

ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE PROGÊNIES DE AÇAÍ DA ETNOVARIEDADE BRANCA NO PARÁ

STABILITY AND ADAPTABILITY OF AÇAÍ PROGENIES FROM WHITE ETNOVARIETY IN PARÁ

Gilberto Ken Iti Yokomizo¹

Kuang Hongyu²

Ana Késsia Freitas de Matos³

Maria do Socorro Padilha de Oliveira⁴

Eneas Corrêa dos Santos⁵

Resumo: A crescente demanda pela polpa de açaí preto ou violáceo tem gerado nas áreas de produção a eliminação de outras variedades como a etnovarietade branca. A pressão antrópica em busca apenas da etnovarietade preta tem gerado erosão genética do açaí branco, portanto estudos que mostre sua importância e divulgue sua existência possuem importância. O objetivo deste trabalho foi verificar a diversidade em progênies de açaí branco do banco ativo de germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental. O experimento contém 52 progênies instaladas em 2003, no delineamento inteiramente casualizado, dez repetições de uma planta por parcela, no espaçamento de 5 m x 5 m. As características avaliadas foram peso total do cacho (PTC) em kg; peso dos frutos nos cachos (PFC) em kg; rendimento de frutos por cacho (RFC), em % e; peso cem frutos (PCF) em g, sendo que as análises gráficas AMMI foram empregadas nos dados obtidos. Os resultados mostram que as progênies com maior contribuição para as médias e com maior estabilidade são G27 e G18 para PTC e PFC; G27, G16, G18 e G12 para RFC e G1, G27 e G50 para PCF, destacando-se a progênie G27 em todas as características. Concluiu-se que há progênies com estabilidade e adaptabilidade importantes para o melhoramento genético; as progênies do BAG apresentam variabilidade para a seleção; há possibilidade de se recomendar material selecionado para cultivo, gerando divulgação maior do açaizeiro da etnovarietade branca para consumo, diminuindo as possibilidades de sua extinção.

Palavras-chave: *Euterpe oleracea* Mart.; melhoramento genético; análise gráfica; AMMI.

Abstract: The growing demand for the black or violet açaí pulp has generated the elimination of other varieties in the production area, such as the white ethnovariety. The anthropic pressure in search only of the black ethnovariety has generated genetic erosion of the white açaí, therefore, studies showing its importance and existence are important. The objective of this work was to verify the diversity in white açaí progenies of the active germplasm bank of Embrapa Amazônia Oriental. The experiment contains

¹ Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Amapá). E-mail: gilberto.yokomizo@embrapa.br.

² Professor Adjunto concursado da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). E-mail: kuang_hongyu@hotmail.com.

³ Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado do Amapá (UEAP). E-mail: freitasdematosana@gmail.com.

⁴ Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Amazônia Oriental). E-mail: socorro-padilha.oliveira@embrapa.br.

⁵ Agrônomo pela Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: enneas_agronomo@hotmail.com.

52 progenies installed in 2003, in a completely randomized design, with ten replications of one plant per plot, spaced 5 m x 5 m. The characteristics evaluated were total bunch weight (PTC) in kg; fruit weight in bunches (PFC) in kg; fruit yield per bunch (RFC), in % and; weight of one hundred fruits (PCF) in g, and the AMMI graphical analyzes were used in the obtained data. The results show that the progenies with the greatest contribution to the averages and with the greatest stability are G27 and G18 for PTC and PFC; G27, G16, G18 and G12 for RFC and G1, G27 and G50 for PCF. Highlighting the G27 progeny in all characteristics. It was concluded that progenies with stability and adaptability are important for genetic improvement; BAG progenies present variability for selection; there is the possibility of recommending material selected for cultivation, generating greater dissemination of the white ethnovariety açai tree for consumption, reducing the possibilities of its extinction.

Key words: *Euterpe oleracea* Mart.; genetic breeding; graphic analysis; AMMI.

Data de submissão: 25.08.2022

Data de aprovação: 02.08.2023

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/4434>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v29i63.4434>).

1 INTRODUÇÃO

O açazeiro é uma palmeira frutífera da família Arecaceae, com presença endêmica na região da Amazônia brasileira e explorada principalmente de forma extrativa, possuindo importante contribuição na composição econômica da fruticultura regional, quanto à produção, comércio e consumo de polpa, movimentando grandes mercados, notadamente no Estado do Pará (Neves et al., 2015). Ressalta-se que a polpa do fruto de açai é o principal e mais conhecido produto desta palmeira, sendo um símbolo deste Estado (Silvestre et al., 2016).

A polpa de açai tem apresentado demanda crescente de comercialização, reflexo da imagem associado ao apelo ecológico e a divulgação de suas qualidades nutracêuticas, alcançando os mercados nacionais e também os internacionais (Pagliarussi, 2010). O Brasil possui praticamente todas as áreas de colheita de açai e é o maior produtor mundial, o maior consumidor e exportador da polpa de açai (Menezes, 2005). Em 2020 foi produzido aproximadamente 1500 mil t, em uma área de 221 mil ha, gerando cerca de R\$ 4,754 bilhões, sendo que a região Norte representou 99% destes valores e, o Estado do Pará se destacou com aproximadamente 96% do total brasileiro (IBGE, 2022).

Inconscientemente, as comunidades tradicionais humanas realizaram o processo de melhoramento e domesticação de muitas espécies vegetais desde há muito tempo, acumulando uma biodiversidade ampla, estando o açazeiro inserido neste contexto, resultando em expressiva quantidade de variedades denominadas de “crioulas” em uso e cultivo, sendo consideradas como produtos culturais, as denominadas etnovariedades (Peroni & Martins, 2000).

As distintas etnovariedades existentes de açazeiro devem conter diversidade de tipos para as características morfológicas, produtivas e químicas, o que de fato é citado por Jardim (2000), Pimentel e Jardim (2009). Estes resultados foram baseados na diferenciação das estruturas morfológicas, principalmente na coloração de frutos,

formato de inflorescências, cachos e outras, intitulando-as como tipo açaí preto, açaí tinga, açaí malhado, açaí mulato, açaí espada e açaí branco, sendo que Jardim e Oliveira (2014) incluíram o açaí chumbinho. A principal característica do açaí branco é a presença de coloração verde clara dos frutos na maturação, sendo importante citar que os frutos do açaizeiro do tipo preto, quando maduros, mostram coloração variando do roxo escuro e preto (Nogueira et al., 2005; Oliveira & Tavares, 2016).

Um reflexo indesejável gerado pela crescente demanda de açaí para outros mercados, além da Norte do País, tem causado um fluxo com ausência de planejamento de produção de frutos, sem a adoção no mesmo ritmo de práticas de conservação ambiental e retorno social para as populações (Teixeira, 2018). Esta expansão sem premissas, de conservação ambiental, contrapõe-se à manutenção da biodiversidade, estimulando a derrubada de outras espécies (redução da competição), onde tem se a eliminação das populações de açaí branco (Homma et al., 2006), ou seja, as práticas de manejo atuais, têm causado problemas quanto a manutenção de diversas espécies presentes ao lado do açaizeiro preto (Homma, 2014; Tagore et al., 2018).

A caracterização dos recursos genéticos constitui em uma importante contribuição para que a variabilidade genética seja explorada, tanto na seleção de variedades superiores como para recombinação nos programas de melhoramento genético. Entretanto, esta caracterização tem como complicador as variações devido aos fatores ambientais, fenômeno comumente intitulado como interação genótipos ambientes (GxA). Estas interações dificultam a seleção e recomendação de genótipos adaptados e estáveis para determinadas localidades (Cruz et al., 2014). Como os programas de melhoramento genético buscam selecionar materiais com ampla adaptação e estabilidade para recomendação para diversos locais, as pesquisas demandam tempo e recursos (Malosetti et al., 2013).

A análise gráfica AMMI (“Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model”) é um procedimento eficaz para se verificar e entender a interação GxA, cujos resultados permitem interpretar e compreender os diferentes padrões da interação, estimando melhores predições das respostas genóticas entre diferentes ambientes (Silva, 2016) e, também permitem compreender a estabilidade e a adaptabilidade dos diferentes materiais genéticos em estudo (Ramalho et al., 2012; Karimizadeh et al., 2016).

Devido à possibilidade de erosão genética de açaí branco, é fundamental a disponibilização de informações que possam estimular e mostrar a importância deste tipo de açaí. Portanto, o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento de progênies da etnovariabilidade de açaizeiro branco para verificar quais progênies mostraram-se superiores em termos de estabilidade e desempenho nas características avaliadas.

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAL GENÉTICO E LOCAL

O material genético desta pesquisa são 52 progênies de açaí da etnovarietade branca, pertencente ao programa de melhoramento genético de açaizeiro para produção de frutos no estuário amazônico da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, conduzido em 1° 27'21"S e 48° 30'16"W e 10,8m de altitude. O experimento foi instalado em fevereiro de 2003, empregando-se o delineamento inteiramente casualizado, contendo dez repetições de uma planta por parcela, com espaçamento entre plantas de 5 m x 5 m. As sementes foram coletadas em seis locais em municípios do estuário amazônico; Curralinho (01°48'49" S e 49°47'43" W), Breves (01°40'56" S e 50°28'49" W), São Sebastião da Boa Vista (01°43'03" S e 49°32'27" W), Muaná (1°53'51" S e 49°23'71" W), Limoeiro do Ajurú (01°53'42" S e 49°22'51" W) e Ponta de Pedras (1°39'28" S e 48°87'05" W), todos localizados no Arquipélago do Marajó, na foz do rio Amazonas (estado do Pará, Brasil).

2.2 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS E ESTATÍSTICA

As características avaliadas foram realizadas entre 2009 e 2018: peso total do cacho (PTC) em kg; peso dos frutos nos cachos (PFC) em kg; rendimento de frutos por cacho (RFC), em %, obtido pela divisão entre PFC e PTC, multiplicado por 100 e peso de cem frutos (PCF) em gramas.

O tratamento estatístico dos dados, incluiu as análises de variância e a análise de estabilidade e adaptabilidade via modelo AMMI, empregando-se o modelo matemático descrito por Duarte e Vencovsky (1999), como segue:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}, \text{ em que: } Y_{ij} \text{ é a resposta média das repetições}$$

da i -ésima progênie ($i = 1, 2, 3, \dots, g$) no j -ésimo ano ($j = 1, 2, 3, \dots, a$); μ é a média de todas as progênies em todos os anos (média geral); g_i é o efeito principal da progênie " i "; a_j é o efeito principal do ano " j "; λ_k , γ_{ik} e α_{jk} referem-se aos termos da decomposição singular (DVS) também denominada de análise de componentes principais (ACP) da matriz $GE_{g \times a} = \{(ga)_{ij}\}$, que exprimem e capturam o "padrão" referente à interação da progênie " i " com a ano " j ", sendo $(ga)_{ij}$ os desvios de aditividade dos dados (Y_{ij}) em relação aos efeitos principais g_i e a_j ; ρ_{ij} representa o ruído adicional a ser eliminado na análise, relativamente ao termo $(ga)_{ij}$ tomado, corriqueiramente, como a própria interação; e $\bar{\varepsilon}_{ij}$ é o erro experimental médio, em nível de médias de repetições, assumido: i.i.d. $\sim N(0, \sigma^2)$.

A análise AMMI envolve duas etapas em sequência: 1) os efeitos principais, na parte aditiva do modelo (média geral, efeitos de progênies e anos), sendo ajustados por análise de variância (ANOVA), gerando um resíduo de não aditividade: $(\hat{ga})_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}$, isto é, nas estimativas de quadrados mínimos ordinários de $(ga)_{ij}$; 2) a interação (parte multiplicativa do modelo) é ajustada mediante DVS ou ACP aplicada à matriz $GE_{g \times a} = \{(\hat{ga})_{ij}\}$, resultando a parte intitulada como "padrão" (sendo a interação – interação AMMI), e a outro intitulada como "ruído", que deve ser

ignorada em somatório ao resíduo ANOVA.

Para determinar quantos eixos principais deviam ser considerados para explicar e representar graficamente o padrão da interação, adotou-se os critérios apresentados por Gauch e Zobel (1988), onde se considera a proporção da soma de quadrados da interação original ($SQ_{G \times A}$) acumulada até o n-ésimo eixo: $\sum_{k=1}^n \lambda_k^2 / SQ_{G \times A}$.

Para proceder as análises, empregou-se os procedimentos do programa R versão 3.4.1 (R: The R Project for Statistical Computing, s.d.).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise de variância (Tabela 1) apresentam diferenças estatísticas significativas do efeito dos anos a 5% para PCF e a 1% para as demais características. Adicionalmente, as progênies de açaizeiro da etnovariabilidade branca (G) foram também estatisticamente distintas para todas as características, sendo indicativo de que há variabilidade nas progênies, sendo que Sousa et al. (2017) também obtiveram diferenças significativas em açaizeiro do tipo violáceo. A interação GxA significativa, também permite a continuidade da análise gráfica AMMI, para se estudar a estabilidade das progênies de açaí da etnovariabilidade branca.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância univariada para PTC, PFC, RFC e PCF em progênies de açaí branco de 2009 a 2018.

	GL	PTC	PFC	RFC	PCF
A	9	1178,99**	803,76**	2159,26**	2284,19*
R(A)	90	15,95**	11,93**	163,16**	984,21 ^{ns}
G	29	25,96**	23,42**	192,24*	2927,82**
GxA	157	16,17**	14,13**	169,72**	1275,03**
Resíduo	427				
CV		45,690	54,002	14,179	16,355
Média		4,001	3,168	74,408	174,49

Sendo: Anos - A; repetições dentro de anos - R(A); progênies - G.

PTC: peso total do cacho; PFC: peso dos frutos nos cachos; RFC: rendimento de frutos por cacho e; PCF: peso de cem frutos.

Fonte: Os autores, 2022.

A análise de procedência, apesar das coletas terem sido realizadas em localidades com certo distanciamento físico, não foi efetuada, pois conforme resultados com as mesmas progênies por Rios et al. (2021), não há relação sequencial, ou seja, quando efetuado o dendrograma, as progênies não se agrupam de forma contínua.

Na análise dos componentes principais (ACP ou PCA), na tabela 2, os resultados evidenciam quanto cada componente explica o autovalor, em porcentagem, e a proporção acumulada, que se refere à soma acumulativa de cada componente, sucessivamente dos seus anteriores até 100% (Araújo & Coelho, 2009). Os dois primeiros PCs foram responsáveis para PTC, PFC, RFC e PCF de 86,0%, 85,9%, 61,1% e 58,2%, respectivamente, sendo que nas duas primeiras características foram superiores e nas outras duas, próximas ao observado, em mandioca por Gonçalves et al. (2021).

Tabela 2 - Porcentagem, porcentagem acumulada, QM dos quatro primeiros eixos componentes.

		Porc	PorcAcum	QM
PTC	PC1	77,1	77,1	373,307**
	PC2	8,9	86,0	45,661**
	PC3	5,0	91,1	27,264**
	PC4	2,7	93,7	15,408**
PFC	PC1	77,4	77,4	300,858**
	PC2	8,5	85,9	35,055**
	PC3	5,1	91,1	22,303**
	PC4	2,9	93,9	13,359**
RFC	PC1	47,2	47,2	2846,257**
	PC2	13,9	61,1	888,781**
	PC3	10,8	71,9	728,398**
	PC4	8,3	80,2	600,770**
PCF	PC1	37,7	37,7	12523,879**
	PC2	20,5	58,2	7209,664**
	PC3	15,0	73,2	5592,578**
	PC4	8,9	82,1	3512,028**

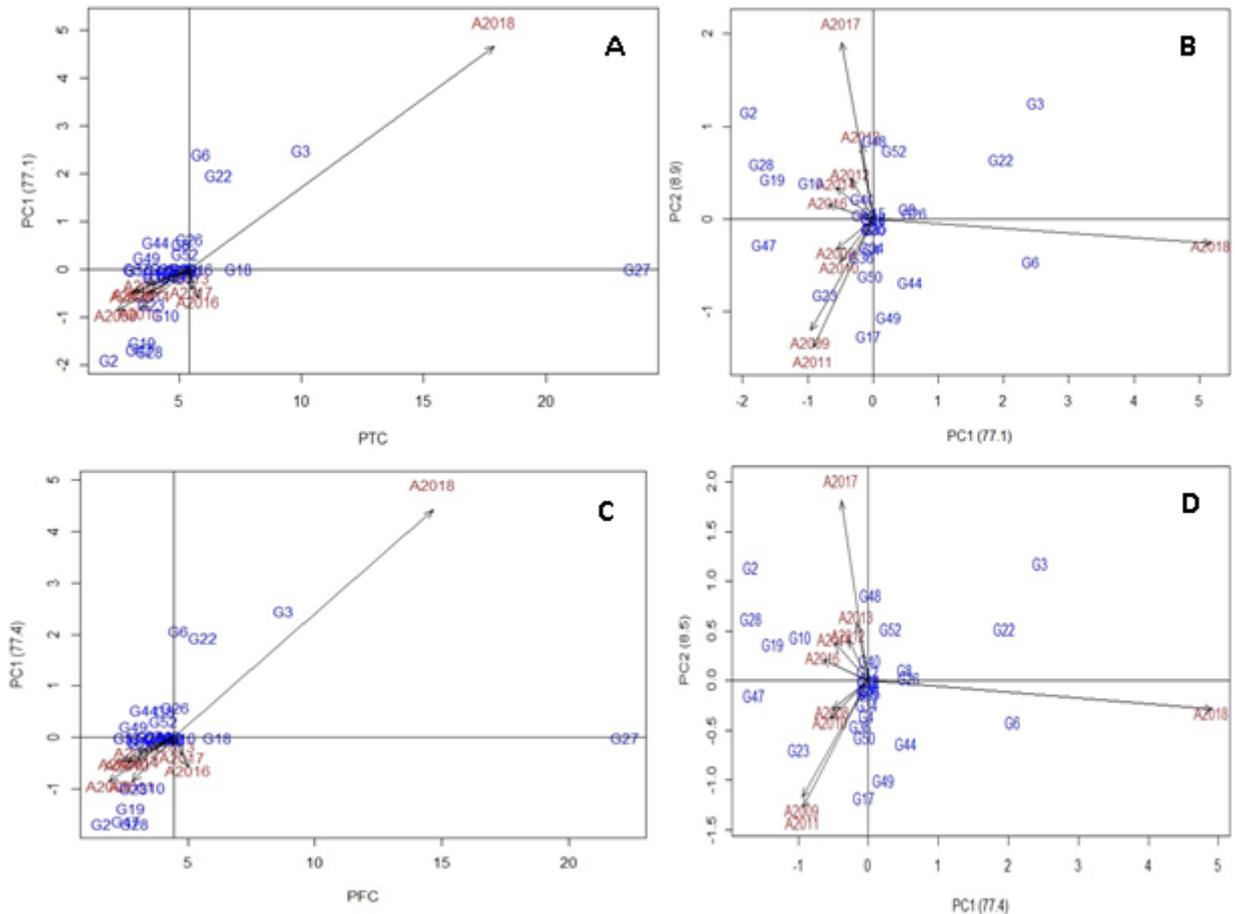
PTC: peso total do cacho; PFC: peso dos frutos nos cachos; RFC: rendimento de frutos por cacho e;
PCF: peso de cem frutos.
Fonte: Os autores, 2022.

A somatória, dos dois primeiros eixos componentes, pode ser considerada suficiente, conforme apresentando por Yang et al. (2009), onde os dois primeiros componentes principais devem explicar cerca de 60% da variância total, apesar do teste F_{Gollub} indicar a significância dos quatro primeiros eixos PCs. Desta forma, considera-se que houve captura das variações de origem genética, descartando efeitos de ruídos, ou também denominado de efeitos estocásticos, que atrapalhariam a interpretação das análises (Maia et al., 2019). O modelo AMMI2 adotado se enquadra no que é considerado “padrão” quanto à interação GxA para o conjunto modelo-dados, sendo que os demais eixos contêm apenas informações que atrapalhariam a correta interpretação de comportamento das progênies.

Sobre a presença de três eixos, contendo cerca de 70% da variância em RFC e PCF, tem-se que Venturini et al. (2013) citam, em produção de ovos avaliado semanalmente, que três PCs foram suficientes para explicar cerca de 71% da variância total dos valores genéticos das características, mesmo sendo com espécie diferente do presente estudo, os resultados obtidos corroboram os obtidos em açaizeiro branco.

Na figura 1^a, para peso total do cacho e 1C para peso de frutos no cacho, as progênies ou anos que se localizarem nas proximidades da origem do eixo PC1, independente do outro eixo no modelo AMMI1, são os que apresentam maior estabilidade (Duarte & Vencovsky, 1999; Guzman & Alejandro, 2002; Lavoranti, 2003). Já no modelo AMMI2 (Figura 1B e 1D), são aqueles que se plotarem mais perto da origem dos dois eixos. Baseado nestas informações, ao se observar o modelo AMMI1 da Figura 1A e 1C, nota-se a concentração das progênies próxima do centro de origem dos eixos, que significa haver pouca variabilidade e alta estabilidade em geral, porém ao se adicionar as informações inerentes ao modelo AMMI2 da Figura 1B e 1DB, introduzindo correções na dispersão das progênies, tem-se um aumento na dispersão das mesmas e com isso a observação de uma variabilidade maior, o que torna interessante ao mostrar que a coleta que originou as progênies, conseguiu gerar uma população contendo importante variabilidade genética para a finalidade de seleção.

Figura 1 - A) Biplot AMMI1, Médias (x) vs PC1 (y) para peso total do cacho; B) Biplot AMMI2, PC1 (x) vs PC2 (y) para peso total do cacho; (C) Biplot AMMI1, Médias (x) vs PC1 (y) peso de frutos no cacho; (D) Biplot AMMI2, PC1 (x) vs PC2 (y) para peso de frutos no cacho, com os ambientes correspondentes a anos para progênes de açaizeiros. Anos identificados numericamente e progênes identificadas como P seguido de número.



Fonte: Os autores, 2022.

No biplot AMMI1 (médias vs. PC1) da Figura 1A e 1C, as progênes que apresentam estabilidade superior, com isso menor contribuição para a interação GxA, capturada no primeiro eixo principal (PC1), portanto possuidores de ampla adaptabilidade aos anos agrícolas de avaliação e, adicionalmente, contribuições positivas para a média que foram G27 e G18. A presença de diferenças de estabilidade e adaptabilidade, específicas entre as progênes, assemelha-se ao comportamento citado por Nunes et al. (2011) com melão Gália, para Oliveira et al. (2014) com maracujá-amarelo e por Yokomizo et al. (2016) com bananeiras.

Também existiram progênes que contribuíram positivamente para as médias, contudo não foram estáveis, sendo G3, G22 e G6, similares ao informado por Aliyu et al. (2014) e, distinto ao resultado de Maia et al. (2009) cujos materiais de maior produtividade foram também os com maior estabilidade.

Na análise do modelo biplot AMMI2 (Figura 1B e 1D), foi ratificada a estabilidade de G27 e G18 manifestada no modelo AMMI1, significando que o ponto de corte do PC1, *per se* foi suficiente para precisar o comportamento das progênes, permitindo supor que a característica peso total do cacho aqui, sofreu pouca influência ambiental.

A adição da informação capturada pelo segundo eixo (PC2), indubitavelmente, é válido e de fundamental importância ao ratificar a análise sob uma única dimensão. A estabilidade, das duas progênies, permite aceitar de forma confiável a classificação dos materiais genéticos nestes ambientes em testes quanto à média geral dos ambientes, conforme citam Rocha et al. (2007) e, portanto, estas são consideradas como promissoras.

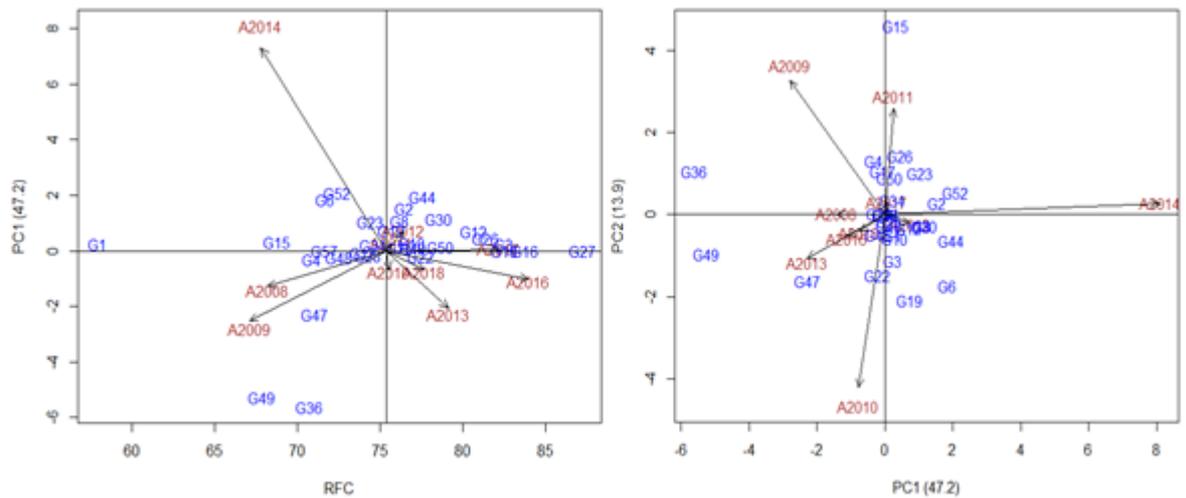
A coincidência nos dois gráficos (AMMI1 e AMMI2) quantos as contribuições interações negativas ou positivas das progênies em geral é indicativo que apenas o primeiro eixo foi suficiente para expressar a porção mais importante do padrão da interação sendo, semelhante ao obtido no trabalho de Sethi et al. (2016), e distinto ao de Oliveira et al. (2014) que necessitou do modelo AMMI2 para corrigir distorções do modelo AMMI1.

Relativamente aos anos de avaliações, 2018 mostrou maior contribuição para a interação GxA em relação às progênies. Comportamento identificado com base na amplitude de dispersão, ou seja, no comprimento dos vetores associados aos anos agrícolas comparados aos das progênies, nos dois modelos biplots (médias x PC1 e; PC1 x PC2), tendência inúmeras vezes observado em outras espécies vegetais, como citado por Nunes et al. (2011), Oliveira et al. (2014) e Yokomizo et al. (2016).

No modelo AMMI2 (Figura 1B e 1D), como os anos estão distribuídos em quadrantes distintos, tem-se que fatores ambientais específicos apresentaram contribuição importante na interação associada ao primeiro eixo principal. Fatores estes provavelmente associados às diferenças climáticas, de manejo e também ao estágio fenológico de desenvolvimento das plantas, diferindo do obtido por Aliyu et al. (2014) cujos ambientes foram similares.

Já para as características RFC e PCF no modelo AMMI1 da Figura 2A e 2B para rendimento de frutos, há dispersão das progênies, em maior intensidade em relação a PTC e PFC, indicando maior diversidade genética contida em relação a estas características no BAG. Esta variabilidade indica a viabilidade de ganhos de seleção nas progênies. Indicando que as progênies se comportaram de forma distinta para RFC.

Figura 2 - Análise AMMI para rendimento de frutos do cacho, sendo: A) Biplot AMMI1, Médias (x) vs PC1 (y) e; B) Biplot AMMI2, PC1 (x) vs PC2 (y), com os ambientes correspondentes a anos para progênies de açaizeiros. Anos identificados numericamente e progênies identificadas como P seguido de número.



Fonte: Os autores, 2022.

No modelo AMMI1 (médias vs. PC1) da Figura 2^a, as progênies que apresentaram melhor estabilidade, e por isso tiveram contribuição inferior para a interação GxA, capturada no primeiro eixo principal (PC1) e também mostraram contribuição positiva para a média foram G27, G16, G18, G3, G26, G12, G50 e G22, sendo os de ampla adaptabilidade aos anos agrícolas de avaliação. Essa dispersão dos materiais genéticos, que é desejável por indicar variabilidade genética, sendo similar ao comportamento citado por Nunes et al. (2011) com melão Gália, por Oliveira et al. (2014) com maracujá-amarelo e por Yokomizo et al. (2016) com bananeira.

Também houve progênies que contribuíram positivamente para as médias, mas não foram estáveis, sendo G30 e G44, semelhante aos resultados de Aliyu et al. (2014) e, diferente ao resultado de Maia et al. (2009) cujos materiais de melhor desempenho médio foram também mais estáveis.

No modelo biplot AMMI2 para RFC (figura 2B), foi ratificado a estabilidade de G27, G16, G18 e G12 observado em AMMI1, porém, o ponto de corte do PC1, *per se* indica a necessidade da adoção do segundo eixo para correções de distorções, permitindo inferir aqui que a característica rendimento de frutos do cacho interagiu de maneira intermediária com os fatores ambientais. Com as correções descartam-se as progênies G3, G26, G50 e G22, antes consideradas estáveis. Esse desempenho de estabilidade das progênies G27, G16, G18 e G12 permite confiar na classificação dos materiais genéticos nos ambientes, conforme citam Rocha et al. (2007) e estas são, portanto, as promissoras.

Em relação à característica RFC, não foi observada especificidade acentuada de alguma progênie a determinado ano no modelo AMMI1 e o mesmo ocorreu no modelo AMMI2. Esta ausência do comportamento da interação explícita de progênies com alguns ambientes (ano) não é comum, diferindo ao citado por Aliyu et al. (2014).

Nem toda interação negativa ou positiva das progênies foram ratificadas no biplot AMMI2 (Figura 2B), necessitando da adoção do segundo eixo para correções quanto ao comportamento dos materiais genético, diferindo ao ocorrido no trabalho de Sethi et al. (2016), e similar a Oliveira et al. (2014) que necessitou do modelo AMMI2 para corrigir distorções do modelo AMMI1.

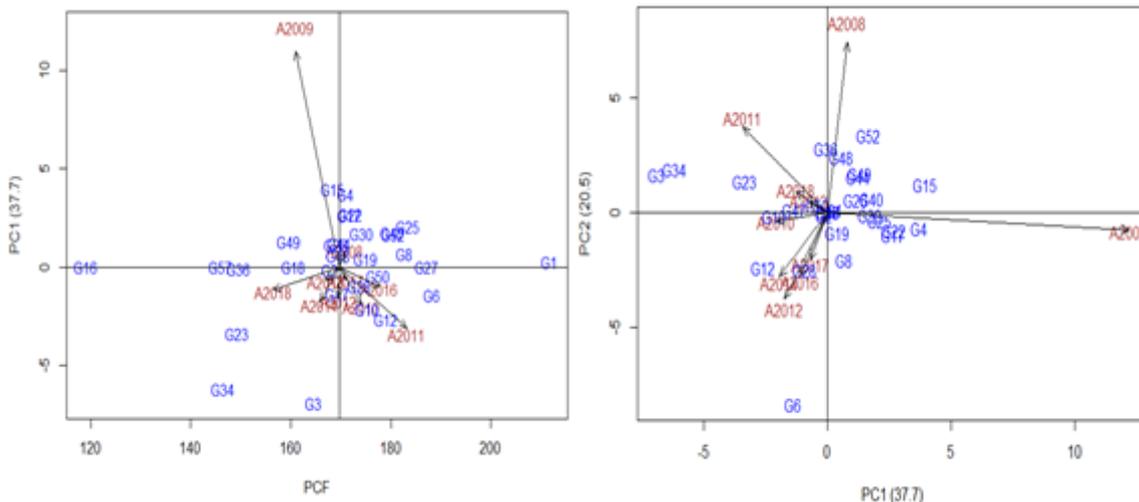
Quanto aos anos de avaliação, 2014 mostrou maior contribuição para a

interação GxA em relação às progênes para o rendimento de frutos do cacho, baseado na amplitude de dispersão, ou seja, pelo comprimento dos vetores associados aos anos em relação ao das progênes, nos dois modelos biplots (médias x PC1 e; PC1 x PC2), tendência observada também em outras espécies vegetais, como citado por Nunes et al. (2011), Aliyu et al. (2014), Oliveira et al. (2014) e Yokomizo et al. (2016).

No modelo AMMI2 (Figura 2B), teve-se distribuição dos anos em quadrantes distintos, ou seja, existiram distintos fatores ambientais em intensidades diferentes para a contribuição na interação associada ao primeiro eixo principal. Fatores estes relacionados às condições climáticas, de manejo e também ao estágio fenológico de desenvolvimento das plantas, distinto aos resultados de Aliyu et al. (2014) cujos ambientes assemelharam-se.

Observando-se a Figura 3A para peso de cem frutos do cacho no modelo AMMI1 existe dispersão tanto de progênes como dos anos, sendo mais intensa em progênes, indicando contribuições diferentes, ou seja, há diversidade no BAG para os materiais genéticos, semelhante ao observado em AMMI2 da Figura 3B. Indicativo de que os materiais genéticos conseguiram reter importante variabilidade genética populacional.

Figura 3 - Análise AMMI para peso de cem frutos do cacho, sendo: A) Biplot AMMI1, Médias (x) vs PC1 (y) e; B) Biplot AMMI2, PC1 (x) vs PC2 (y), com os ambientes correspondentes a anos para progênes de açaizeiros. Anos identificados numericamente e progênes identificadas como P seguido de número.



Fonte: Os autores, 2022.

Referente ao desempenho das progênes superiores (figura 3A), destacaram-se G1, G27, G8, G19 e G50 com estabilidade superior e, portanto, menor contribuição para a interação GxA, capturada no primeiro eixo principal (PC1) e contribuições positivas para a média. Diferentes comportamentos das progênes, é sem dúvida importante, por indicar que há diversidade entre os materiais genéticos, variabilidade também citada por Nunes et al. (2011) com melão Gália, por Oliveira et al. (2014) em maracujá-amarelo e por Yokomizo et al. (2016) em bananeira.

As progênes que contribuíram positivamente para as médias, mas sem estabilidade foram G6, G25, G40 e G52, semelhante ao comportamento citado em Aliyu et al. (2014) e, diferente à Maia et al. (2009), onde os mais produtivos também foram os mais estáveis.

Na inclusão do modelo biplot AMMI2 (figura 3B) foi ratificado a estabilidade

apenas de G1, G27 e G50, existente no modelo AMMI1, portanto o ponto de corte do PC1, *per se* foi parcialmente suficiente na estimação do desempenho das progênies, permitindo supor que a característica peso de cem frutos do cacho apresenta influência de fatores ambientais. Sendo que a correção da distorção devido a estes fatores notáveis pelo segundo eixo (PC2) torna confiável a classificação dos materiais genéticos, conforme citam Rocha et al. (2007).

A complementariedade e correções em relação ao comportamento de interações das progênies evidência a necessidade do biplot AMMI2 (Figura 3B), expressando corretamente a porção mais importante do padrão da interação, diferenciando-se do observado por Sethi et al. (2016), e semelhante à Oliveira et al. (2014) que teve a necessidade da adição do modelo AMMI2 para corrigir distorções do modelo AMMI1.

No modelo AMMI2 (figura 3B) tem-se uma distribuição dos anos nos quatro quadrantes, mostrando que houve contribuição distinta na interação associada ao primeiro eixo principal. Fatores devido às diferenças climáticas, de manejo e também ao estágio fenológico de desenvolvimento das plantas, diferindo do obtido por Aliyu et al. (2014) cujos ambientes foram similares.

Os resultados de desempenho das progênies mostram como superiores, com maiores contribuições para as médias e de maior estabilidade para PTC e PFC, as identificadas como G27 e G18; para RFC as G27, G16, G18 e G12 e para PCF as G1, G27 e G50. Destacando-se a progênie G27 para todas as características avaliadas. O efeito mais pronunciado do ano de 2018 para PTC e PFC; 2014 para RFC e 2009 para PCF indicam que determinados fatores ambientais contribuem mais intensamente para cada característica, devendo-se estudar os mesmos de forma mais específica.

4 CONCLUSÃO

Há progênies que apresentam estabilidade e adaptabilidade importantes para os diferentes tipos de recomendação de cultivo em processos de melhoramento genético.

Há importante variabilidade entre as progênies do BAG de açazeiro da etnovarietade branca para seleção.

Existe a possibilidade de se recomendar material selecionado para cultivo, gerando divulgação maior do açazeiro da etnovarietade branca para consumo, diminuindo as possibilidades de extinção desta etnovarietade.

REFERÊNCIAS

Aliyu, O. M., Adeigbe, O. O., & Lawal, O. O. (2014). Phenotypic stability analysis of yield components in Cashew (*Anacardium occidentale* L.) using additive main effect and multiplicative interaction (AMMI) and GGE biplot analyses. *Plant Breeding Biotechnology*, 2(4), 354-369.

<https://doi.org/10.9787/PBB.2014.2.4.354>

Araújo, W. O., & Coelho, C. J. (2009). *Análise de Componentes Principais (PCA)*. Centro Universitário de Anápolis.

Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S., & Regazzi, A.J. (2014). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético* (3. ed.). Editora UFV.

- Duarte, J. B., & Vencovsky, R. (1999). *Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI*. Sociedade Brasileira de Genética.
- Gauch, H. G., & Zobel, R. W. (1988). Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. *Theoretical and Applied Genetics*, 76(1), 1-10.
<https://doi.org/10.1007/BF00288824>
- Gonçalves, Z. S., Lima, L. K. S., Borges, C. V., & Rocha, A. J. (2021). Avaliação agronômica e qualidade de farinha em cultivares de mandioca sob condições de campo. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 9(2), 192-200.
<https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v9n2.goncalves>
- Guzman, P. S., & Alejandro, F. R. (2002). *Searching for better white corn genetics for marginal uplands in the Philippines*. [Proceedings] Asian Regional Maize Workshop. Bangkok.
- Homma, A. K. (2014). Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? In: A.K.O. Homma (Ed.). *Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação* (pp.17-43). Embrapa.
- Homma, A.K.O., Nicoli, C.M.L., Menezes, A.J.E.A., Matos, G.B., Carvalho, J. E.U., & Nogueira, O.L. (2006). *Custo operacional de açazeiro irrigado no nordeste paraense*. Embrapa Amazônia Oriental.
- IBGE. (2020). *Produção de açaí (cultivo), 2020*. Retrieved July 06, 2022, from <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acai-cultivo/br>.
- Jardim, M.A.G. (2000). *Morfologia e ecologia do açazeiro Euterpe oleracea Mart. E das etnovariedades espada e branco em ambientes de várzea do estuário*. Universidade Federal do Pará.
- Jardim, M.A.G., & Oliveira, F.G. (2014). Morfologia Floral de Duas Etnovariedades de Euterpe oleracea Mart. do Estado do Pará. *Biota Amazônia*, 4(4), 6-9.
<https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v4n4p6-9>
- Karimizadeh, R., Asghari, A., Chinipardaz, R., Sofalian, O., & Gharffarii, A. (2016). Determining yield stability and model selection by AMMI method in rain-fed durum wheat genotypes. *Turkish Journal of Field Crops*, 21(2), 174-183.
<https://doi.org/10.17557/tjfc.17390>
- Lavoranti, O. J. (2003). *Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem "Bootstrap" no modelo AMMI*. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Maia, M. C. C., Almeida, A. S., Araújo, L. B., Dias, C. T. S., Oliveira, L. C., Yokomizo, G. K. I., Rosado, R. D. S., Cruz, C. D., Vasconcelos, L. F. L., Lima, P. S. C., & Medina-Macedo, L. (2019). Principal component and biplot analysis in the agro-industrial characteristics of *Anacardium* spp. *European Scientific Journal*, 15(30), 21-31. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n30p21>

- Maia, M. C. C., Resende, M. D. V., Paiva, J. R. de, Cavalcanti, J. J. V., & Barros, L. de M. (2009). Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genóticas em clones de cajueiro, via modelos mistos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39(1), 43-50.
- Malosetti, M., Ribaut, J. -M., & Eeuwijk, F. A. van. (2013). The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. *Frontiers in Physiology*, 4, article 44. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00044>
- Menezes, E.M.S. (2005). *Efeito da alta pressão hidrostática em polpa de açaí pré-congelada (Euterpe oleracea, Mart.)*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Neves, L.T.B.C., Campos, D.C.S., Mendes, J.K.S., Urnhani, C.O., & Araújo, K.G.M. (2015). Quality of fruits manually processed of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(3), 729-738. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-148/14>
- Nunes, G. H. S., Santos Júnior, H., Grangeiro, L. C., Bezerra Neto, F., Dias, C. T. S., & Dantas, M. S. M. (2011). Phenotypic stability of hybrids of Gália melon in Rio Grande do Norte state, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(4), 1421-1433. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652011005000034>
- Nogueira, O. L., Figueiredo, F. J. C., & Müller, A. A. (2005). *Açaí. Belém: Embrapa Amazônia Oriental*. Embrapa Amazônia Oriental.
- Oliveira, E. J. de, Freitas, J. P. X. de, & Jesus, O. N. de (2014). AMMI analysis of the adaptability and yield stability of yellow passion fruit varieties. *Scientia Agricola*, 71(2), 139-145. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162014000200008>
- Oliveira, L.P. de, & Tavares, G.S (2016). *Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Açaí no Estado do Pará - PROAÇAÍ – PA* (p. 41). SEDAP.
- Pagliarussi, M.S. (2010). *A cadeia produtiva agroindustrial do açaí: estudo da cadeia e proposta de um modelo matemático*. Universidade de São Paulo.
- Peroni, N., & Martins, P. S. (2000). Influência da dinâmica itinerante na geração de diversidade de etnovariedades cultivadas vegetativamente. *Interciência*, 25(1), 22-29.
- Pimentel, M.S., & Jardim, M.A.G. (2009). Morfologia das infrutescências e inflorescências do açaí-preto (*Euterpe oleracea* Mart.) e das etnovariedades branco, espada e tinga (*Euterpe* spp.). In: M. A. G. Jardim (Org.). *Diversidade biológica das áreas de proteção ambiental, Ilhas do Combu e Algodão-Maiandeuá* (pp.79-87). Museu Paraense Emilio Goeldi.
- Ramalho, M. A. P.; Ferreira, D. F., & Oliveira, A. C. de. (2012). Experimentação em genética e melhoramento de plantas (3. ed., pp. 328). Editora da UFPA.

- R: The R Project for Statistical Computing. (s.d.). R: The R Project for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Rios, R. da M.; Mochiutti, S.; Borges, W. L.; Dias, L. A. V. (2021). Morphoagronomic and molecular characterization of *Euterpe oleracea* accessions from eastern Brazilian Amazon. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, (43).
- Rocha, M. M., Freire Filho, F.R., Ribeiro, V.Q. & Carvalho, H. W. L. (2007). Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de porte semi-ereto na região Nordeste do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(9), 1283-1289. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900010>
- Sethi, K., Tripathy, P., & Mohapatra, K. C. (2016). Variability and heritability of important quantitative characters in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Environment & Ecology*, 34(4), 1795-1798.
- Silva, R. C. da. (2016). *Métodos AMMI e GGE no estudo da interação genótipos x ambientes em algodão*. Universidade Estadual da Paraíba.
- Silvestre, W. V. D., Pinheiro, H. A., Souza, R. O. R. M., & Palheta, L. F. (2016). Morphological and physiological responses of açai seedlings subjected to diferente watering regimes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(4), 364-371. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n4p364-371>
- Sousa, A. M., Oliveira, M. S. P., & Farias Neto, J. T. (2017). Genetic divergence among white-type acai palm accessions based on morpho-agronomic characters. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(9), 751-760. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000900007>
- Tagore, M. P. B., Canto, O., & Sobrinho, M. V. (2018). Políticas públicas e riscos ambientais em áreas de várzea na Amazônia: o caso do PRONAF para produção do açai. *Desenvolvimento e Meio ambiente*, 45, 94-214. <https://doi.org/10.5380/dma.v45i0.51585>
- Teixeira, I. L. S. (2018). *Potencial produtivo e econômico do açai (Euterpe Oleracea Mart.) no estado do Pará*. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Venturini, G. C., Savegnago, R. P., Nunes, B. N., Ledur, M. C., Schmidt, G. S., El Faro, L., & Munari, D. P. (2013). Genetic parameters and principal component analysis for egg production from White Leghorn hens. *Poultry Science*, 92(9), 2283–2289. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-0312>
- Yang, R.C., Crossa, J., Cornelius, P. L., & Burgueño, J. (2009). Biplot analysis of genotype x environment interaction: Proceed with caution. *Crop Science*, 49, 1564-1576. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.11.0665>
- Yokomizo, G. K. I., Dias, J. S. A., Dias, C. T. S., & Hongyu, K. (2016). Análise AMMI em caracteres vegetativos de genótipos de bananeiras no Amapá. *Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental*

Sciences, 59(1), 1-8.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Amapá, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de iniciação científica.