



Ciências Agrárias

Repetibilidade e dissimilaridade genética em características biométricas de frutos e sementes de *Butia eriospatha* (Mart. ex Drude) Becc

Fernanda Jungbluth¹, Paulo Cesar Flôres Junior², Jaçanan Eloisa de Freitas Milani³, Angela Cristina Ikeda⁴, Marcio Dias Pereira⁵, Glauciana da Mata Ataíde⁶, Andressa Vasconcelos Flores⁷

Resumo

Butia eriospatha figura entre as espécies que possui uma grande importância alimentar, medicinal, sócio-cultural e econômica. Ações antrópicas, com a degradação de seus ambientes naturais, à introdução de espécies exóticas e à presença do gado em sua área de ocorrência, são fatores que elevaram a espécie ao status de ameaçada de extinção. Portanto, há a necessidade de que seja realizado o processo de seleção de matrizes para o uso sustentável e conservação genética da espécie. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar o coeficiente de repetibilidade de dez características de frutos e sementes, e assim determinar o número mínimo de medições para um eficiente processo de seleção e avaliação de *B. eriospatha*, bem como, analisar a dissimilaridade genética entre 13 matrizes. Para as características de frutos e sementes, de 13 matrizes, observaram-se coeficientes de repetibilidade de alta magnitude, indicando que a avaliação de 16 frutos é suficiente pelo método de componentes principais com base na matriz de covariâncias. De acordo com as características físicas de frutos foi possível verificar a formação de três grupos com o uso da análise de dissimilaridade genética através da distância de Mahalanobis, evidenciando uma base genética restrita das matrizes estudadas.

Palavras-Chave: butiá, conservação, componentes principais, número mínimo de medições

Repeatability and genetic dissimilarity in biometric characteristics of fruit and seeds of *Butia eriospatha* (Mart. ex Drude) Becc. *Butia eriospatha* has great importance for food, medical, socio-cultural and economic aspects. But due to human activities, the degradation of its natural environments, the introduction of exotic species and the cattle presence in its range, the species is threatened of extinction. Therefore, it is important to perform the process of selection of matrices for the sustainable use and genetic conservation of the species. The first step in this process is to determine the extension to which species characteristics recur in future generations. When performing the analysis of repeatability of the characteristics, it is possible to minimize the time and

¹ - Engenheira Florestal, Depto Agricultura, Biodiversidade e Florestas, UFSC, Campus Curitibanos, fernandajugbluth32@yahoo.com.br

² Professor Adjunto, Instituto de Ciências Agrárias, ICA, UFRA, Campus Belém, paulo.flores@ufra.edu.br

³ Professora Adjunta, Depto Engenharia Florestal, FENF UFMT, jaçanan.milani@gmail.com

⁴ Doutora Genética, Depto Ciências Florestais, DECIF, UFPR, aikeda@ufpr.br

⁵ Professor Associado, UAECA UFRN, Campus Macaíba, marcioagron@yahoo.com.br

⁶ Profa Associada, DEF/ UFJS, glauciana@ufsj.edu.br

⁷ - Profa Associada, Depto Agricultura, Biodiversidade e Florestas, DABF, UFSC, Campus Curitibanos, andressa.flores@ufsc.br



hand of work needed. Given the above, the objective of this study was to determine the coefficient of repeatability of ten characteristics of fruits and seeds, and thus determine the minimum number of measurements to an efficient process of selection and evaluation of *B. eriospatha* and analyze the genetic dissimilarity among 13 matrices. For these characteristics of 13 matrices, there were high magnitude coefficients of repeatability, indicating that the evaluation of 16 fruits is sufficient by the method of main components based on the covariance matrix. According to the physical characteristics of fruits it was possible observe the formation of three groups by Mahalanobis distance.

Keywords: butiá, conservation, main components, minimum number of measurements

1. Introdução

O gênero *Butia* (Arecaceae), compreende 18 espécies que estão distribuídas exclusivamente no sul da América do Sul com populações no Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina (NOBLICK, 2010). *Butia eriospatha* (Mart. ex Drude) Becc. popularmente conhecido como butiá da serra, espécie nativa da Mata Atlântica, ocupa áreas de Floresta Ombrófila Mista e Formações Campestres (STEHMANN et al., 2009), no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (REITZ, 1974).

B. eriospatha considerado criticamente ameaçado pelo Ministério do Meio Ambiente no Brasil (MMA, 2014) e é listada como vulnerável na Lista Vermelha da IUCN (NOBLICK, 1998). Apresenta alto risco de extirpação local devido a restrições demográficas causadas por predação de gado e venda ilegal de indivíduos adultos como plantas ornamentais (NAZARENO e REIS, 2012; NAZARENO et al., 2014). Além dos problemas antrópicos, a espécie tem muitas dificuldades no que tange os aspectos do processo reprodutivo (CARPENTER, 1988), como: alto índice de predação de frutos e sementes, dormência das sementes, baixa produção de sementes viáveis, além do longo período de germinação (que pode ocorrer entre três meses até dois anos após a dispersão).

Neste contexto de vulnerabilidade ambiental e dificuldades reprodutivas,

estudos genéticos que subsidiem ações para sua exploração racional, tornam-se importantes estratégias para sua conservação, com vistas a capturar alelos importantes para formação de banco de germoplasma representativo da variabilidade genética. Contudo, para que seja possível iniciar um programa de melhoramento por meio da seleção de plantas superiores, tendo em vista a escolha de genitores com características de interesse para recombinação, é necessário que se tenha certeza da superioridade genética dos indivíduos. Diante disso, considerando os fatores que contribuem para o sucesso de um programa de melhoramento e conservação genética, conhecer o número de medições (frutos e sementes) para cada material genético a ser coletado é importante (MANFIO et al., 2011).

A biometria dos frutos constitui um instrumento importante para detectar a variabilidade genética dentro de populações de uma mesma espécie, tal como a repetibilidade, que pode ser enunciada como sendo a correlação entre as medidas de determinado caráter em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas no tempo ou espaço (CRUZ et al., 2012). Essa metodologia tem sido utilizada em diversas espécies, como *Spondias mombin* (cajá-mirim) (SILVA et al., 2015), *Citrus sinensis* (laranjeira-doce) (NEGREIROS et al., 2008), *Acrocomia*



aculeata (macaúba) (MANFIO, et al., 2011) *Psidium cattleianum* (araçazeiro) e *Eugenia uniflora* (pitangueira) (DANNER et al., 2010), dentre outras, bem como as relações entre a variabilidade e os fatores ambientais, importantes para os programas de melhoramento genético.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar o coeficiente de repetibilidade de dez características de frutos e sementes, e assim determinar o número mínimo de medições para um eficiente processo de seleção e avaliação de *B. eriospatha*, bem como realizar a análise de dissimilaridade genética entre 13 matrizes.

2. Material e Métodos

A coleta dos frutos foi realizada no município de Curitiba, o clima da região caracteriza-se por temperatura média anual de 17°C, variando de 18,1°C a 22°C. A temperatura média do mês mais frio é menor ou igual a 13°C, e a do mês mais quente, superior a 22°C; as precipitações médias anuais variam entre 1.600 e 1.900 mm.ano⁻¹. O clima é classificado por Köppen-Geiger como subtropical úmido (Cfb), com influência oceânica na estação seca e verão temperado (ALVARES et al., 2013). Foi selecionada uma área com alta densidade de indivíduos da espécie *B. eriospatha*. Nela foram escolhidas 13 matrizes, distanciadas pelo menos 100 m entre si. Foram coletados 20 frutos maduros de cada matriz, nos meses de abril e maio de 2015, de acordo com o estágio de maturação dos frutos, de acordo com sua coloração.

Os frutos foram analisados no laboratório de Química Analítica da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Curitiba, onde foram mensuradas as seguintes características do fruto: PF (peso); VF (volume); DL (diâmetro longitudinal); DL (diâmetro

equatorial); NS (número de sementes); AT (acidez titulável); BRX (grau BRX). Da semente foram mensurados: DLS (diâmetro longitudinal); DES (diâmetro equatorial) e VS (volume).

Para obtenção do peso do fruto (PF) (g), cada fruto foi pesado em balança analítica com 0,01 g de precisão. O volume do fruto (VF) (mL) foi obtido com a introdução de cada fruto em uma proveta volumétrica contendo 90 mL de água (volume inicial), após a introdução do fruto obteve-se um novo volume (volume final), por meio da diferença destes dois volumes foi determinado o volume do fruto (mL). O diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro equatorial (DE) (mm) foram obtidos com auxílio de um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm. O NS foi contado manualmente após a quebra das amêndoas. A acidez titulável (AT) foi expressa em gramas de ácido málico por 100 g de polpa, e o BRX, obtido através do refratômetro, de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (2005). As medições das sementes seguiram a metodologia aplicada aos frutos.

2.1 Determinação do coeficiente de repetibilidade

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram realizadas por meio dos seguintes métodos: análise de variância fator único (ANOVA); componentes principais com base na matriz de correlações (CPC) e de covariâncias (CPCV); e análise estrutural (AE) com base na matriz de covariância.

No método de análise de variância o coeficiente de repetibilidade é estimado por meio dos resultados da mesma, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \epsilon_{ij}$$

Em que:



Y_{ij} : observação referente ao i -ésimo indivíduo na j -ésima medição;

μ : média geral;

g_i : efeito aleatório da i -ésimo genótipo sob a influência do ambiente permanente ($i=1,2,\dots,13$ indivíduos);

a_j : efeito fixo do ambiente temporário da j -ésima medição ($j=1,2,\dots, n$);

ε_{ij} : erro experimental estabelecido pelos efeitos temporários do ambiente na j -ésima medição do i -ésimo genótipo.

Segundo Cruz (2006), o método dos componentes principais tem com base na matriz de correlações, onde o estimador da repetibilidade é obtido com base na pressuposição de que o coeficiente de repetibilidade seja dado pela correlação entre cada par de medições avaliadas nos diferentes genótipos. Método de componentes principais com base na matriz de covariância pode ser aplicado na matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas. Já o método de análise estrutural baseado na matriz de covariâncias é utilizado o autovetor paramétrico e a matriz de covariâncias.

O coeficiente de repetibilidade mede a maior ou menor capacidade das plantas de repetir a expressão fenotípica de uma determinada característica, e é obtido pela seguinte expressão:

$$r = \frac{\text{CÔV}(Y_{ij})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{ij})\hat{V}(Y_{ij})}} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_v^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2}$$

De acordo com Resende (2015), as estimativas do coeficiente de repetibilidade foram consideradas, de acordo com as seguintes categorias: $r \geq 0,60$, de alta magnitude; $0,3 < r < 0,60$, magnitude intermediária e $r \leq 0,3$, de baixa magnitude.

O coeficiente de determinação, que representa a porcentagem de

certeza da predição do valor real dos indivíduos selecionados com base em n medições é obtido pela seguinte expressão:

$$R^2 = \frac{\eta r}{1 + r(\eta - 1)}$$

Após estimado o coeficiente de repetibilidade (r), foi realizada a estimativa do número de medições (η_0) necessárias para predizer o valor real dos indivíduos a diferentes porcentagens de determinação, obtido pela fórmula a seguir:

$$\eta_0 = \frac{R^2(1\hat{r})}{(1 - R^2)\hat{r}}$$

2.2 Dissimilaridade genética para características biométricas

Posteriormente, foi realizada a análise da dissimilaridade genética entre as matrizes, por meio do agrupamento pelo método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*), utilizando a distância generalizada de Mahalanobis, que utiliza as médias aritméticas (não ponderadas) das medidas de dissimilaridade, o que evita caracterizar a dissimilaridade por valores extremos entre os objetos considerados e produz menor distorção quanto à representação das dissimilaridades entre os indivíduos de um dendrograma (PUIATTI et al., 2014).

A contribuição relativa das características para a dissimilaridade genética foi determinada através do método proposto por Singh (1981). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software GENES (CRUZ, 2013).

3. Resultados e Discussão

3.1 Determinação do coeficiente de repetibilidade

Foram constatadas diferenças significativas pelo teste F, ao nível de 1% de probabilidade para todos os caracteres, o que evidencia a presença



de variabilidade entre as matrizes avaliadas. Os coeficientes de repetibilidade para as características físicas de frutos analisadas encontram-se na Tabela 1, e variaram de 0,00 para peso de fruto a 1,00 para peso de fruto (PF), seguida por uma alta estimativa para volume de fruto (VF) de 0,74 a 0,93 e diâmetro equatorial (DE) de 0,85. Estes resultados sugerem que esta população

apresenta uma ampla variabilidade genética para algumas características em relação à variância ambiental, para algumas características. Sendo assim, características biométricas de frutos de butiá são passíveis de serem selecionadas para programas de pré-melhoramento genético e para estratégias de conservação da espécie.

Tabela 1 – Estimativa dos coeficientes de repetibilidade e de determinação para características físicas de frutos e sementes, utilizando os métodos ANOVA (análise de variância fator único), CPCV (componentes principais com base na matriz de covariância), CPC (componentes principais com base na matriz de correlações) e AE (análise estrutural)

Característica	Coefficiente	ANOVA	CPCV	CPC	AE
DL ⁽¹⁾	r	0,77	0,79	0,78	0,77
	R ²	98,56	98,73	98,64	98,56
DE ⁽²⁾	r	0,85	0,85	0,85	0,85
	R ²	99,09	99,17	99,16	99,10
VF ⁽³⁾	r	0,93	0,92	0,74	0,93
	R ²	67,11	99,54	99,25	67,11
PF ⁽⁴⁾	r	0,0001	1,00	0,80	0,0001
	R ²	0,50	99,99	98,75	0,50
NS ⁽⁵⁾	r	0,58	0,61	0,62	0,58
	R ²	96,50	96,83	97,01	96,50
DLS ⁽⁶⁾	r	0,33	0,53	0,41	0,33
	R ²	92,87	96,66	94,70	92,87
DES ⁽⁷⁾	r	0,68	0,71	0,71	0,67
	R ²	98,20	98,43	98,42	98,20
VS ⁽⁸⁾	r	0,28	0,37	0,36	0,28
	R ²	90,92	93,92	93,52	90,92

(¹) diâmetro longitudinal; (²) diâmetro equatorial; (³) volume do fruto; (⁴) peso de fruto; (⁵) número de sementes por fruto; (⁶) diâmetro longitudinal da semente; (⁷) diâmetro equatorial da semente; (⁸) volume da semente.

Dentre os métodos utilizados para estimar o coeficiente de repetibilidade, os menores valores estimados foram através do método de Análise de Variância e Análise Estrutural. O método univariado (ANOVA) não permite isolar o fator periodicidade e, ao incorporá-lo na estimativa, eleva o valor do erro experimental, o que pode subestimar a repetibilidade (NEGREIROS et al., 2008).

A análise estrutural (AE) apresenta apenas diferenças conceituais da análise de componentes principais, e as estimativas desses métodos tendem a ser próximas (CRUZ et al., 2012). Já os métodos multivariados (CPCV e CP) levam em consideração o comportamento cíclico do caráter e diferem nos vetores e nas magnitudes



das matrizes utilizadas em cada análise (ABEYWARDENA, 1972).

Os resultados do coeficiente de repetibilidade mostram que o método de CPCV é o que apresentou os coeficientes de determinação com maior magnitude e maiores estimativas de coeficiente de repetibilidade. Esse resultado indica que as matrizes analisadas apresentaram um comportamento cíclico, ou seja, uma alternância de produção. Uma vez que esse método é mais apurado quando os genótipos avaliados apresentam essa característica em relação ao caráter avaliado (ABEYWARDENA, 1972). No entanto, para afirmar tal hipótese é necessário que se façam avaliações no decorrer do tempo. Através deste método (CPCV) coeficientes mais altos também foram observados para as espécies: *Acacia mearnsii* (acácia-negra) (FLÔRES JUNIOR, et al., 2018), *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa) (DE PAULA, et al., 2015), *Psidium cattleyanum* (araçazeiro) (DANNER et al., 2010), *Eugenia uniflora* (pitangueira) (DANNER et al., 2010) e *Platonia insignis* (bacuri) (SILVA et al., 2009), ressaltando que o coeficiente de repetibilidade e de determinação do modelo é mais eficientemente estimado pelo método CPCV, e este será utilizado como base para a discussão dos resultados.

A associação dos fatores ambientais e a composição genética das progênies, provocam variações nas características biométricas de frutos e sementes. As características DL e DE apresentaram coeficiente de repetibilidade de alta magnitude (acima de 0,6), resultados próximos aos encontrados por Lopes et al. (2001) em *Malpighia emarginata* (acerola), e por Lourenço et al. (2013) em *Byrsonima dealbata* (murici), e divergente do encontrado por Bergo et al. (2013) para *Bactris gasipaes* (palmito). Devido a estes

caracteres apresentarem alta magnitude, estas características devem ser mantidas no processo de seleção das matrizes superiores, pois sofrem pouca influência do meio, para esta espécie.

A exposição das plantas a diferentes condições nutricionais, de temperatura, disponibilidade hídrica e agentes dispersores, promovem uma seleção natural que resultam em indivíduos geneticamente adaptados, ressaltando certas características fenotípicas (BOTEZELLI et al., 2012). O volume do fruto (VF) apresentou o segundo maior coeficiente de repetibilidade (0,92) dentre as características físicas de fruto. Contrapondo-se a este resultado Fonseca et al. (1990), em estudo com a espécie *Theobroma grandiflorum* (cupuaçu), verificaram valores de baixa magnitude para esta características. Isso se deve, provavelmente, ao fato de que esta característica sofre influência do meio ambiente e, para estas espécies não deve ser utilizada na avaliação de escolha de genótipos superiores. No entanto no caso da população de butiá estudada, esta característica deve ser mantida devido a magnitude de sua estimativa e por mostrar que a expressividade genotípica é a observada nos fenótipos avaliados.

A característica peso de fruto (PF), apresentou o maior coeficiente de repetibilidade, entre as características físicas, demonstrando a alta estimativa do coeficiente de repetibilidade e demonstrando que essa característica biométrica sofre pouca influência do ambiente. Este resultado é muito importante para o processo de seleção de matrizes nesta população, visando produtividade de frutos, que podem ser utilizados para o consumo *in natura* ou mesmo para o processamento (sucos, sorvetes, geleias). Autores como Nunes et al. (2011) também encontraram valor



alto ($r = 0,84$) para o coeficiente de repetibilidade para esta característica em *Spondias mombin* (cajá), sendo que Lira Junior et al. (2014), encontraram valor mais baixo ($r = 0,32$) para *Spondias purpurea* L (ciriguela).

O número de semente (NS) apresentou alto coeficiente de repetibilidade (0,61), resultado oposto ao encontrado por Silva et al. (2009), e próximo do encontrado por Souza et al. (2001), todos para a espécie bacuri (*Platonia insignis* Mart.). Esses resultados divergentes podem ter relação com as condições edafoclimáticas do local de estudo, e até mesmo, com a idade das plantas analisadas. É importante observar que a espécie *B. eriospatha* tem um histórico de ação antrópica, de acordo com Nazareno et al. (2011), as populações restantes de *B. eriospatha* vulneráveis consistem principalmente de indivíduos maduros com 100 anos ou mais. A espécie sofreu severo declínio populacional devido ao reflorestamento de espécies de árvores exóticas, venda ilegal de plantas adultas no comércio local e internacional, superexploração de frutas e herbivoria devido à pecuária local.

A característica DLS apresentou um coeficiente de repetibilidade médio (0,53), enquanto DES teve coeficiente de repetibilidade alto (0,71). Manfio et al. (2011) e Kalil Filho et al. (2004) também obtiveram também coeficientes de média a alta magnitude para diâmetro de semente em *Acrocomia aculeata* (macaúba) e *Ocotea porosa* (imbuia), respectivamente. Quanto ao volume da semente (VS) o coeficiente de repetibilidade foi mediano (0,37), mostrando que esta característica sofre maior influência do ambiente e apresenta baixa precisão e acurácia

como característica para processos seletivos. Em contrapartida, estudos com *Acrocomia aculeata* (macaúba) (MANFIO et al., 2011), demonstraram coeficientes de repetibilidade acima de 0,8 para características de volume da amêndoa (VA), diâmetro da amêndoa (DA) e peso da amêndoa (PA). Esse aspecto é determinante para demonstrar que as características selecionadas devem ser determinadas para cada espécie e que estudos biométricos de sementes e frutos podem gerar informações relevantes na seleção de genótipos tanto para produtividade quanto nas estratégias de conservação de uma espécie.

Quanto às características químicas, o grau brix (BRIX) apresentou coeficientes de repetibilidade superiores ($r = 0,99$) aos obtidos para acidez titulável (AT) (0,68 a 0,88) (Tabela 2) mas ambas características químicas de frutos apresentam alta magnitude pela estimativa apresentada. Silva et al. (2009), no trabalho com a espécie *P. insignis* Mart. (bacuri), encontrou alto valor para a AT ($r = 0,94$), sendo que Silveira et al. (2017) em trabalho com *Mouriri elliptica* Mart. (puçá "Coroa de Frade), encontrou valores muito similares ($r = 0,63$) para a característica AT e baixos para BRIX ($r = 0,57$). Portanto, para *B. eriospatha* este resultado indica que as características químicas são pouco influenciadas pelo ambiente, com destaque para o grau BRIX com coeficiente de repetibilidade de 0,99, deste modo, para esta população, o BRIX é, possivelmente, a característica que sofre menor influência do meio e deve ser utilizada tendo ainda como vantagem a facilidade de sua obtenção, tornando viável sua utilização.



Tabela 2 - Estimativa dos coeficientes de repetibilidade e de determinação para características químicas, utilizando os métodos ANOVA (análise de variância fator único), CPCV (componentes principais com base na matriz de covariância), CPC (componentes principais com base na matriz de correlações) e AE (análise estrutural)

Característica	Coeficiente	ANOVA	CPCV	CPC	AE
BRIX ⁽¹⁾	r	0,99	0,99	0,99	0,99
	R ²	99,74	99,75	99,75	99,74
AT ⁽²⁾	r	0,68	0,88	0,76	0,68
	R ²	86,48	95,78	90,55	86,50

⁽¹⁾ grau Brix; ⁽²⁾ acidez titulável

Pelo fato de os principais caracteres relacionados com o mercado de frutos (rendimento, diâmetro equatorial do fruto, peso do fruto e volume de frutos) terem apresentado coeficientes de repetibilidade altos juntamente com as características química, sugere-se que nos processos seletivos de matrizes para finalidades comerciais estas variáveis sejam norteadoras devido sua aplicabilidade a aceitação do mercado consumidor.

Levando em consideração que o método de componentes principais com

base na matriz de covariâncias apresentou melhores estimativas para o coeficiente de repetibilidade e determinação, optou-se por discutir apenas com base neste método, devido ser ele o mais indicado para estudos genéticos em butiá (Tabela 3). O DL resultou em um valor mínimo de três medições, enquanto para DE são necessárias duas medições, e o VF necessita somente uma medição. O PF resultou em uma medição, o que é consequência de seu alto coeficiente de repetibilidade.

Tabela 3 - Número de medições necessárias (n_0) para o método de componentes principais com base na matriz de covariância (CPCV) para características biométricas de frutos e sementes de butiá, para diferentes coeficientes de determinação.

Característica	Coeficiente de determinação (%)				
	80	85	90	95	99
DL ⁽¹⁾	1,03 (2)*	1,46(2)*	2,32(3)*	4,90(5)*	29,30(30)*
DE ⁽²⁾	0,67(1)*	0,95(1)*	1,51(2)*	3,18(4)*	16,57(17)*
VF ⁽³⁾	0,37(1)*	0,521(1)*	0,83(1)*	1,75(2)*	9,11(10)*
PF ⁽⁴⁾	0,0(1)*	0,0(1)*	0,0(1)*	0,0(1)*	0,001(1)*
NS ⁽⁵⁾	2,62(3)*	3,71(4)*	5,89(6)*	12,43(13)*	64,77(65)*
DLS ⁽⁶⁾	3,59(4)*	5,09(6)*	8,09(9)*	17,08(18)*	89,02(90)*
DES ⁽⁷⁾	1,66(2)*	2,35(3)*	3,74(4)*	7,89(8)*	41,13(42)*
VS ⁽⁸⁾	6,734(7)*	0,54(10)*	15,153(16)*	31,989(32)*	166,68(167)*
BRIX ⁽⁹⁾	0,03(1)*	0,04(1)*	0,07(1)*	0,14(1)*	0,75(1)*
AT ⁽¹⁰⁾	0,53(1)*	0,75(1)*	1,19(2)*	2,51(3)*	13,09(14)*

⁽¹⁾ diâmetro longitudinal; ⁽²⁾ diâmetro equatorial; ⁽³⁾ volume do fruto; ⁽⁴⁾ peso de fruto; ⁽⁵⁾ número de sementes por fruto; ⁽⁶⁾ diâmetro longitudinal da semente; ⁽⁷⁾ diâmetro equatorial da semente; ⁽⁸⁾ volume da semente; ⁽⁹⁾ grau Brix; ⁽¹⁰⁾ acidez titulável; (*) número aproximado de medições necessárias



O NS apresentou um número mínimo de seis medições necessárias, DLS necessita de no mínimo nove medições, DES necessita quatro medições e o VS apresentou o maior valor, necessitando de 16 medições. Os valores variaram de 1 a 16 medições dentro do método CPCV para um coeficiente de determinação de 90%. Este resultado mostra que as 20 medições realizadas neste trabalho foram eficientes para estudos de características biométricas e seus respectivos coeficientes de repetibilidade.

Em relação às características químicas dos frutos, o número de medições necessárias foi baixo (Tabela 3) para obtenção de um valor satisfatório do coeficiente de determinação, acima de 90% de predição na tomada de decisão sobre a superioridade relativa dos indivíduos, sendo que os resultados serão discutidos com este parâmetro, pois acima desse valor o número de medições necessárias aumenta demasiadamente (LIRA JUNIOR et al., 2014). A característica química BRIX necessita somente de uma medição para obtenção de resultado satisfatório quanto ao coeficiente de repetibilidade e determinação (Tabela 3), enquanto a AT necessita de duas medições. O número mínimo de medições necessárias é proporcionalmente inverso ao coeficiente de repetibilidade, ou seja, quanto maior o valor da estimativa do coeficiente de repetibilidade menor o número de medições necessárias (CRUZ et al., 2012).

3.2 Dissimilaridade genética para características biométricas

Para a população em estudo, as características físicas dos frutos apresentaram valores consideravelmente homogêneos de contribuição para a dissimilaridade das

matrizes (Tabela 4), com exceção do PF. As características com maiores contribuições para a dissimilaridade genética entre as matrizes foram o VF (26,51%), NS (25,82%), DL (24,14%), DE (22,74%), e a menor contribuição foi para a característica PF (0,79%).

Tabela 4 - Contribuição relativa das características físicas de frutos para a dissimilaridade genética de *Butia eriospatha*

Característica	S.J. ⁽⁶⁾	% ⁽⁷⁾
DL ⁽¹⁾	11088,65	24,14
DE ⁽²⁾	10444,61	22,74
VF ⁽³⁾	12173,14	26,51
PF ⁽⁴⁾	362,29	0,79
NS ⁽⁵⁾	11857,69	25,82

⁽¹⁾ diâmetro longitudinal; ⁽²⁾ diâmetro equatorial; ⁽³⁾ volume do fruto; ⁽⁴⁾ peso do fruto; ⁽⁵⁾ número de sementes por fruto; ⁽⁶⁾ contribuição da variável para dissimilaridade genética; ⁽⁷⁾ percentual da contribuição

A contribuição das características VF, DE e DL são semelhantes, pois, volume e diâmetro são correlacionados geneticamente. Entretanto, para PF verifica-se baixa contribuição para a dissimilaridade genética, este resultado pode estar relacionado com o fato de que esta característica dependa da existência de dominância de alelos (FALCONER e MACKAY, 1996), deste modo, é possível que indivíduos geneticamente dissimilares, porém com fenótipos similares para o caráter de interesse, tenham locos distintos controlando o caráter pela ação de genes complementares, fenômeno este denominado de epistasia (CARVALHO et al., 2001). Acreditamos que além de efeito epistático, que é interação gênica, precisa-se considerar a interação alélica na expressão do fenótipo pois há ação dos alelos na contribuição da característica, uma vez que fenótipos de natureza quantitativa podem ter alelos com aditividade e



efeito fenotípico de interação com o meio.

O número de sementes por fruto (NS) foi a segunda característica com maior contribuição, sugerindo que esta característica sofre certa influência do meio, mas ainda deve ser mantida no processo de seleção de matrizes superiores desta população. Diante desses resultados pode-se inferir que todos os caracteres analisados devem ser mantidos, pois nos últimos quatro anos houve grande variação em relação à meteorologia, e o descarte de qualquer um dos caracteres pode estar sendo subestimado. A similaridade das matrizes, provavelmente, se deve ao fato de que estas fazem parte de uma mesma população, e estão sujeitos às mesmas condições edafoclimáticas (PIRES, 2015).

Em relação às características físicas das sementes (Tabela 5), o DES apresentou o maior percentual de contribuição para a dissimilaridade das matrizes (67,57%), seguido pelo DLS com 17,97% de contribuição e VS com 14,45%, as duas primeiras características contribuem com mais de 80% para a dissimilaridade genética da população, o que segundo Cruz et al. (2012) caracteriza o resultado como satisfatório para o estudo da dissimilaridade genética.

Foi realizado o agrupamento das matrizes com base nas características físicas de frutos e sementes, através do método UPGMA que subsidia a seleção de genitores geneticamente mais divergentes, que poderão ser utilizados em intercruzamentos com vista a aumentar a probabilidade de recuperação de segregantes superiores

em gerações avançadas (CRUZ et al., 2012).

Tabela 5 – Contribuição relativa das características físicas de sementes para a dissimilaridade genética de *Butia eriospatha*.

Característica	S.J. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾
DLS ⁽¹⁾	43,52	17,98
DES ⁽²⁾	163,58	67,57
VS ⁽³⁾	34,98	14,45

⁽¹⁾diâmetro longitudinal semente; ⁽²⁾ diâmetro equatorial da semente; ⁽³⁾ volume da semente; ⁽³⁾ contribuição da variável para dissimilaridade genética; ⁽⁴⁾ percentual da contribuição

Três grupos foram formados (Figura 1), sendo que o grupo I é constituído das matrizes: 03, 10 e 07; grupo II: matrizes 04, 11, 01,08, 06; e o grupo III: 02, 09, 05, 12 e 13. O grupo I e III são as mais divergentes, ou seja, representam a maior dissimilaridade genética dentre as matrizes estudadas. Já para as matrizes 3 e 10, e 2 e 9, observa-se grande similaridade entre si, o que pode estar relacionado ao fato de todas as matrizes pertencerem à mesma população, sugerindo que as mesmas são aparentadas. Dessa forma, conforme recomendado por Cruz et al. (2012), deve-se evitar os cruzamentos em famílias de grupos similares, para evitar que a variabilidade seja limitada, pois ela é fundamental em um programa de melhoramento e conservação genética (Figura 1). Ressalta-se a importância da coleta de sementes ou propágulos para produção de mudas, visando a conservação genética em bancos de germoplasma, dando continuidade a estudos com essa espécie a fim de tentar minimizar efeitos da erosão genética provocada pela redução das populações naturais.

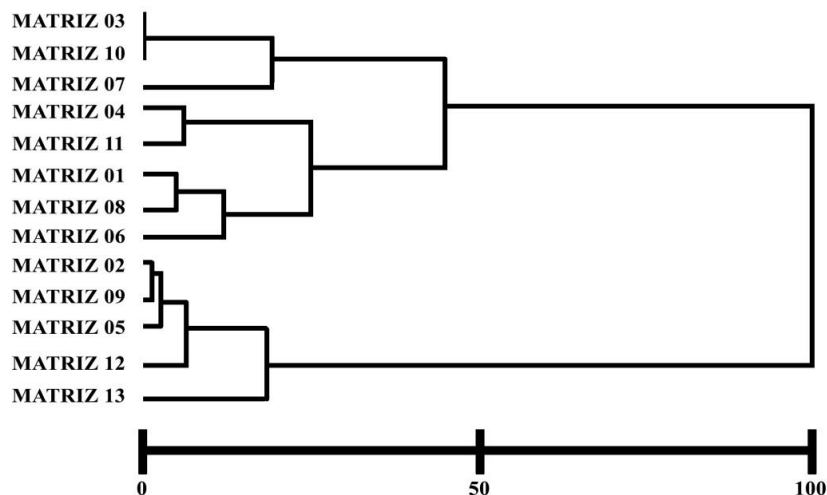


Figura 1 – Dendrograma de dissimilaridade com base na distância generalizada de Mahalanobis pelo método de UPMGA, com base nas características físicas de frutos e sementes de *Butia eriospatha*.

Autores como Vargas e Blanco (2000) e Martel et al. (2003) também observaram a formação de poucos grupos em palmeiras, o que sugere que a população não apresenta grande dissimilaridade genética, Gazel Filho e Lima (2006) e Oliveira et al. (2007), também observaram a formação de poucos grupos em açaí. O método UPGMA favorece a formação de grupos individualizados, entretanto, neste estudo isto não ocorreu, o que indica a possibilidade de que nenhum indivíduo é procedente de alguma população distante.

O fato da espécie se reproduzir preferencialmente por cruzamentos, mas tolerar a autofecundação (NAZARENO e REIS, 2012), pode ser um dos fatores que contribui para a baixa dissimilaridade genética da população. Estudos anteriores sobre a dissimilaridade genética da espécie mostram resultados intermediários atestando a necessidade de conservação *in situ* da variabilidade genética existente (NAZARENO e REIS, 2012; NAZARENO et al., 2014) e estudos de dissimilaridade genética entre

matrizes é importante para verificar a variabilidade de populações.

4. Conclusão

Conclui-se que os coeficientes de repetibilidade para as características de frutos e sementes, das 13 matrizes, são de alta magnitude e a avaliação de 16 frutos é suficiente para compreender as características estudadas, para um coeficiente de determinação de 90%.

De acordo com as características físicas de frutos e sementes foi possível verificar a formação de três grupos por meio da análise de dissimilaridade genética com base na distância de Mahalanobis, evidenciando uma base genética restrita das matrizes estudadas.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.



Referências

- ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, v.61, p. 27 - 51, 1972.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; P. C. SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BERGO, C. L.; NEGREIROS, J. R. da SILVA.; MIQUELONII, D. P.; LUNZ, A. M. P. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em pupunheiras para palmito da raça Putumayo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 829 - 836, 2013.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 009-018, 2000.
- CARPENTER, W. J. Seed after-ripening and temperature influence *Butia capitata* germination. **Hort Science**, v.23, n 4., p 1633-1645, 1988.
- CARVALHO, F. I. F.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; MARCHIORO, V. S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPel, 99p, 2001.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: biometria**. Viçosa, MG: UFV, 382 p. 2006.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 514p. 2012.
- DANNER, M. A.; RASEIRA, M. do C. B.; SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; SCARIOT, S. Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v 40, n 10, p. 2086-2091, 2010.
- DE PAULA, S. R. P.; NOGUEIRA, A. C.; BASTOS, C. O. M. Physiological quality and repeatability in biometric characters of seeds from different trees of *Aspidosperma Polyneuron* Müll.Arg. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 9, n. 31, 147-154, 2015.
- DE PAULA, S. R. P.; NOGUEIRA, A. C.; BASTOS, C. O. M. Physiological quality and repeatability in biometric characters of seeds from different trees of *Aspidosperma Polyneuron* Müll.Arg. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 9, n. 31, p. 147-154, 2015.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. Heritability and repeatability discussion: sugarcane breeders. **International Society of Sugar Cane Technology**, v.18, p.15-17, 1966.
- FLÔRES JUNIOR, P. C.; IKEDA, A. C.; SCHUHLI, G. S.; SILVA, L. D.; HIGA, A. R. Repeatability and genetic dissimilarity using biometric characteristics of black wattle seeds. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 2, p. 333 – 337, 2018.
- FONSECA, C. E. L.; ESCOBAR, J. R.; BUENO, D. M. Variabilidade de alguns caracteres físicos e químicos do fruto do cupuaçuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 7, p. 1079 - 1084, 1990.
- GAZEL FILHO, A. B.; LIMA, J. A. de S. Diversidade genética de matrizes de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). In: FRAZÃO, D.A.C.; HOMMA, A.K.O.; VIÉGAS, I. de J.M. (Ed.). **Contribuição ao desenvolvimento da fruticultura da Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p.69-72, 2006.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo, SP). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4. ed. São Paulo, 533 p. 2005
- KALIL FILHO, A. N.; HIRANO, E.; NICOLOTTI, F.; RESENDE, M. D. V de. Componentes de variância de características de sementes de duas populações de Imbuia (*Ocotea porosa* Nees et Martius ex. Nees, Lauraceae) de Santa Catarina. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 48, p.111-115, 2004.
- LIRA JUNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; MOURA, R. J. M. de; SANTOS, V. F. dos. Repetibilidade da produção, número e peso de fruto em cirigueleira (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p.214-220, 2014.
- LOPES, R.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; LOPES, M. T. G.; FREITAS, G. B. de. Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p.507-513, 2001.



- LOURENÇO, I. P.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; ARAGÃO, F. A. S.; MOURA, C. F. H. Caracterização de frutos de genótipos de maricizeiros cultivados no litoral cearense. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p.499-504, 2013.
- MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; SANTOS, C. E. M.; PIMENTEL, L. D.; QUEIROZ, V.; SATO, A. Y. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. *Ciência Rural*, Santa Maria-RS, v. 41, n. 1, p. 70-76, 2011.
- MARTEL, J. H. I.; FERRANDO, A. S.; MORO, J. R.; PERECIN, D. Estatística multivariada na discriminação de raças amazônicas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth.) em Manaus. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n 1, p 1-9, 2003.
- NAZARENO, A. G.; DOS REIS, M. S. At Risk of Population Decline? An Ecological and Genetic Approach to the Threatened Palm Species *Butia eriospatha* (Arecaceae) of Southern Brazil. **Journal of Heredity**, n. 1, v. 105, p. 120–129, 2014.
- NAZARENO, A. G.; DOS REIS, M. S. Linking Phenology to Mating System: Exploring the Reproductive Biology of the Threatened Palm Species *Butia eriospatha*. **Journal of Heredity**, n. 6, v. 103, p. 120–129, 2012.
- NAZARENO, A. G.; ZUCCHI, M. I.; DOS REIS, M. S. Microsatellite markers for *Butia Eriospatha* (Arecaceae), a vulnerable palm species from the Atlantic Rainforest of Brazil. *American Journal of Botany*, p. 198 – 200, 2014.
- NEGREIROS, J. R. da S.; SARAIVA, L. L.; OLIVEIRA, T. K. de; ÁLVARES, V. de S.; RONCATTO, G. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em laranjeiras-doces no Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1763-1768, 2008.
- NOBLICK, L.R. In: Lorenzi, H.; Noblick, L.R.; Kahn, F. & Ferreira, E. **Flora brasileira: Arecaceae** (Palmeiras). Instituto Plantarum, Nova Odessa. p. 159-183, 2010.
- NUNES, J. A. R.; SANTANA, F. F.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. de A.; PEREIRA, M. M. G.; SOARES, E. B. Stratified mass selection of promising *Spondias mombin* clones in a commercial crop. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 141-148, 2011.
- OLIVEIRA, M. S. P.; FERREIRA, D. F.; SANTOS, J. B. dos. Divergência genética entre acessos de açaizeiro fundamentada em descritores morfoagronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 501 - 506, 2007.
- PIRES, M. V. V.; FALEIRO, F. G.; SILVA, J. C. S.; MELO, J. T. de.; PEIXOTO, J. R. Características morfológicas e variabilidade genética de araticum utilizando marcadores rapd e microssatélites. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p.149-158, 2015.
- PUIATTI, G. A.; CECON, P. R.; NASCIMENTO, M.; NASCIMENTO, A. C. C.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; SILVA, F. F.; SILVA, A. R. da. Comparação dos métodos de agrupamento de Tocher e UPGMA no estudo de divergência genética em acessos de alho. **Revista da Estatística**, v. 3, n. 3, p.275-279, 2014.
- REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**: Palmeiras. Itajaí, SC: Herbário Barbosa Rodrigues. 189 p. 1974.
- RESENDE, M.D.V. de. **Genética quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema, 463 p. 2015.
- SILVA, C. A.; DETONI, J. L.; COSTA, P. R.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E.R. Estimativa de repetibilidade em características de cajá-mirim no Norte do Espírito Santo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 3, p. 284-291, 2015.
- SILVA, R. G.; CHAVES, M. da C. L.; ARNHOLD, E.; CRUZ, C. D. Repetibilidade e correlações fenotípicas de caracteres do fruto de bacuri no Estado do Maranhão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p.587-591, 2009.
- SILVEIRA, M. R. S.; ALVES, R. E.; ARAGÃO, F. A. S.; FIGUEIREDO, R. W.; FREITAS, S. L. A. Estudo de genótipos de puçá 'coroa de frade' da vegetação litorânea de Beberibe-CE. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 159 – 165, 2014.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of genetic and plant breeding**, v. 11, p. 237-24, 1981.
- SOUZA, V. A. B.; ARAUJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, P. S. da C.



Ciências Agrárias

Scientia Amazonia, v. 10, n. 3, CA18-CA32, 2021

Revista on-line <http://www.scientia-amazonia.org>

ISSN:2238.1910

Variabilidade de características físicas e químicas de frutos de germoplasma de bacuri da região meio-norte do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p.677-683, 2001.

STEHMANN, J.R.; FORZZA, R.C.; SALINO, A.; SOBRAL, M.; COSTA, D.P. da. & KAMINO, L.H.Y. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro:

Jardim Botânico do Rio de Janeiro. v.1. 515p. 2009.

VARGAS, A.; BLANCO, F. A. Fruit characterization of *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) cultivars from the Pacific coast of Costa Rica and the Philippines. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Netherlands, v.47, p.483-487, 2000.