition properties of peach palm fruits, to quantify the genetic variability and the relationships among physical and chemical traits related to the classification based on fruit weight [microcarpa (10 to 20 g), mesocarpa (20 to 70 g) and macrocarpa (>70 g)]. To this end, the dimensions and chemical composition of 83 fruit bunches selected in the markets of Porto Velho – Rondônia were evaluated. The relationships among traits were estimated with Pearson's correlation, and the relationships evaluated with principal component and discriminant analysis. Physical dimensions were positively correlated with carbohydrate content and negatively with dry matter, oil, fiber and protein contents. The two first principal components, which accounted for 79.2 % of the total variation, ordered bunches by fruit size and oil content. Discriminant analysis classified the bunches with an apparent error rate of 10.8%.

Additional keywords: bromatology; genetic variability; plant breeding.

Introdução

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) é uma palmácea conhecida no Brasil, principalmente pela produção de seu palmito. Seus frutos, amplamente conhecidos na região Amazônica, apresentam expres-

siva variabilidade de formato, tamanho, cor da casca (exocarpo), cor da polpa (mesocarpo), composição química, textura e sabor (Clement et al., 2009a). Tradicionalmente, os frutos são consumidos após cozimento, podendo também ser utilizados como ingrediente culinário, para extração de óleo vegetal ou como

ração para animais (Clement et al., 2009b; Kerr et al., 2012).

Uma revisão do gênero *Bactris* caracterizou populações silvestres com frutos muito pequenos da variedade *chichagui*, e populações cultivadas da variedade *gasipaes* (Henderson, 2000). A variedade *gasipaes* apresenta maior variabilidade no tamanho, na massa e na composição dos frutos, que podem ser classificados nas categorias microcarpa (frutos de 10 até 20 g), mesocarpa, (entre 20 e 70 g) e macrocarpa (maior que 70 g) (Clement et al., 2009a).

No estado de Rondônia, na década de 80, ocorreram introduções de sementes de pupunha de diferentes procedências, com destaque para as populações de Benjamin Constant (macrocarpa) e Yurimaguas (mesocarpa) (Locatelli & Ramalho, 2005). A alta variabilidade é importante para a conservação e seleção de plantas, mas não agrada os consumidores que desejam frutos com as melhores características para consumo *in natura* (Clement & Santos, 2002; Clement et al., 2004). Neste contexto, a caracterização dos acessos com bons atributos e o entendimento das relações entre as características físicas e químicas são fundamentais para agregar valor a este importante componente da alimentação (Carvalho et al., 2013; Mora-Urpí et al., 1997; Yuyama et al., 2003).

O conhecimento da associação entre os caracteres permite caracterizar frutos com características mais adequadas para o consumo, também subsidiando o desenvolvimento de variedade para a produção de frutos que reúna uma série de características favoráveis (Cruz et al., 2014). Clement et al. (1988) e Carvalho et al. (2013) avaliaram a associação entre componentes da composição centesimal da matéria seca. Cornelius et al. (2010) descreveram as relações entre caracteres de frutos e variáveis ambientais, tendo observado a tendência de os frutos de maior massa apresentarem também maior teor de amido (Clement & Santos, 2002).

A variabilidade das características físicas e químicas dos frutos da pupunha pode ser interpretada com a utilização de técnicas de análise multivariada que permitam sintetizar as informações contidas em múltiplas características. A técnica de componentes principais permite reduzir a dimensionalidade contida nas variáveis originais a partir das combinações lineares dos caracteres originais, representando o máximo da variação original (Cruz et al., 2014; Krualee et al., 2013). Este método também permite identificar os caracteres de maior importância para a diferenciação dos acessos. Neste trabalho, essa informação foi utilizada para a obtenção de funções discriminantes, visando a avaliar a variabilidade das características em relação à classificação original baseada na massa dos frutos. A análise discriminante de Anderson foi utilizada com sucesso para discriminar variedades de *Brachiaria spp.* (Assis, 2003), de pimentas do gênero *Capsicum spp.* (Sudré et al., 2006) e de soja (Nogueira et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as

propriedades físicas e químicas dos frutos de pupunha visando a quantificar a variabilidade genética e a associação dos caracteres com a classificação tradicional estabelecida pela massa dos frutos.

Material e métodos

No ano de 2012, foram realizadas coletas de 83 matrizes (cachos) de pupunheira, selecionadas nos mercados da região de Porto Velho, Rondônia. Os cachos foram selecionados a partir da avaliação visual de frutos com tamanho médio e alto teor de óleo, estimado pelo tato (Clement et al., 2004). Considerando que neste período foram avaliados aproximadamente 1.200 cachos, a seleção de 83 matrizes para caracterização bromatológica corresponde a uma intensidade de seleção de 6,91%. Por se tratar de uma palmeira nativa, as referidas atividades de pesquisa foram realizadas mediante a autorização de acesso para fins de pesquisa científica, número 02001.003363/2011-83.

A caracterização física e química dos frutos foi realizada conforme os métodos analíticos da AOAC (1992). Foram utilizadas 40 a 50 frutos de cada cacho para determinar os seguintes caracteres: comprimento, diâmetro (mm) e massa fresca dos frutos (g); massa das sementes (g); espessura da polpa (mm); porcentagem de polpa; e matéria seca (%). Após secagem, amostras de polpa, retiradas ao acaso, foram trituradas para a determinação da composição do material seco. Os caracteres químicos avaliados foram os teores de óleo, de fibras, de proteínas, de cinzas e de carboidratos.

Foram estimados a média e o desvio-padrão dos caracteres avaliados e determinada a proporção de frutos nas categorias microcarpa (< 20g), mesocarpa (20 a 70g) e macrocarpa (> 70g). O grau de associação entre os caracteres foi quantificado de acordo com as estimativas de correlação de Pearson. Para verificar a existência de variabilidade genética entre os grupos microcarpa, mesocarpa e macrocarpa, foi realizada uma análise de variância com diferentes números de repetições por tratamento. Por não se tratar de populações naturais, o efeito de tratamento foi considerado como fixo, analisado conforme o modelo (Cruz et al., 2014):

$$Y_{ij} = u + G_i + e_{ij} \quad (1)$$

em que:

Y_{ij} = observação no i -ésimo grupo e j -ésima repetição; u = média geral; G_i = efeito do i -ésimo grupo (microcarpa, mesocarpa e macrocarpa); e_{ij} = erro aleatório que incide no i -ésimo grupo e na j -ésima repetição. Para testar a hipótese de igualdade entre as médias de grupos, foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A variabilidade dos materiais genéticos foi interpretada utilizando a técnica de componentes principais, para estimar um número reduzido de

variáveis abstratas e independentes, visando a representar em ordem de estimação o máximo da variação total contida nas variáveis originais (Cruz et al., 2014).

Para relacionar os caracteres físicos e químicos com a classificação original estabelecida pela massa dos frutos, utilizou-se da análise discriminante de Anderson (1958):

$$D_i(\bar{X}) = \ln(p_i) + (\bar{X} - \frac{1}{2}u_i) \sum^{-1}u_i \quad (2)$$

em que: $D_i(\bar{X})$ = escore de classificação da i -ésima população; \sum^{-1} = inversa da matriz de covariâncias;

\bar{X} = vetor de observações dos grupos em análise; u_i = vetor de médias; p_i = probabilidade *a priori* de um acesso pertencer a determinado grupo. O acesso foi classificado para o grupo em que ele apresenta o maior escore de classificação, estimado de acordo com a expressão:

$$D_i(\bar{X}) = \max [D_{1\bar{x}}, D_{2\bar{x}}, D_{3\bar{x}} \dots D_{12\bar{x}}] \quad (3)$$

A eficiência da análise discriminante foi estimada pela taxa de erro aparente, obtida da seguinte forma:

$$TEA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n m_i \quad (4)$$

em que: m_i = número de observações classificadas erradas; N = número total de classificações. As análises foram executadas utilizando o programa SELEGEN (Resende & Oliveira, 1997) e o programa Genes (Cruz, 2006).

Resultados e discussão

Observou-se grande variabilidade nas características físicas e químicas dos frutos de pupunha comercializados nos mercados do norte de Rondônia (Tabela 1). Todas as características, exceto o teor de cinzas, apresentaram diferenças significativas entre os grupos microcarpa, mesocarpa e macrocarpa, de acordo com o teste F, a 1% de probabilidade. Em relação à distribuição dos acessos, observou-se predominância do grupo microcarpa (52%), seguido de mesocarpa (39%) e macrocarpa (10%). A média geral da massa dos frutos foi de 28,2 g, e o desvio-padrão indicou alta dispersão em torno da média (Tabela 1).

Tabela 1. Medidas de posição e dispersão de caracteres físicos e químicos de 83 acessos de pupunheiras (*Bactris gasipaes*) selecionadas no mercado de Porto Velho, Rondônia, distribuídos nos grupos microcarpa, mesocarpa e macrocarpa. *Mean and standard deviations of physical and chemical fruit traits of 83 bunches of peach palm (Bactris gasipaes) selected in the markets of Porto Velho, Rondônia, distributed in the fruit-size classes microcarpa, mesocarpa and macrocarpa.*

Características	F	Média ± Desvio-padrão			
		Microcarpa	Mesocarpa	Macrocarpa	Geral
Número de amostras		43	32	8	83
Comprimento do fruto (mm)	219,56**	28,5 ± 4,6 ^a	41,7 ± 7,2 ^b	54,1 ± 3,7 ^c	36,1 ± 10,3
Diâmetro do fruto (mm)	422,54**	25,8 ± 3,5 ^a	38,4 ± 5,1 ^b	52,9 ± 5,1 ^c	33,3 ± 9,9
Espessura da polpa (mm)	330,98**	5,9 ± 1,4 ^a	10,6 ± 2,3 ^b	15,9 ± 1,5 ^c	8,7 ± 3,7
Massa do fruto (g)	532,79**	11,0 ± 4,6 ^a	36,7 ± 14,7 ^b	86,3 ± 16,4 ^c	28,2 ± 25,0
Massa da semente (g)	106,12**	2,0 ± 0,5 ^a	3,26 ± 1,1 ^b	4,8 ± 1,5 ^c	2,8 ± 1,2
Polpa (%)	121,04**	79,6 ± 5,3 ^a	90,2 ± 3,8 ^b	94,5 ± 1,2 ^b	85,1 ± 7,5
Matéria seca (%)	45,50**	57,9 ± 7,6 ^a	53,0 ± 6,1 ^{ab}	44,0 ± 5,7 ^b	54,7 ± 8,0
Óleo (%) ¹	54,97**	39,1 ± 15,0 ^a	23,4 ± 11,4 ^b	9,6 ± 2,8 ^c	30,2 ± 16,3
Fibras (%) ¹	46,60**	4,8 ± 1,4 ^a	3,1 ± 0,7 ^b	2,7 ± 0,4 ^b	4,0 ± 1,4
Cinzas (%) ¹	2,11 ^{NS}	1,5 ± 0,5 ^a	1,5 ± 0,5 ^a	1,7 ± 0,3 ^a	1,5 ± 0,5
Proteínas (%) ¹	18,97**	6,7 ± 1,4 ^a	5,5 ± 1,0 ^b	5,1 ± 0,7 ^b	6,1 ± 1,4
Outros carboidratos (%) ¹	61,32**	47,9 ± 16,0 ^a	66,5 ± 12,1 ^b	80,9 ± 3,6 ^b	58,2 ± 17,8
Frequência (%)	-	51,8	38,6	9,6	100

¹: Teores estimados a partir da matéria seca; F: teste F da ANOVA que testa a hipótese de igualdade entre as médias dos grupos microcarpa, mesocarpa e macrocarpa, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{NS}: não significativo. ^{a,b,c}: Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. 1: *Estimated dry matter contents*; F: ANOVA F-test that tests the hypothesis of equality of means of the fruit-size groups microcarpa, mesocarpa and macrocarpa, **: significant at 1% probability, NS: not significant. Means followed by the same letter do not differ by the Tukey test at 5% probability.

Os valores médios da massa dos frutos observados por Clement et al. (1998) e por Cornelius et al. (2010) em populações de pupunha, ao longo do Rio Solimões, no estado do Amazonas e da Amazônia Peruana, foram maiores que a média observada neste estudo. Segundo esses autores, nas populações do Rio Solimões, predominam os grupos macrocarpa e mesocarpa e, nas populações da Amazônia Peruana, predominam populações mesocarpas. Para o presente estudo, a amplitude de 109,6 g, estimada pela diferença entre a maior e a menor massa de frutos ($MF_{\min}=3,8$ g, $MF_{\max}=113,4$ g), indica expressiva variabilidade genética entre as matrizes avaliadas. Em avaliação de frutos de matrizes provenientes do município de Tomé-Açu, no Pará, Carvalho et al. (2013) observaram uma amplitude de apenas 23 g, com a avaliação de frutos com massa de 16 a 39 g.

Introduções de sementes de pupunha das populações de Benjamin Constant (macrocarpa) e Yurimaguas (mesocarpa), da década de 1980, contribuíram para uma mistura da pupunheira silvestre (var. *chichagui*) e da pupunheira cultivada de Rondônia, relacionada com a raça Pará (microcarpa) da Amazônia Central e Oriental (Clement et al., 2010; Locatelli & Ramalho, 2005).

A média do teor de óleo foi de 30,2%, com amplitude de 4 a 65,4%. Esta expressiva variabilidade deve-se à mistura de frutos de diferentes procedências encontradas na região. No estado do Amazonas, as populações macrocarpas e mesocarpas avaliadas por Clement et al. (1998) apresentaram até 21% no teor de óleo, enquanto no estado do Pará frutos microcarpas, caracterizados por Carvalho et al. (2013), apresentaram até 40,83%. Arkcoll & Aguiar (1984) relataram frutos microcarpa com teor de óleo de 61,7%.

O teor médio de proteínas foi de 6,01%, com amplitude de 4,0 a 8,8%. Yuyama et al. (2003) observaram uma variação semelhante no teor de proteínas, tendo observado frutos com amplitude de 3,83 a 5,35%, que também se assemelha à variação encontrada por Carvalho et al. (2013), de 4,20 a 6,79%. O fruto da pupunha apresenta baixos teores de proteínas, não sendo considerado como uma boa fonte de proteínas na alimentação, associados a maior teor de amido ou de óleo, dependendo da composição de seu mesocarpo (Leterme et al., 2005; Badolato & Vannuchi, 2003). Considerando a preferência dos consumidores por frutos com teor de óleo entre moderado a alto, alguns frutos avaliados neste estudo possuem atributos favoráveis para o desenvolvimento de uma variedade (Clement & Santos, 2002).

A maior parte das estimativas dos coeficientes de correlação foram diferentes de zero, de acordo com o teste t, a 1 e 5% de probabilidade, indicando associação entre os componentes físicos e químicos dos frutos (Tabela 2). A relação entre os componentes físicos e químicos dos frutos deve-se principalmente à expressão diferenciada das rotas metabólicas de produção de amido e óleo, que, juntos, correspondem a aproximadamente 90% da composição centesimal

dos frutos (Carvalho et al., 2013).

Observou-se que a massa dos frutos esteve negativamente associada aos teores de matéria seca e fibras. Em geral, frutos de tamanho médio apresentaram características mais adequadas para a mesa, com teores medianos de fibras e de óleo. Quanto à composição da matéria seca, os teores de óleo e de carboidratos apresentaram correlação de magnitude muito elevada ($r = -0,99$). Associando este resultado à correlação negativa observada entre o teor de óleo e a porcentagem de polpa ($r = -0,75$), este estudo corrobora os resultados obtidos por Clement et al. (1988), de que frutos microcarpa apresentam frutos menores e com maior teor de óleo.

A técnica de componentes principais foi utilizada para reduzir a dimensionalidade contida nas características físicas e químicas avaliadas em apenas dois eixos, sendo que a importância relativa de um componente principal é avaliada de acordo com a proporção da variação total explicada por esse componente. Os dois primeiros componentes da análise representaram 79,2% da variação total contida nas características avaliadas, proporção essa considerada adequada para análise segundo Cruz et al. (2014). Uma proporção menor da variação total (59,2%) foi observada por Iriarte-Martel et al. (2003) ao quantificar a variabilidade genética de 15 descritores morfológicos associados a três procedências: Pará (microcarpa), Solimões (mesocarpa) e Putumayo (macrocarpa).

No primeiro componente, as características físicas apresentaram maiores pesos negativos em sua constituição, de forma que os frutos localizados à esquerda do eixo x são de maior tamanho, com maior espessura de polpa, sementes mais pesadas e maior porcentagem de polpa (Tabela 3). Essencialmente, este componente explicou a variação entre as categorias microcarpa, mesocarpa e macrocarpa.

Também no primeiro componente principal, os pesos associados às características teor de óleo, de fibras e de proteínas foram positivos, enquanto o teor de carboidrato apresentou peso negativo. Isto indica que os acessos localizados à direita do eixo x apresentam frutos de menor massa e maiores teores de óleo e matéria seca e proteínas (Figura 1). De maneira geral, observa-se que frutos de menor massa são mais oleosos, e frutos de maior massa são mais amiláceos.

Os frutos microcarpa caracterizaram-se pelo maior teor de óleo e de matéria seca e menor relação polpa-semente. Esses resultados concordam com a descrição apresentada por Clement et al. (2010), que sugerem que os frutos microcarpa estejam relacionadas com as procedências mais antigas dessa palmácea. Por sua vez, o teor de matéria seca apresentou o maior peso no segundo componente principal. Essa característica é importante, pois os frutos aguados e muito fibrosos são menos adequados para o consumo *in natura*. Tendo em vista a tendência de que frutos mais oleosos apresentaram também maior teor de matéria seca, os frutos mais apropriados para a mesa são aqueles que apresentam teores médios de óleo e de matéria seca.

Tabela 2 - Estimativas de correlações fenotípicas (Pearson) entre características físicas e químicas de frutos de 83 matrizes de pupunheira (*Bactris gasipaes*) oriundos do mercado de Porto Velho, Rondônia. *Estimates of phenotypic Pearson correlations between pairs of physical and chemical fruit traits of 83 peach palm (*Bactris gasipaes*) bunches from the markets of Porto Velho, Rondônia.*

Caráter	CF	DF	ESP	MF	SEM	POLP	MS	OL	FIB	CIN	PROT
DF	0,94**										
ESP	0,97**	0,96**									
MF	0,93**	0,97**	0,95**								
SEM	0,76**	0,80**	0,70**	0,82**							
POLP	0,86**	0,84**	0,90**	0,77**	0,51**						
MS	-0,55**	-0,51**	-0,52**	-0,51**	-0,44**	-0,49**					
OL	-0,71**	-0,67**	-0,71**	-0,64**	-0,46**	-0,75**	0,63**				
FIB	-0,61**	-0,67**	-0,66**	-0,59**	-0,44**	-0,70**	0,07 ^{ns}	0,56**			
CIN	0,09 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,63**	-0,13 ^{ns}	0,35**		
PROT	-0,46**	-0,50**	-0,50**	-0,43**	-0,29**	-0,59**	0,06 ^{ns}	0,50**	0,67**	0,21 ^{ns}	
HC	0,73**	0,70**	0,74**	0,66**	0,47**	0,78**	-0,57**	-0,99**	-0,65**	0,05 ^{ns}	-0,60**

**P < 0,01 pelo teste t; ^{ns} Correlação não significativa; CF: comprimento do fruto; DF: diâmetro do fruto; ESP: espessura da polpa; MF: massa fresca do fruto; SEM: massa da semente; POLP: porcentagem de polpa; MS: matéria seca da polpa; OL: teor de óleo da polpa; FIB: teor de fibra da polpa; CIN: teor de cinza da polpa; PROT: teor de proteína da polpa e HC: teor de carboidrato da polpa. **P < 0.01 by the t test; ^{ns} Not significant; FL: fruit length; FD: fruit diameter; PTH: pulp thickness; FM: fruit fresh matter; SW: seed weight; PULP: pulp; DM: dry matter; OIL: pulp oil content; FIB: pulp fiber content; ASH: pulp ash content; PROT: pulp protein content, and CH: pulp carbohydrate content.

Tabela 3. Análise de componentes principais da matriz de correlação entre os caracteres físicos e químicos de 83 matrizes de pupunha (*Bactris gasipaes*) coletadas no mercado de Porto Velho, Rondônia. *Principal component analysis of the correlation matrix between the physical and chemical fruit traits of 83 peach palm (*Bactris gasipaes*) bunches selected in the markets of Porto Velho, Rondônia.*

Componentes da variância	Componentes principais	
	1	2
Autovalor	7,64	1,87
Varição (%)	63,66	15,55
Caracteres	Cargas totais	
Comprimento do fruto	-0,34	0,05
Diâmetro do fruto	-0,35	0,00
Espessura da polpa	-0,35	0,01
Massa do fruto	-0,33	0,05
Massa da semente	-0,27	0,08
Polpa (%)	-0,33	-0,06
Matéria seca	0,21	-0,52
Óleo	0,30	-0,07
Fibra	0,26	0,40
Cinza	-0,03	0,65
Proteína	0,22	0,36
Outros carboidratos	-0,31	-0,02

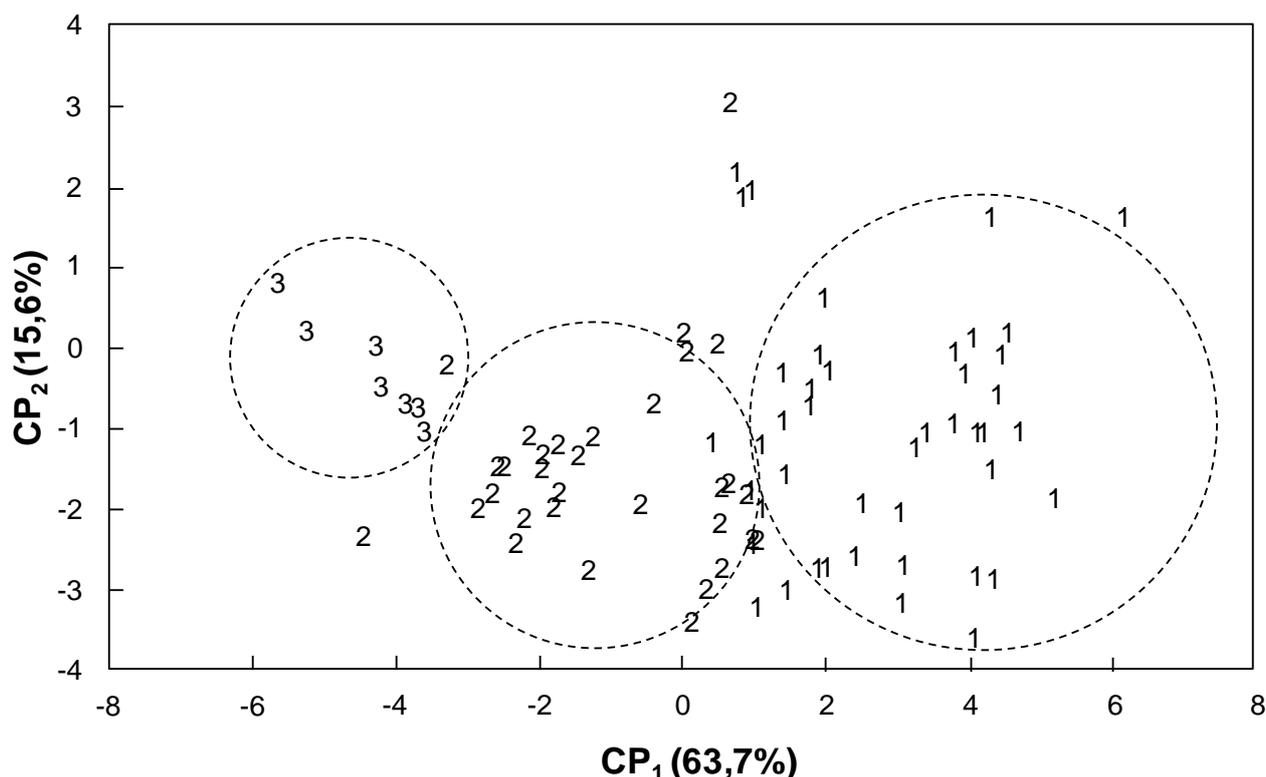


Figura 1 - Dispersão das 83 matrizes de pupunha (*Bactris gasipaes*) no espaço multivariado definido pelos dois primeiros componentes principais de doze características físico-químicas, sendo que: 1-microcarpa, 2-mesocarpa e 3-macrocarpa. Scatter plot of 83 peach palm (*Bactris gasipaes*) bunches in the multivariate space defined by the first two principal components of 12 physical and chemical fruit traits. 1 - microcarpa, 2 - mesocarpa and 3 - macrocarpa.

Visando a associar as características físicas e químicas dos frutos aos grupos microcarpa, mesocarpa e macrocarpa, foram desenvolvidas funções discriminantes baseado na composição do mesocarpo dos frutos. Por ser estimado através da diferença em relação aos outros teores, o teor de amido foi descartado desta análise de correlação para reduzir a multicolinearidade entre as características a um baixo grau

de severidade. A função discriminante foi obtida a partir da combinação linear de seis características de maior peso no primeiro componente principal e que não apresentam forte multicolinearidade. Assim, as características utilizadas para classificação foram a massa do fruto, a porcentagem de polpa, a matéria seca e os teores de óleo, fibras e de proteínas (Tabela 4).

Tabela 4 - Taxa de erro aparente da classificação de frutos de pupunheira provenientes dos mercados do município de Porto Velho, de acordo com a classificação baseada na massa do fruto [microcarpa (10 a 20 g), mesocarpa (20 a 70 g) e macrocarpa (>70 g)], utilizando a análise discriminante de Anderson, baseado na avaliação da composição do mesocarpo. Classification apparent error rate of *B. gasipaes* fruits from Porto Velho markets using Anderson's discriminant analysis.

Categorias	Classificação (%)			Total de observações
	Microcarpa	Mesocarpa	Macrocarpa	
Microcarpa	88,4	11,6	0,0	43
Mesocarpa	6,3	93,7	0,0	32
Macrocarpa	0,0	25,0	75,0	8
Taxa de erro aparente (%)				10,8

Todas as regras e critérios de classificação estão associados a uma taxa de erro, uma vez que a diferença entre indivíduos e procedências pode não existir, ou ser pequena demais, para permitir sua discriminação. A análise discriminante permitiu classificar

os frutos com uma taxa de erro aparente de 10,8%, tendo classificado corretamente 88,4% dos frutos microcarpa, 93,7% dos frutos mesocarpa e 75% dos frutos macrocarpa, a partir da composição de seu mesocarpo.

Conclusões

Os frutos das pupunheiras dos mercados de Porto Velho apresentam alta variabilidade genética, sendo formados por uma mistura de materiais de diferentes procedências, incluindo Benjamin Constant e Yurimaguas. O tamanho dos frutos, a porcentagem de polpa e os teores de óleo e de amido da matéria seca foram as características de maior importância na variação entre os grupos microcarpa, mesocarpa e macrocarpa. A utilização de técnicas multivariadas permitiu associar a composição do mesocarpo à massa dos frutos, assim como desenvolver um método eficiente para a classificação dos acessos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo de mestrado.

Referências

- Anderson TW (1958) An introduction to multivariate statistical analysis. New York: John Wiley & Sons. 242 p.
- AOAC (1992) Handbook of Chemical Analysis, 12. ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists. 1.115p.
- Arkcoll DB, Aguiar JPL (1984) Peach palm (*Bactris gasipaes* H. B. K.) a new source of vegetable oil from the wet tropics. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35:520–526.
- Assis GML, Euclides RF, Cruz CD, Valle CB (2003). Discriminação de espécies de *Brachiaria* baseada em diferentes grupos de caracteres morfológicos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32(3):576-584.
- Badolato ESG, Vannuchi H (2003) Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central Amazonia, Brazil. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 54 (1):49-56.
- Carvalho AV, Beckman JC, Maciel RA, Farias Neto JT (2013) Características físicas e químicas de frutos de pupunheira no estado do Pará. *Revista Brasileira de Fruticultura* 35(3):763-768.
- Clement CR, Aguiar JPL, Arkcoll DB (1998) Composição química do mesocarpo e do óleo de três populações de pupunha (*Bactris gasipaes*) do Rio Solimões, Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 20(1):115-118.
- Clement CR, Aguiar JPL, Gomes JBM (1988) Variação centesimal na progênie 318P (*Bactris gasipaes* H. B. K.) *Acta Amazônica* 18(3):317-321.
- Clement CR, Cristo-Araújo M, D'eeckenbrugge GC, Pereira AA, Rodrigues DP (2010) Origin and domestication of native amazonian crops. *Diversity* 2:72-106.
- Clement CR, Kalil Filho NA, Modolo VA, Yuyama K, Rodrigues DP, Van Leeuwen J.; Farias Neto JT, Cristo-Araujo M, Flores WBC (2009a) Domesticação e melhoramento de pupunha. In: Borém A, Lopes MTG, Clement CR (Ed.) Domesticação e melhoramento: Espécies amazônicas. Viçosa: UFV, p. 363-394.
- Clement CR, Santos RP, Desmouliere SJM, Ferreira E JL, Farias Neto JT (2009b) Ecological adaptation of wild peach palm, its *in situ* conservation and deforestation-mediated extinction in southern Brazilian Amazonia. *PLoS One* 4(2):45-64. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0004564>.
- Clement CR, Santos LA (2002) Pupunha no mercado de Manaus: preferências de consumidores e suas implicações. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24(3):778-779.
- Clement CR, Weber JC, Van Leeuwen J, Domian CA, Cole DM, Lopez LAA, Arguello H (2004) Why extensive research and development did not promote use of peach palm fruit in Latin America. *Agroforestry Systems* 61:195-206.
- Cornelius JP, Weber JC, Sotelo-Montes C, Ugarte-Guerra LJ (2010) Phenotypic correlations and site effects in a Peruvian landrace of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth). *Euphytica* 173:173-183.
- Cruz CD, Carneiro PCS, Regazzi AJ (2014) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. v. 2, 3. ed. Viçosa-MG, Ed. UFV. 668p.
- Cruz CD (2006) Programa Genes: Biometria. Viçosa-MG, Ed. UFV. 382p.
- Henderson A (2000) *Bactris* (Palmae). *Flora Neotropica Monograph* 79. 181p.
- Iriarte-Martel JH, Ferraudo AS, Moro JR, Perecin D (2003) Estatística multivariada na discriminação de raças amazônicas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) em Manaus (Brasil). *Revista Brasileira de Fruticultura* 25(1):115-118.
- Kerr LS, Clement RNS, Clement CR, Kerr WE (2012) Cozinhando com a Pupunha. INPA, Manaus. 94p.
- Leterme P, Garcia MF, Londono AM, Rojas MG, Buldgen A, Wolfgang-Bernhard S (2005) Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85:1.505-1.512.

- Krualee S, Sdoode E, Eksomtramage T, Sereprasert V (2013) Correlation and path analysis of palm (*Elaeis guineenses* Jacq.). Kasetsart Journal (Natural Science) 47:528-533.
- Locatelli M, Ramalho AR (2005) Sinopse da situação da cultura da pupunha palmiteira no estado de Rondônia, Brasil. Reunião Probio: Pupunha - raças primitivas e parentes silvestres, Manaus.
- Mora-Urpí J, Weber JC, Clement CR Peach palm, *Bactris gasipaes* Kunth (1997) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 20. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 83p.
- Nogueira APO, Sedyama T, Cruz CD, Reis MS, Pereira DG, Jangarelli M (2008) Novas características para diferenciação de cultivares de soja pela análise discriminante. Ciência Rural, Santa Maria 38(9):2427-2433.
- Resende MD, Oliveira EB (1997) Sistema Selegen – Seleção genética computadorizada para o melhoramento de espécies perenes. Pesquisa Agropecuária Brasileira 32(9):931-939.
- Sudré CP, Cruz CD, Rodrigues R, Riva EM, Amaral Júnior AT, Silva DJH, Pereira TNS (2006) Variáveis multicatóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. Horticultura Brasileira 24(1):88-93.
- Yuyama LKO, Aguiar JPL, Yuyama K, Uyama LKO, Aguiar JPL, Yuyama K, Clement CR, Macedo SHM, Fávaro DIT, Afonso C, Vasconcellos MBA, Pimentel AS, Badolato ESG, Vannucchi H (2003) Chemical composition of the fruit mesocarpo of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in Central Amazonia, Brazil. International Journal of Food Sciences and Nutrition 54(1):49-56.