



ARTIGO ORIGINAL

Catiele Vieira Borges¹
Fábio Medeiros Ferreira¹
Victor Ferreira de Souza²
André Luiz Atroch³
Rodrigo Barros Rocha^{2*}

Seleção entre e dentro de progênies para a produção de frutos de pupunha

Selection between and within progenies for production of pupunha fruits

RESUMO: *Bactris gasipaes* Kunth é uma das poucas palmeiras domesticadas cujos frutos possuem grande variabilidade natural de cores, sabores, oleosidade e textura. No entanto, por não existirem cultivares desenvolvidas para a produção de frutos, essa mesma variabilidade limita o seu mercado, uma vez que os frutos adequados para consumo direto, produção de farinha ou de óleo têm diferentes características. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi quantificar o progresso genético com a seleção entre e dentro de progênies para a produção de frutos de pupunha. Para o estudo foram avaliadas 14 progênies de meios-irmãos em delineamento em blocos ao acaso com três repetições de oito plantas por parcela, no espaçamento de 6 m x 4 m, no 5º, 6º e 7º anos de cultivo. Os parâmetros genéticos mostraram que a pupunheira tende a estabilizar sua produção a partir do 7º ano de cultivo. A seleção dos três melhores indivíduos por família proporcionou a manutenção do número efetivo associado a uma menor redução no ganho de seleção. A estimativa do ganho de seleção com a propagação vegetativa foi aproximadamente 50% superior ao ganho estimado com a propagação por sementes. Os ganhos de seleção da produção de frutos no 7º ano de cultivo, considerando a propagação por sementes e a clonagem, foram de 35,58% e 58,58%, respectivamente.

ABSTRACT: *Bactris gasipaes* Kunth is one of the few domesticated palm trees whose fruits have a large natural variability of colors, flavors, oiliness and texture. However, as cultivars developed for fruit production are absent, this variability represents a limitation to its market, because fruits suitable for direct consumption and production of flour or oil have different characteristics. The objective of this study was to quantify the genetic progress on the selection between and within progenies for superior fruit production. To this end, 14 progenies of half-siblings in a randomized block design with three replicates of eight plants per plot, at 6x4m spacing, were evaluated at the 5th, 6th and 7th years of cultivation. The genetic parameters showed that the fruit production tends to stabilize from the 7th year of cultivation onwards. The selection of three individuals per family provided the maintenance of the effective number associated with a smaller reduction in the selection gain. The selection gain of vegetative propagation was approximately 50% higher than the estimated gain with seed propagation. The genetic progress with the vegetative propagation was approximately 50% higher than the estimated genetic gains with seed propagation. The genetic gains related to fruit production in the 7th year of cultivation, selecting three individuals per family, considering seed and cloning propagation were 35.58% and 58.58%, respectively.

¹ Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia em Itacoatiara – ICET, Rua Nossa Senhora do Rosário, 3863, Tiradentes, 69103-128, Itacoatiara, AM, Brasil

² Embrapa Rondônia, BR 364, km 5,5, Zona Rural, 76815-800, Porto Velho, RO, Brasil

³ Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, km 29, Estrada Manaus, Itacoatiara, Caixa Postal 319, 69010-970, Manaus, AM, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: rodrigo.rocha@embrapa.br

PALAVRAS-CHAVE

Bactris gasipaes Kunth
Produção de frutos
Parâmetros genéticos
REML/BLUP

KEYWORDS

Bactris gasipaes Kunth
Fruit production
Genetic parameters
REML/BLUP

1 Introdução

A pupunheira é uma espécie perene totalmente domesticada, propagada principalmente por sementes e predominantemente alógama. Os frutos possuem uma grande variabilidade no formato, tamanho e na composição de mesocarpo (Clement et al., 2009). Porém, essa variabilidade genética contribui para a heterogeneidade dos frutos nos mercados, que resulta em uma mistura de diferentes tamanhos, cores e teores de amido e de óleo. Para consumo direto, são preferidos os frutos médios, com coloração vermelha e oleosos (Clement et al., 2001, 2004).

Na região norte do Brasil, principalmente em Belém, Manaus e Porto Velho, os cachos de pupunha são comercializados nos mercados e feiras-livres da cidade, e os frutos cozidos são vendidos nas ruas. Entretanto, apesar do seu potencial nutritivo e econômico, a pupunheira está em fase inicial de melhoramento e os estudos de herança concentram-se em caracteres relacionados à produção de palmito (Farias Neto & Resende, 2001; Farias Neto et al., 2002).

O período necessário para avaliação de espécies perenes com longo ciclo de vida faz com que os programas de melhoramento sejam uma atividade dispendiosa, de modo que a utilização de metodologias que aumentem a acurácia do processo de seleção é de fundamental importância (Farias Neto et al., 2008).

Estudos sobre as propriedades genéticas de progênies de pupunha para a produção de frutos são escassos na literatura (Cornelius et al., 2010; Farias Neto et al., 2013). A escolha de um método ótimo para estimação dos valores genéticos objetiva estimar valores genéticos aditivos individuais com alta acurácia (Gomes Júnior et al., 2015). Nesse contexto, os modelos mistos REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada) vêm sendo utilizados para prever os valores genéticos, o ganho e a acurácia da seleção, principalmente na ocorrência de desbalanceamento no experimento (Resende, 2002). Parâmetros genéticos estimados utilizando a metodologia REML/BLUP vêm sendo utilizados no melhoramento do coqueiro (Farias Neto et al., 2008), do caiaué (Okoye et al., 2009; Lopes et al., 2012; Gomes Júnior et al., 2015), do açaizeiro (Farias Neto et al., 2008, 2012) e da pupunheira (Farias Neto et al., 2002, 2013).

No caso da pupunheira, por se tratar de uma espécie domesticada que não possui variedades melhoradas para a produção de frutos, o estabelecimento de critérios mais apropriados para a seleção de genótipos superiores é importante para o seu cultivo. A alta produtividade, o teor de fibras mais baixo associado a frutos de tamanho médio, mediamente oleosos, são características desejáveis no melhoramento dessa espécie.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi quantificar o progresso genético com a seleção entre e dentro de 14 famílias de meios-irmãos de pupunheira selecionadas para a produção de frutos com base nos principais componentes de produção avaliados no 5º, 6º e 7º anos de cultivo.

2 Material e Métodos

O teste de progênies instalado em fevereiro de 2008 foi conduzido no campo experimental do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Embrapa, localizado no município de Porto Velho – RO.

A região apresenta clima tropical tipo Aw, quente e úmido, período seco bem definido com ocorrência de déficit hídrico nos meses de junho a setembro. As médias anuais de temperatura são

de 25 °C, com precipitação de 2.354 mm e evapotranspiração de 851 mm (Brasil, 1992). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura muito argilosa.

A escolha das progênies foi realizada com a germinação de sementes oriundas dos campos experimentais de Porto Velho e Machadinho do Oeste – RO, selecionadas a partir da avaliação visual de frutos com tamanho médio e alto teor de óleo estimado pelo tato (Clement et al., 2004), de forma que foram selecionadas visualmente 14 progênies de meios-irmãos, com frutos de tamanho médio, menor conteúdo de fibras e mediano conteúdo de óleo para instalação do teste de progênies.

Para a instalação do teste de progênies foram dispostas ao acaso 14 famílias de meios-irmãos em três blocos completos com oito plantas por parcela, em espaçamento 6x4 m. Durante três anos foram avaliados os seguintes caracteres produtivos e vegetativos: a) produção, em kg.árvore⁻¹; b) número de cachos por planta; c) peso de frutos, em gramas; d) teor de matéria seca, determinados em estufa a 60 °C; e) peso médio de cachos, em kg.árvore⁻¹; e f) número de perfilhos por planta.

As análises genéticas foram realizadas com o uso do software SELEGEN (Resende, 2007a). Estimativas dos parâmetros genéticos e da variabilidade genética foram obtidas utilizando o método REML/BLUP, considerando os seguintes modelos estatísticos:

- I) Univariado, blocos, progênies de meios-irmãos, uma medida (Resende, 2002):

$$y = Xr + Za + Wp + e, \quad (I)$$

em que: y , r , a , p e e são vetores de dados em nível de cada medição, de repetição (assumidos como fixos), de efeitos genéticos aditivos (aleatório), de efeitos de parcelas (aleatório) e de erros aleatórios, respectivamente; X , Z e W representam as matrizes de incidência para os respectivos efeitos.

- II) Univariado, blocos, progênies de meios-irmãos, várias medidas (Resende, 2002):

$$y = Xm + Za + Wp + Qi + Ts + e, \quad (II)$$

em que: y , m , a , p , i , s e e são vetores de dados em nível de cada medição, de repetição (assumidos como fixos), de efeitos genéticos aditivos individuais (aleatório), de efeitos de parcelas (aleatório), efeitos da interação genótipos x medições (aleatórios), de efeitos permanentes (aleatórios) e de erros ou resíduos aleatórios, respectivamente; X , Z , W , Q e T representam as matrizes de incidência para os respectivos efeitos.

Foram estimados parâmetros genéticos e preditas as seguintes variáveis aleatórias para os caracteres avaliados: V_a : variância genética aditiva; V_e : variância residual (ambiental + não aditiva); V_f : variância fenotípica individual; h_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito; h_{mp}^2 : herdabilidade da média de progênies, assumindo sobrevivência completa; A_{cprog} : acurácia da seleção de progênies, assumindo sobrevivência completa; h_{ad}^2 : herdabilidade aditiva dentro de parcela; CV_{gi} : coeficiente de variação genotípica aditiva individual; CV_{gp} : coeficiente de variação genotípica entre progênies; CV_e : coeficiente de variação residual; $CV_r = CV_{gp}/CV_e$: coeficiente de variação relativa; PEV: variância do erro de predição dos valores

genotípicos de progênie; SEP: desvio-padrão do valor genotípico predito da progênie; V_{parc} : variância ambiental entre parcelas; V_{perm} : variância dos efeitos permanentes; r: repetibilidade individual; c_{parc}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; C_{perm}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos permanentes, conforme descrito por Resende (2007b).

Estimou-se a herdabilidade no sentido restrito, da seguinte forma (Cruz, et al., 2014):

$$h_a^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2 + a_p^2} \quad \text{(III)}$$

em que: h_a^2 é a herdabilidade em sentido restrito, σ_a^2 é a variância genética aditiva, σ_e^2 é a variância ambiental e a_p^2 é a variância entre parcelas.

A repetibilidade (ρ) foi obtida conforme o estimador (Cruz et al., 2014):

$$\rho = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{ep}^2 + \sigma_a^2}{\sigma_y^2} \quad \text{(IV)}$$

em que: ρ é a repetibilidade, σ_a^2 é a variância genética aditiva, σ_a^2 é a variância dos efeitos permanentes do ambiente e σ_y^2 é a variância fenotípica.

A acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}) para a seleção de indivíduos, baseada no comportamento das famílias de meios-irmãos, foi obtida conforme Resende (2002):

$$\hat{r}_{gg} = 0,5 \left[\frac{m \cdot N \cdot h_a^2}{1 + (m-1)\rho + (N-1)m \cdot 0,25 \cdot h_a^2} \right] \quad \text{(V)}$$

Sendo: m : número de medidas repetidas, h_a^2 : herdabilidade no sentido restrito, ρ : repetibilidade e N : número de observações. Segundo classificação proposta por Resende (2002), a acurácia seletiva que varia de 0 a 1 pode ser considerada com muito alta ($\hat{r}_{gg} \geq 0,9$), alta ($0,7 \leq \hat{r}_{gg} < 0,9$), moderada ($0,5 \leq \hat{r}_{gg} < 0,7$) e baixa ($\hat{r}_{gg} < 0,5$).

Ganhos genéticos diretos e indiretos foram preditos em função do efeito genético aditivo (para reprodução sexuada) e do valor genotípico (propagação vegetativa), por meio do REML/BLUP, considerando os três melhores indivíduos por família e um tamanho efetivo igual a 30, obtido conforme Resende (2002):

$$N_e = \frac{4N_f K_f}{K_f + 3} \quad \text{(IV)}$$

em que: N_e é o tamanho efetivo populacional, N_f é o número de famílias selecionadas e K_f é o número de indivíduos selecionados por família.

Os ganhos genéticos diretos foram preditos pela expressão (Cruz, et al., 2014):

$$\hat{G}_s (\%) = 100 \cdot (a_1 - a_0) \quad \text{(VII)}$$

em que: a_1 é o valor genético aditivo das plantas selecionadas e a_0 é o valor genético da população não melhorada.

3 Resultados e Discussão

No melhoramento de plantas perenes, a interpretação do progresso genético e das estimativas de parâmetros genéticos é fundamental para identificar a natureza dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos, assim como avaliar a eficiência de seleção de diferentes estratégias de melhoramento, buscando maximizar o ganho de seleção e a manutenção de uma base genética adequada (Cruz et al., 2014).

Constatou-se que a variância fenotípica individual (V_f) apresentou maior valor no 7º ano de cultivo (398,55), conforme sumarizado na Tabela 1. As herdabilidades no

Tabela 1. Parâmetros genéticos das análises individuais e conjunta da produção de frutos (kg.árvore⁻¹) no 5º, 6º e 7º anos de cultivo de *Bactris gasipaes* Kunth, Porto Velho – RO.

Table 1. Genetic parameters of individual and joint analyzes of fruit production (kg.tree⁻¹) in the 5th, 6th and 7th year of cultivation of *Bactris gasipaes* Kunth, Porto Velho – RO.

Parâmetros	5º ano	6º ano	7º ano	Análise conjunta
V_a	12,56	35,11	183,23	39,63
V_e	69,50	163,05	215,32	119,00
V_f	82,06	198,17	398,55	239,66
h_a^2	0,15	0,18	0,46	0,17
	(0,12) [#]	(0,13)	(0,22)	(0,08)
h_{mp}^2	0,11	0,12	0,28	-
A_{cprog}	0,33	0,35	0,53	-
h_{ad}^2	0,12	0,14	0,39	-
CV_{gi}	50,72	36,18	35,36	-
CV_{gp}	25,36	18,09	17,68	-
CV_e	127,14	84,04	49,07	-
$CV_{r(ep)}$	0,20	0,22	0,36	-
$CV_{r(dp)}$	0,40	0,43	0,72	-
PEV	2,81	7,71	32,96	-
SEP	1,67	2,78	5,74	-
V_{parc}	-	-	-	34,47
V_{perm}	-	-	-	46,56
r	-	-	-	0,50
	-	-	-	(0,07)
C_{parc}^2	-	-	-	0,14
C_{perm}^2	-	-	-	0,19
Média geral	6,99	16,38	38,28	22,37

V_a : variância genética aditiva; V_e : variância residual (ambiental + não aditiva); V_f : variância fenotípica individual; h_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito; h_{mp}^2 : herdabilidade da média de progênies, assumindo sobrevivência completa; A_{cprog} : acurácia da seleção de progênies, assumindo sobrevivência completa; h_{ad}^2 : herdabilidade aditiva dentro de parcela; CV_{gi} : coeficiente de variação genotípica aditiva individual; CV_{gp} : coeficiente de variação genotípica entre progênies; CV_e : coeficiente de variação residual; $CV_r = CV_{gp}/CV_e$ = coeficiente de variação relativa; PEV: variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie; SEP: desvio-padrão do valor genotípico predito da progênie. V_{parc} : variância ambiental entre parcelas; V_{perm} : variância dos efeitos permanentes; r: repetibilidade individual; c_{parc}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; C_{perm}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos permanentes. [#]Os valores entre parênteses representam os desvios-padrão das respectivas estimativas de h_a^2 .

sentido restrito podem ser classificadas como baixa ($h_a^2 < 0,15$), média/moderada ($0,15 < h_a^2 < 0,50$) ou alta magnitude ($h_a^2 > 0,50$), de acordo com a classificação descrita por Resende (2002). A herdabilidade no sentido restrito (h_a^2) observada no 7º ano de cultivo foi de 0,46, estimativa essa aproximadamente três vezes superior às herdabilidades do quinto e do sexto ano de avaliação. Ao considerar o desvio-padrão de h_a^2 , observa-se que as estimativas da herdabilidade do 5º e 6º ano de cultivo não diferem em magnitude.

A herdabilidade é uma propriedade não somente da característica em avaliação, mas também da população de melhoramento, influenciada pelos efeitos do ambiente. Uma vez que o valor da herdabilidade depende dos componentes de variância genotípico e fenotípico, alterações em qualquer um deles influenciam o valor dessa estimativa (Falconer, 1987).

A estimativa de herdabilidade no 7º ano de cultivo foi superior aos valores observados por Farias Neto et al. (2013) para peso total de cachos em progênies de polinização aberta de pupunheira. E em açazeiro, Farias Neto et al. (2008) encontraram para o peso total de cachos e o número de cachos, herdabilidades de 0,29 e 0,13 respectivamente.

O coeficiente de variação experimental (CV_e) da produção de frutos decresceu com o passar dos anos de avaliação, de 127,14%, depois 84,04%, para 49,07% Farias Neto et al. (2013) encontraram valor similar (41,85%) em peso total de cacho.

Para Vencovski & Barriga (1992), valores maiores ou iguais a 1 de coeficiente de variação relativa (CV_r) indicam situação favorável para a seleção. Os coeficientes de variação relativa variaram de 0,20 para número de cachos a 0,72 para produção de frutos no 7º ano de cultivo (Tabelas 1 e 2). Embora tenham sido observados valores inferiores à unidade do coeficiente de variação relativo, observa-se que essas estimativas foram maiores dentro de progênies e apresentaram uma tendência de aumento com o passar dos anos. As herdabilidades para a seleção dentro de progênies (h_{ad}^2) apresentaram magnitudes semelhantes às herdabilidades no sentido restrito, podendo ser consideradas de média magnitude.

Na avaliação conjunta dos três anos, a herdabilidade apresentou baixa magnitude devido à maior influência do ambiente nos dois primeiros anos de avaliação, observada nas duas primeiras colheitas (Tabela 1).

Houve uma tendência de aumento tanto da PEV, que se refere à variância do erro de predição dos valores genotípicos da progênie, quanto da SEP, que é o valor genotípico predito da progênie ao longo do tempo. Esses parâmetros indicam que variabilidade genética da produção dos frutos se tornou mais evidente com o passar dos anos com a expressão do potencial das progênies e dos indivíduos avaliados.

A repetibilidade individual (r) da produção de frutos estimada na análise conjunta foi moderada ($0,50 \pm 0,07$), de acordo com a classificação de Resende (2002), ($0,30 < r < 0,60$). Segundo Cruz et al. (2014), valores intermediários de repetibilidade indicam que não é vantajoso realizar mais de três medições para seleção de plantas.

Os baixos valores dos coeficientes de determinação dos efeitos de parcela (C^2_{parc}) e dos efeitos permanentes (C^2_{perm})

indicam a boa precisão experimental e acurácia em relação à avaliação conjunta dos dados. O C^2_{perm} fornece também a variação ambiental de um ano para o outro. Segundo Resende (2002), para as variáveis biométricas C^2_{parc} e C^2_{perm} , o valor de referência para bons experimentos é de 10%.

A média geral da produção de frutos nos três anos foi de 22,37 kg.arvore⁻¹, com média de 6,99 kg.arvore⁻¹, 16,38 kg.arvore⁻¹, e 38,28 kg.arvore⁻¹, no 5º, 6º e 7º anos de cultivo respectivamente. A produção de frutos nos dois primeiros anos de avaliação foi influenciada pelo longo período necessário para que essa palmácea alcance sua estabilidade produtiva, quando todas as plantas entram em período de frutificação. Assim, reforça-se a tese de que estudos genéticos sobre a produção de pupunha devem ser realizados a partir do terceiro ano de produção (ou sétimo ano de plantio), quando a estabilidade genotípica foi atingida e os genótipos exibem melhor suas potencialidades produtivas.

As estimativas de herdabilidade em sentido restrito dos componentes da produção de frutos avaliados no 7º ano de cultivo variaram de 0,16 para o número de cachos a 0,83 para o teor matéria seca (Tabela 2). A estimativa de herdabilidade

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros genéticos no 7º ano de cultivo dos principais componentes da produção de frutos de *Bactris gasipaes* Kunth, Porto Velho – RO.

Table 2. Genetic parameters in the 7th year of cultivation of fruit production characteristics of *Bactris gasipaes* Kunth, Porto Velho – RO.

Parâmetros	Pfruto	Teor MS	Nca	PC	Perf.
V_a	48,59	50,55	3,39	0,67	0,82
V_e	57,49	10,62	18,42	1,31	1,49
V_f	106,07	61,17	21,80	1,99	2,31
h_a^2	0,46	0,83	0,16	0,34	0,35
	#(0,25)	(0,34)	(0,13)	(0,19)	(0,20)
h_{mp}^2	0,28	0,44	0,11	0,22	0,23
A_{cprog}	0,53	0,66	0,33	0,47	0,48
h_{ad}^2	0,39	0,78	0,12	0,28	0,29
CV_{gi}	24,32	15,60	17,62	21,33	29,40
CV_{gp}	12,16	7,80	8,81	10,67	14,70
CV_e	33,82	15,29	43,83	35,04	47,14
CV_r	0,36	0,51	0,20	0,30	0,31
PEV	8,75	7,09	0,75	0,13	0,16
SEP	2,96	2,66	0,87	0,36	0,40
Média geral	28,66	45,57	10,45	3,85	3,08

Pfruto: peso médio de frutos (g.fruto⁻¹), Teor MS: Teor de matéria seca (em porcentagem), Nca: número de cachos por planta, PC: peso médio de cachos (kg.cacho⁻¹) e Perf: número de perfilhos por planta. V_a : variância genética aditiva; V_e : variância residual (ambiental + não aditiva); V_f : variância fenotípica individual; h_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito; h_{mp}^2 : herdabilidade da média de progênies, assumindo sobrevivência completa; A_{cprog} : acurácia da seleção de progênies, assumindo sobrevivência completa; h_{ad}^2 : herdabilidade aditiva dentro de parcela; CV_{gi} : coeficiente de variação genotípica aditiva individual; CV_{gp} : coeficiente de variação genotípica entre progênies; CV_e : coeficiente de variação residual; $CV_r = CV_{gp}/CV_e$ = coeficiente de variação relativa; PEV: variância do erro de predição dos valores genotípicos de progênie; SEP: desvio-padrão do valor genotípico predito da progênie; #Os valores entre parênteses representam os desvios-padrão das respectivas estimativas de h_a^2 .

individual para o número de perflhos foi próximo ao valor de 0,43 observado por Farias Neto et al. (2013), em *Euterpe oleracea* na fase juvenil.

Para os caracteres peso médio de frutos, peso total e número de cachos, Lopes et al. (2012) encontraram herdabilidades individuais variando de 0,24 a 0,30. De acordo com Resende (2002), para caracteres quantitativos são comuns herdabilidades individuais de baixa magnitude, que geralmente conduzem a moderada magnitude das herdabilidades em nível de média de progênies.

A relação entre o CV_{gp} e o CV_e propiciou valores de CV_e de média magnitude, associadas às estimativas de herdabilidade média de progênies variando de 0,11 a 0,44, e acurácias seletivas de 0,33 a 0,66 (Tabela 2). Caracteres provenientes de contagem, tais como o número de cachos e o número de perflhos por plantas, apresentam, segundo Resende e Duarte (2007c), maiores estimativas de coeficientes de variação.

Em progênies de açaizeiro, Farias Neto et al. (2008) encontraram valores abaixo de 0,80 de CV_{gc}/CV_e e herdabilidades abaixo de 0,50 para os caracteres de produção de frutos. No geral, as acurácias das progênies (Acprog, PEV e SEP) apresentaram magnitudes moderadas para todos os caracteres avaliados. As herdabilidades da média de progênies foram similares às herdabilidades individuais no sentido restrito.

Cornelius et al. (2010) e Farias Neto et al. (2013) quantificaram o ganho de seleção para a produção de frutos em progênies de polinização aberta de pupunheira. No estudo de Cornelius et al. (2010), os resultados demonstraram que o tamanho e o peso dos frutos apresentaram maior herdabilidade que o total de frutos por cacho e o número de frutos por cacho, o que indica a possibilidade de seleção indireta precoce para características de maior herdabilidade. Farias Neto et al. (2013) observaram ganhos de seleção de 25,8% no peso total de cachos após um ciclo de seleção, demonstrando a possibilidade de aumentar a produção de frutos com a seleção de plantas.

Diferentes estratégias podem ser utilizadas na seleção de genótipos superiores de pupunheira para a produção de frutos. Pereira & Vencovsky (1988) indicam um tamanho efetivo populacional mínimo de 30 indivíduos para manter a variabilidade genética e reduzir os efeitos da endogamia. A seleção das três melhores plantas por família proporcionou a manutenção do número efetivo próximo a 30, associado a uma menor redução no ganho de seleção (Tabela 3).

Segundo Resende (2002), se o programa de melhoramento genético da espécie tiver como objetivo desenvolver cultivares propagadas sexualmente (produção por sementes), a média da população equivalerá à média dos valores genéticos aditivos dos indivíduos selecionados; caso o objetivo seja cultivares clonais (propagação assexuada), essa média será equivalente à média dos valores genotípicos totais.

A seleção de três plantas por família, que corresponde a uma intensidade de seleção de 14%, proporcionou ganhos estimados considerando o efeito aditivo dos genes de 33,90% em relação à média geral do experimento, elevando a média genotípica da produção de frutos de 37,87 para 50,71 kg.árvore⁻¹ (Tabela 3). Já a seleção considerando a propagação assexuada propiciou ganhos estimados de efeito genotípico de 59,57% em relação à média, aumentando a produção de frutos para 60,43 kg.árvore⁻¹, o que equivale a um incremento de 22,50 ton.hectare⁻¹. As famílias 25 e 31 foram as que mais se destacaram, apresentando ganhos expressivos, variando de 69,64 a 100,23 kg.árvore⁻¹ (Tabelas 4 e 5).

Em progênies de polinização aberta de açaizeiro, Farias Neto et al. (2008) estimaram parâmetros genéticos e estatísticos para caracteres relativos à produção de frutos e encontraram ganho genético considerável de 45,53% em relação à média do experimento, com a seleção dos 20 melhores indivíduos.

O progresso genético pode ser alcançado com a seleção na característica de interesse (seleção direta), por meio de caracteres auxiliares (seleção indireta) ou ainda de forma simultânea, ao se considerar vários caracteres de interesse do melhorista (Pires et al., 2011). Os resultados demonstraram que a seleção direta sobre o caráter produção proporcionou ganhos positivos em NCa, PC e Pfruto, e negativos em Teor MS e Perf (Tabela 6).

O ganho de seleção da propagação vegetativa foi aproximadamente 50% superior ao ganho de seleção com a produção de sementes. Segundo Pires et al. (2011), a propagação vegetativa aumenta a eficiência dos programas de melhoramento genético, por permitir explorar o componente genético total (aditivo e não aditivo) na seleção de plantas. Apesar do maior progresso genético proporcionado pela propagação vegetativa, ainda não existe um protocolo estabelecido para a propagação assexual da pupunheira (Maciel et al., 2010; Viñas & Jiménez, 2011; Santos et al., 2010, 2012; Graner et al., 2013; Mossanek et al., 2014).

Tabela 3. Número efetivo e ganho de seleção estimado da produção de frutos no 7º ano de cultivo, considerando o efeito aditivo e o efeito genotípico em diferentes estratégias de seleção, Porto Velho – RO.

Table 3. Effective number and estimated selection gain of fruit production in the 7th year of cultivation, considering the additive effect and the genotype effect according to the selection strategy, Porto Velho – RO.

Método de seleção	Intensidade seleção (i)	Ganho (efeito aditivo)	(%)	Ganho (efeito genotípico)	(%)	Ne
30 melhores plantas	10%	20,36	53,76	31,06	82,02	18
2 plantas por família	9%	14,87	39,26	26,10	68,92	24
3 plantas por família	14%	12,84	33,90	22,56	59,57	30
4 plantas por família	18%	10,92	28,83	17,69	46,71	34

Tabela 4. Valores genéticos da produção de frutos no 7º ano de cultivo dos três melhores indivíduos por família estimados a partir dos efeitos aditivos dos genes (produção de sementes) e dos efeitos de dominância (propagação vegetativa) de *B. gasipaes* Kunth., Porto Velho – RO.

Table 4. Genetic values of fruit production in the 7th year of cultivation of three individuals per family estimated considering the additive effects (seed production) and the dominance effects (vegetative propagation) of *B. gasipaes* Kunth., Porto Velho – RO.

Ordem	Bloco	Família	Planta	f	a	u+a	d	u+a+d
1	3	25	7	139,60	40,16	78,44	21,79	100,23
2	3	25	6	136,53	38,97	77,25	20,99	98,23
3	3	31	8	132,00	36,54	74,82	20,10	94,91
4	3	25	9	113,80	30,11	68,39	15,09	83,48
5	3	31	6	114,80	29,84	68,11	15,63	83,74
6	3	9	8	112,53	26,73	65,01	15,99	80,99
7	2	18	5	98,00	26,35	64,63	14,47	79,10
8	3	29	5	98,00	22,51	60,78	11,60	72,38
9	3	28	7	100,50	22,46	60,73	12,68	73,42
10	3	31	2	93,08	21,38	59,65	9,99	69,64
11	3	28	5	95,40	20,47	58,75	11,36	70,11
12	3	28	9	91,43	18,92	57,20	10,33	67,53
13	3	42	7	90,65	18,74	57,02	10,08	67,09
14	3	42	8	89,20	18,17	56,45	9,70	66,15
15	3	29	9	86,33	17,96	56,24	8,57	64,81
16	2	33	6	83,47	17,40	55,68	12,09	67,77
17	2	42	8	76,04	17,17	55,45	9,03	64,48
18	1	43	5	72,13	16,34	54,61	11,42	66,03
19	2	18	4	69,20	15,13	53,41	6,99	60,40
20	2	40	7	81,80	15,01	53,29	12,40	65,69
21	1	33	3	62,90	12,77	51,05	9,01	60,06
22	2	9	3	66,09	12,76	51,04	6,67	57,71
23	1	9	6	57,00	12,60	50,88	6,57	57,45
24	2	29	4	58,80	11,36	49,64	4,17	53,81
25	2	18	9	56,00	9,99	48,27	3,56	51,83
26	2	33	3	63,20	9,50	47,78	6,83	54,61
27	1	43	9	53,60	9,12	47,40	6,60	54,00
28	3	43	2	68,60	7,45	45,73	5,50	51,23
29	1	32	9	51,06	6,29	44,57	6,73	51,30
30	1	32	5	48,37	5,25	43,52	6,03	49,55
31	3	24	6	67,40	5,16	43,43	5,96	49,40
32	2	40	6	49,40	2,39	40,67	3,99	44,65
33	1	24	8	38,00	1,21	39,49	3,33	42,82
34	2	40	3	44,30	0,40	38,68	2,66	41,34
35	1	24	5	34,40	-0,19	38,09	2,40	40,48
36	3	32	9	51,50	-1,04	37,23	1,83	39,07
37	1	26	4	38,33	-2,80	35,48	5,18	40,66
38	2	26	6	45,50	-3,39	34,89	4,78	39,67
39	2	27	2	44,80	-3,43	34,85	4,50	39,35
40	2	27	8	40,20	-5,22	33,06	3,31	36,37
41	1	26	7	31,30	-5,54	32,74	3,35	36,09
42	3	27	6	48,50	-6,11	32,17	2,72	34,88

f: valor fenotípico, a: efeito aditivo, u: média genotípica ou média geral e d: efeito de dominância.

Tabela 5. Progresso genético estimado com a seleção direta para produção de frutos no 7º ano de cultivo dos três melhores indivíduos por família em *Bactris gasipaes* Kunth, Porto Velho – RO.

Table 5. Estimated genetic progress of direct selection for fruit production in the 7th year of cultivation of the three best individuals per family in *Bactris gasipaes* Kunth, Porto Velho – RO.

Ganho de seleção	Recombinação das melhores famílias* (%)	Propagação vegetativa (%)
Prod.	35,58	58,58
NCa	9,42	15,36
PC	17,20	28,46
Pfruto	19,17	31,65
Teor MS	15,75	26,18
Perf.	18,60	31,94

Prod: produção de frutos (kg.árvore⁻¹), NCa: número de cachos por planta, PC: peso médio de cachos (kg.cacho⁻¹), Pfruto: peso médio de frutos (g.fruto⁻¹), Teor MS: Teor de matéria seca (em porcentagem) e Perf: número de perfilhos por planta; *03 indivíduos por família.

Tabela 6. Resposta indireta da seleção para produção de frutos no 7º ano de cultivo dos três melhores indivíduos por família, em *Bactris gasipaes* Kunth, Porto Velho – RO.**Table 6.** Indirect response to fruit production selection in the 7th year of cultivation, of the three best individuals per family in *Bactris gasipaes* Kunth, Porto Velho – RO.

Progresso genético	Prod.	Nca	PC	Pfruto	Teor MS	Perf.
Produção de sementes (%)	35,58	7,09	5,89	2,01	-1,93	-3,82
Ganho de seleção (%)	92,95	67,85	153,00	7,01	-4,23	-124,02
Propagação vegetativa (%)	58,58	11,46	9,53	3,04	-3,30	-5,42
Ganho de seleção (%)	153,03	109,66	247,53	10,60	-7,24	-175,98

Prod: produção de frutos (kg.árvore⁻¹), NCa: número de cachos por planta, PC: peso médio de cachos (kg.cacho⁻¹), Pfruto: peso médio de frutos (g.fruto⁻¹), Teor MS: Teor de matéria seca (em porcentagem) e Perf: número de perfilhos por planta.

4 Conclusões

A produção de frutos no 5º e 6º anos de cultivo foi influenciada pelo longo período necessário para que essa palmeira alcance sua estabilidade produtiva. A seleção dos três melhores indivíduos por família proporcionou a manutenção do número efetivo associado a uma menor redução no ganho de seleção. A estimativa do ganho de seleção com a propagação vegetativa foi superior ao ganho estimado com a propagação por sementes. Os ganhos genéticos com a seleção de três indivíduos por família no 7º ano de cultivo, considerando o plantio de sementes e a propagação vegetativa, foram de 35,58% e 58,58% respectivamente.

Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. *Normais climatológicas: 1961-1990*. Brasília: Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária, 1992. 84 p.
- CLEMENT, C. R.; KALIL FILHO, A. N.; MODOLO, V. A.; YUYAMA, K.; RODRIGUES, D. P.; VAN LEEUWEN, J.; FARIAS NETO, J. T.; CRISTO-ARAÚJO, M.; FLORES, W. B. C. Domesticação e melhoramento de pupunha. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R. (Ed.). *Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas*. Viçosa: Editora UFV, p. 367-398, 2009.
- CLEMENT, C. R.; WEBER, J. C.; VAN LEEUWEN, J.; DOMIAN, C. A.; COLE, D. M.; LOPEZ, L. A. A.; ARGUELLO, H. Why extensive research and development did not promote use of peach palm fruit in Latin America. *Agroforestry Systems*, v. 61, n. 1, p. 195-206, 2004.
- CLEMENT, C. R.; YUYAMA, K.; CHÁVEZ FLORES, W. B. Recursos genéticos de pupunha. In: SOUSA, N. R.; SOUZA, A. G. C. (Ed.). *Recursos fitogenéticos na Amazônia Ocidental: conservação, pesquisa e utilização*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2001. p. 143-187.
- CORNELIUS, J. P.; WEBER, J. C.; SOTELO-MONTES, C.; UGARTE-GUERRA, L. J. Phenotypic correlations and site effects in a Peruvian landrace of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth). *Euphytica*, v. 173, n. 2, p. 173-183, 2010.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014. v. 2, 668 p.
- FALCONER, D. S. *Introdução a genética quantitativa*. Trad. de Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1987. 279 p.
- FARIAS NETO, J. T.; CLEMENT, C. R.; RESENDE, M. D. V. Estimativas de parâmetros genéticos e ganho de seleção para produção de frutos em progênies de polinização aberta de pupunha no Estado do Pará, Brasil. *Bragantia*, v. 72, n. 2, p. 122-126, 2013.
- FARIAS NETO, J. T.; OLIVEIRA, M. S. P.; RESENDE, M. D. V.; RODRIGUES, J. C. Parâmetros genéticos e ganhos com a seleção de progênies de *Euterpe oleracea* na fase juvenil. *Revista Cerne*. v. 18, n. 3, p. 515-521, 2012.
- FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância de predição de valores genéticos em pupunha (*Bactris gasipaes*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, n. 2, p. 320-324, 2001.
- FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, M. S. P.; NOGUEIRA, O. L.; FALCÃO, P. N. B.; SANTOS, N. S. A. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos de seleção em progênies de polinização aberta de açazeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 4, p. 1051-1056, 2008.
- FARIAS NETO, J. T.; YOKOMIZO, G.; BIANCHETTI, A. Coeficientes de repetibilidade genética de caracteres em pupunha. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, n. 3, p. 731-733, 2002.
- GOMES JÚNIOR, R. A.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; PINA, A. J. A.; SILVA, M. P.; RESENDE, M. D. V. Características vegetativas na fase juvenil de híbridos interespecíficos de caiaú com dendezeiro. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 58, n. 1, p. 27-35, 2015.
- GRANER, E. M.; OBERSCHELP G. P. J.; BRONDANI G. E.; BATAGIN-PIOTTO K. D.; ALMEIDA C. V.; ALMEIDA M. TDZ pulsing evaluation on the in vitro morphogenesis of peach palm. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, v.19, n.2, p.283-288, 2013.
- LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; RESENDE, M. D. V. Produção de cachos e parâmetros genéticos de híbridos de caiaú com dendezeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 10, p. 1496-1503, 2012.
- MACIEL, S. A.; FERMINO, P. C. P. JUNIOR; SILVA, R. A.; SCHERWINSKI-PEREIRA, E. Morpho-anatomical characterization of embryogenic calluses from immature zygotic embryo of peach palm during somatic embryogenesis. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 32, n. 2, p. 263-267, 2010.
- MOSSANEK, E. A. O.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S. ZUFFELLATO-RIBAS, K.C. Indução de perfilhos em mudas de pupunha. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 34, n. 77, p. 39-48, 2014.

OKOYE, M. N.; OKWUADWI, C. O.; UGURU, M. I. Population Improvement for fresh fruit bunch yield and yield components in oil palm (*Elaeis guineenses* Jacq.). *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, v. 4, n. 2, p. 59-63, 2009.

PEREIRA, M. B.; VENCOVSKY, R. Limites da seleção recorrente. I. Fatores que afetam o acréscimo das frequências alélicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 7, n. 23, p. 769-780, 1988.

PIRES, J. E.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, R. L.; RESENDE JÚNIOR, M. F. R. *Genética florestal*. Viçosa: Editora Arka, 2011. 328 p.

RESENDE, M. D. V. *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. *SELEGEN-REML/BLUP - Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos*. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 359p.

RESENDE, M. D. V. *Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genéticos*. Colombo: Embrapa Florestas. 2007b. 362 p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007c.

SANTOS, M. R. A.; FERREIRA, M. G. R.; CORREIA, A. O.; ROCHA, J. F. *In vitro* establishment and callogenesis in shoot tips of peach palm. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 1, p. 40-44, 2010.

SANTOS, M. R. A.; ROCHA, J. F.; FERREIRA, M. G. R.; CORREIA, A. L. Estabelecimento *in vitro* e calogênese em explantes foliares de pupunheira. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 55, n. 3, p. 197-203, 2012.

VENCOVSKI, R.; BARRIGA, P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VIÑAS, M.; JIMÉNEZ, V. M. Factores que influyen en la embriogénesis somática *in vitro* de palmas (Arecaceae). *Revista Colombiana de Biotecnología*, v. 13, n. 2, p. 229-242, 2011.

Contribuição dos autores: Catielle Vieira Borges desenvolveu sua dissertação de doutorado elaborando os resultados de pesquisa desse trabalho; Fábio Medeiros Ferreira orientou a estudante e auxiliou no desenvolvimento da parte escrita; Victor Ferreira de Souza e Rodrigo Barros Rocha contribuíram com a condução dos experimentos de campo e análise dos dados e André Luiz Atroch auxiliou no desenvolvimento da parte escrita.

Agradecimentos: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsas.

Fonte de financiamento: Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.