



Aplicação conjunta de análises gráficas na escolha de progênies de açaizeiro

Gilberto Ken Iti Yokomizo¹, Fracisco de Oliveira Cruz Júnior², João Tomé de Farias Neto³,
Kuang Hongyu⁴

RESUMO: O consumo de polpa do fruto do açaizeiro tem se expandido para novos mercados nacionais e internacionais, necessitando de cultivares promissores para atender esta demanda crescente. Contudo em geral as pesquisas envolvem um grande número de progênies, dificultando a interpretação dos resultados, tendo em vista isso, o objetivo deste trabalho foi combinar a análise multivariada, o agrupamento por dendrograma e o GGE Biplot para identificar as progênies superiores mas com base em um representante de cada agrupamento, permitindo uma interpretação mais fácil na análise gráfica. As 76 progênies iniciais, para composição dos agrupamentos, foram instaladas em delineamento experimental de blocos ao acaso com duas repetições e cinco plantas por parcela. As características avaliadas foram: FLF – número de lançamentos foliares; FAB – número de folhas maduras e; TM - tamanho do cacho. As conclusões foram de o uso combinado da análise multivariada com o agrupamento pelo dendrograma e a análise gráfica GGE Biplot mostra-se importantes e eficientes; as melhores progênies são P38 e P50, sendo excepcionais dentro de todas, seguida por P17, P30 e P55; existe variabilidade genética nas progênies pelas evidentes contribuições para a interação GxA e de efeitos ambientais, importante para o melhoramento genético; o comportamento distinto das progênies entre anos mostra que o desenvolvimento das plantas influencia as respostas aos fatores ambientais; os anos são mais discriminantes que as progênies.

Palavras-chave: *Euterpe oleracea*, melhoramento genético, interação genótipo x ambiente, análise de componentes principais.

Joint application of graphic analysis in choosing açazeiro progenies

ABSTRACT: The pulp consumption of the açai fruit has expanded to new national and international markets, requiring research to select promising cultivars to meet this growing demand. However, research generally involves a large number of progenies, making the interpretation of results difficult. Therefore, the objective of this work was to combine multivariate analysis, dendrogram clustering, and the GGE Biplot to identify superior progenies, but based on one representative from each cluster, allowing for easier interpretation in the graphical analysis. The initial 76 progenies, used to compose the clusters, were installed in a randomized block design with two replications and five plants per plot. The evaluated characteristics were: FLF - number of leaf launches; FAB - number of ripe leaves and; TM - cluster size. The conclusions were that the combined use of multivariate analysis with grouping by the dendrogram and the GGE Biplot graphical analysis is important and efficient; the best progenies are P38 and P50, being exceptional within all, followed by P17, P30 and P55; there is genetic variability in the progenies due to the evident contributions to the GxA interaction and environmental effects, important for the genetic improvement; the distinct behavior of progenies between years shows that the development of plants influences responses to environmental factors; the years are more discriminating than progenies.

Keywords: *Euterpe oleracea*, genetic breeding, genotype x environment interaction, principal component analysis

INTRODUÇÃO

O açaizeiro é uma palmeira da família Arecaceae, vastamente disseminada e cultivada na Amazônia brasileira. Ocorre de forma natural na região amazônica e possui grande importância econômica para a fruticultura regional, principalmente para o Pará cujas produção, comercialização e consumo de polpa movimentam grandes mercados (NEVES et al.,

2015), sendo o suco de açai um produto ícone deste Estado, representando o principal produto extraído da palmeira (Silvestre et al. 2016).

Com a popularização do apelo ecológico e das descobertas das qualidades nutricionais a comercialização da polpa de açai tem crescido gradativamente juntamente com uma expansão para

Recebido em 26/05/2025; Aceito para publicação em 04/11/2025

¹ Embrapa Amapá

² Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas/AP

³ Embrapa Amazônia Oriental

⁴ Universidade Federal do Mato Grosso

*e-mail: gilberto.yokomizo@embrapa.br

outros mercados nacionais e atingindo até níveis internacionais (Pagliarussi, 2010). Esta produção torna o Brasil o maior produtor, consumidor e exportador de polpa de açaí (Menezes, 2005). O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de polpa de açaí (Menezes, 2005), sendo que produziu em 2018 a quantidade de 1.510.022 t, numa área de 198.497 ha, gerando cerca de R\$ 3,265 bilhões, com a região Norte representando 99% destes valores, destacando-se o Pará com mais de 95% do total brasileiro (IBGE, 2020).

No Estado do Pará o açaí envolve mais de 13.000 produtores, tendo grande importância socioeconômica no estado, abrangendo 300 mil pessoas de 54 municípios. (COMEX DO BRASIL, 2017). Na capital, Belém, estima-se que 25 mil pessoas atuam de forma direta e indireta, na comercialização do açaí, como extração, transporte, comercialização e industrialização, e com isso correspondendo a 70% da fonte de renda da população ribeirinha (Nogueira et al., 2013; Rodrigues et al., 2015a; Rodrigues et al., 2015b).

A Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca (SEDAP), avalia que 60% da produção do açaí é consumida internamente no Pará, 30% em outros estados do Brasil e 10% são exportados para outros países, revelando o mercado interno e nacional como grandes consumidores do fruto e o mercado externo com potencial apreciável de crescimento (Pessoa; Teixeira, 2012; Tavares; Homma, 2015). Na exportação, destacam-se alguns países da Europa, nos Estados Unidos, Japão e China, (Schreckinger et al., 2010), adicionalmente também sendo exportado para Holanda e Coreia do Sul (CARVALHO et al., 2017), impulsionado em função de suas propriedades antioxidantes, da composição nutricional, rica em fibras, lipídeos, fenóis e a antocianina que podem estar relacionados à prevenção de doenças cardiovasculares (Moura Rocha, 2015; Yamaguchi et al., 2015). Sendo rico também em proteínas, vitamina E, e minerais, como manganês, cobre, boro e cromo (Silva et al., 2017) e apresentar efeito hipocolesterolêmico (Souza et al., 2011).

Com a valorização e o acréscimo na demanda dos diversos mercados pelo açaí, há marcante necessidade de aumento do quantitativo de frutos necessários para atender aos consumidores. Neste contexto, está ocorrendo expansão dos açaizais manejados, em áreas de várzeas e em áreas de terra firme (Farias Neto et al., 2011). Observando-se também na mesorregião do Pará, Nordeste Paraense, a incorporação da tecnologia da irrigação no plantio de açaizeiros no período de estiagem, visando permitir uma produção de açaí na entressafra (Nogueira et al., 2013). Uma parceria entre instituições de pesquisa e a Secretaria de Agricultura do Pará (SEDAP) visa expandir a área

de produção em 50 mil ha até 2024, permitindo um incremento de até 360 mil t de produção e haveria a redução da sazonalidade do fruto (PORTAL BRASIL, 2016).

Mas para atingir este objeto é necessário que o melhoramento genético disponha de variabilidade e divergência genética que possibilitem obter as informações necessárias para subsidiar o processo de seleção (Gomes Júnior et al., 2014). Trabalhos publicados demonstram a que existe a possibilidade de selecionar genótipos melhorados em progênies de açaizeiros, pois há a presença de plantas se destacando (Yokomizo et al., 2016a; Yokomizo et al., 2016b; Farias Neto et al., 2018).

Um complicador para esta seleção é o efeito que o ambiente tem sobre o comportamento de um material genético, modificando sua expressão fenotípica. Assim, quanto maior a quantidade de variações nos fatores ambientais há probabilidade maior de diferentes expressões das características vegetativas e reprodutivas nas plantas. Essa manifestação é denominada de interação genótipos versus ambientes (GxA), tornando-se um complicador ao dificultar a seleção e recomendação de genótipos adaptados e estáveis (Cruz et al., 2014). Baseado nestes aspectos, em geral, os programas de melhoramento genético tentam selecionar materiais com ampla adaptação e estabilidade, sendo, portanto, recomendados para diversos locais (Malosetti et al., 2013).

Para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade, dentre as metodologias mais recentes, se destaca o modelo GGE biplot, proposto por Yan et al. (2000), que considera o efeito principal de genótipo juntamente com a interação genótipo e ambiente, permitindo identificar os mega-ambientes, que seria a identificação e o agrupamento dos ambientes mais homogêneos dentre os vários heterogêneos. Facilita também a visualização de genótipos mais adaptados e estáveis a ambientes específicos (Yan, 2011).

Com base nestas informações o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de uma população de açaizeiros visando identificar as melhores progênies, apoiado numa análise multivariada das características, uma pré-seleção por agrupamento pelo dendrograma devido ao número elevado de progênies, que impossibilitaria a visualização do comportamento e terminando com análise gráfica GGE Biplot. Essa combinação de metodologias foi necessária pois a visualização do comportamento é inviabilizada quando existe um conjunto muito grande de progênies em estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local de estudo

Esse estudo é parte do programa de melhoramento genético de açaizeiro para produção de

frutos no estuário amazônico, conduzido pelo plantio de um experimento em área de várzea no Campo Experimental de Mazagão da Embrapa Amapá, possuindo solo predominante do tipo Gley Pouco Húmico de textura média, drenado e de média a alta fertilidade natural. A área utilizada apresenta topografia plana e cobertura vegetal tipo capoeira. Apresenta tipo climático Ami segundo classificação de Köppen, tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio (junho) de 22,7°C e do mais quente

(setembro) de 32,8°C, com precipitação do mês mais seco (outubro) de 32 mm e do mais chuvoso (março) de 365 mm. O regime climático anual apresenta precipitação total de 2410 mm, com concentração entre os meses de janeiro e junho, temperatura média anual de 27°C e umidade relativa média do ar de 85% (CLIMATE-DATA.ORG, 2024). Porém especificamente para os anos de avaliação os dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Precipitação total anual (PrTotal, em mm), médias das temperaturas máximas (TMax, em °C), mínima (TMin, em °C), temperatura média anual (TMed, em °C) e média da UR% do ar em Mazagão, AP, entre os anos de 2009 e 2013.

Índices	2009	2010	2011	2012	2013
PrTotal	2069,84	1738,32	2347,12	1972,11	1980,03
TMax	32,20	32,78	32,38	32,51	32,28
TMed	28,15	28,57	27,97	28,09	27,98
TMin	24,10	24,36	23,55	23,66	23,67

Fonte: ANOCHI, J. Comunicação pessoal. INPE (2024)

Material Genético

O material genético utilizado na área é composto por uma população originada de sementes coletadas de 76 matrizes selecionadas em açais nativos da região oeste da Ilha de Marajó (safra de inverno). O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com duas repetições e cada parcela representada por cinco plantas, plantadas no espaçamento de 4 x 5m. O número reduzido de repetições se deve a quantidade de progênies e a área total do experimento.

Caracteres avaliados

As avaliações foram realizadas mensalmente no período de 2009 a 2013 por meio de três descritores, sendo: FLF – número de lançamentos foliares: contagem por planta de folhas em formação, com a bainha foliar fechada; FAB – número de folhas maduras: contagem de todas as folhas existentes por planta, com exceção das senescentes; TM - Tamanho do cacho: valor atribuído a avaliação visual dos cachos: onde 1 é atribuído aos menores valores, e 7 para os maiores.

Análises estatísticas e gráficas

Muitas pesquisas envolvem a avaliação de mais de uma característica ou descritor que são analisadas genético-estatístico de forma individual, contudo a posterior discussão destes resultados de forma individualizada dificulta a compreensão do desempenho do material genético, por este motivo foi realizada uma análise multivariada, permitindo observar e compreender as diferenças no comportamento em relação as três características simultaneamente.

A análise de agrupamento foi feita, adotando-se a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) como medida de dissimilaridade, por considerar a correlação entre os caracteres avaliados, segundo

Cruz et al. (2014). Com base na matriz de dissimilaridade gerada, foi elaborado dendrograma pelo método de UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). O critério utilizado para a formação dos grupos foi a adoção de 0,157% de dissimilaridade.

Devido o quantitativo de 76 progênies, número este que dificulta a visualização da distribuição e, por conseguinte, a compreensão de seus comportamentos no GGE Biplot, adotou-se como procedimento preliminar a formação de agrupamentos pela estruturação de um dendrograma. Onde a formação dos grupos tem como base as mudanças acentuadas de níveis (Cruz et al., 2014), com cada agrupamento contendo progênies similares, permitindo desta forma utilizar apenas uma destas para a geração do GGE Biplot, cujo comportamento pode ser expandido as demais progênies dentro do mesmo agrupamento que não foram utilizadas para a geração dos gráficos. O limite adotado para a formação de grupos neste trabalho foi de 0,157 de dissimilaridade, pois delimitou grupos permitindo a escolha de 50% das progênies para utilização no estudo do GGE Biplot. O método utilizado foi o UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), cujo critério utilizado para a formação dos grupos é a média das distâncias entre todos os pares de itens que formam cada grupo.

A análise de variância foi realizada com base nas médias das parcelas entre as progênies para as diferentes características, cujo modelo estatístico de parcelas subdivididas empregado foi o citado por Ramalho et al. (2012):

$$Y_{ijk} = \mu + b_i + P_j + e_{ij} + A_k + (PA)_{ik} + e_{ikj} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo: Y_{ijk} : valor observado no i-ésimo bloco, da j-ésima progénie no k-ésimo ano; μ : média geral para a característica; b_i : efeito do i-ésimo bloco; P_j : efeitos

da j -ésima progênie; A_k : efeito do k -ésimo ano; e_{ij} : erro do efeito de blocos e progênies; PA : interação entre j -ésima progênie com k -ésimo ano; e_{ikj} : erro referente ao efeito blocos, progênies e anos. A análise de variância e o gráfico GGE biplot foram realizados no programa R versão 3.4.1 (R CORE TEAM, 2020).

O método GGE Biplot considera o efeito da progênie e da sua interação com os anos (Yan et al., 2000). Neste método, apenas o efeito principal de progênie e da $G \times A$ são importantes e considerados concomitantemente. O modelo GGE biplot não separa G da $G \times A$ mantendo-os juntos em dois termos multiplicativos, que pode ser visualizado na seguinte equação:

$$Y_{ij} - \bar{y}_j = y_1 \varepsilon_{i1} \rho_{j1} + y_2 \varepsilon_{i2} \rho_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde Y_{ij} representa o rendimento médio da i -ésima progênie no j -ésimo ano; \bar{y}_j é a média geral das progênies no ano j ; $y_1 \varepsilon_{i1} \rho_{j1}$ é o primeiro componente principal (IPCA1); $y_2 \varepsilon_{i2} \rho_{j2}$ é o segundo componente principal (IPCA2); y_1 e y_2 são os autovalores associados ao IPKA e IPKA2, respectivamente; ε_{i1} e ε_{i2} são os escores do primeiro

e segundo componente principal, respectivamente, da i -ésima progênie; ρ_{j1} e ρ_{j2} são os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, para o j -ésimo ano; ε_{ij} é o erro do modelo associado com i -ésima progênie e j -ésimo ano (Yan; Kang, 2003).

Foi calculada a relação de informação (RI) proposta por Yan e Tinker (2006) para avaliar a adequação do biplot em exibir os padrões de uma tabela de dupla entrada. A interpretação é: um PC (eixo da interação da análise de componentes principais) com $ir = 1$ contém padrões (associações entre ambientes), e um PC com $IR < 1$ não contém qualquer padrão ou informação. Ressaltando que o biplot de dimensão 2 representa adequadamente os padrões nos dados, se apenas os dois primeiros PCs têm um $IR \geq 1$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 permite verificar a composição dos agrupamentos, no limite adotado de 0,157 de dissimilaridade, num total de 31, onde de cada foi utilizada a primeira progênie como representante da mesma para compor as análises gráficas.

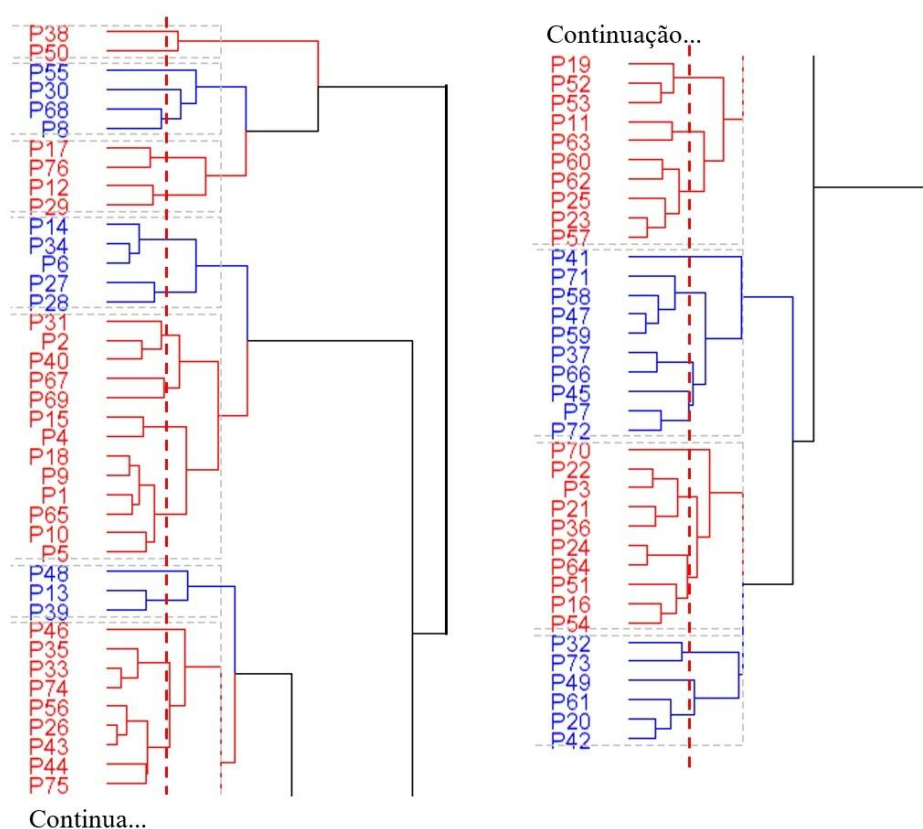


Figura 1 - Dendrograma usando o método de ligação média entre grupos (UPGMA) envolvendo 76 progênies de açaizeiro com base em três características morfológicas.

Fonte: os autores

O percentual acumulado de 90,42% nos dois primeiros eixos (Tabela 2), inferiu elevada

confiabilidade para compreender a variação total do desempenho do genótipo associado

com a interação entre anos (G+GxA) assemelhando-se as espécies amplamente domesticadas como pimenteiras (ABU et al., 2011 na produção de frutos frescos; em melão (Dehghani et al., 2012) em peso médio por fruto e número de frutos por planta;

cajueiros (Aliyu et al., 2014) em número de amêndoas, produtividade e peso de amêndoas e; mandioca (Peprah et al., 2016) em produtividade de raiz, cujos dois eixos tiveram valor acumulado superior a 89%.

Tabela 2 - Valor singular, proporção explicada % e relação de informação (RI), considerando os quatros componentes principais (PCs), em três características conjuntas de progênies de açaizeiros.

Parâmetros	Eixos Componentes				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Valor Singular	1,62	0,52	0,39	0,30	0,26
P Expl %	82,05	8,37	4,66	2,84	2,08
P Expl acumu %	82,05	90,42	95,08	97,92	100,00
RI	4,10	0,42	0,23	0,14	0,10

Fonte: os autores

A Figura 2 (“which-won-where”) dos dados multi ambientes definidos pelos anos, permite visualizar onde e em quais anos as progênies foram superiores e averiguar a existência de mega-ambientes diferentes em uma localidade. As progênies da população selecionadas pelo dendrograma foram P1, P2, P3, P4, P6, P7, P8, P11, P12, P13, P16, P17, P19, P20, P23, P24, P26, P27, P30, P32, P33, P37, P38, P41, P45, P46, P47, P48, P49, P50, P55, P67, P69 e P70 e os cinco anos, A2009, A2010, A2011, A2012 e 2013.

As demais progênies não manifestaram especificidade adaptação específica levando em

As retas que saem da origem sugerem a formação de nove setores ou mega-ambientes, porém os anos compuseram dois mega-ambientes, um contendo quatro anos e outro contendo apenas um ano. Ressaltando que pela localização da P50 e P38, ambas mostraram maior especificidade para o mega-ambiente contendo quatro anos (A2009, A2010, A2011 e A2012) e P17 para o mega-ambiente contendo o ano A2013

consideração o conjunto de características FLF, FAB e TM em todos os anos.

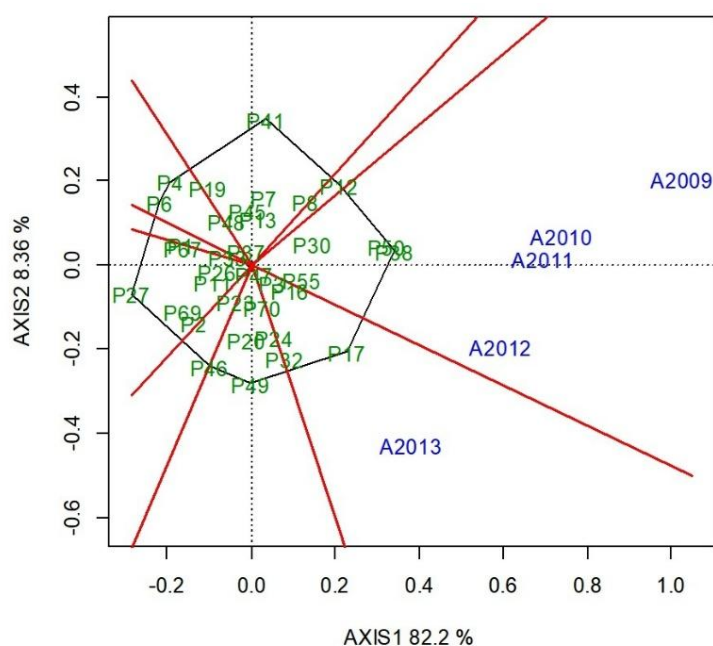


Figura 2 - GGE biplot (“Which-won-where”) para multivariada entre FLF, FAB e TM em progênies de açaizeiro. As linhas vermelhas contínuas delimitam setores que definem os mega-ambientes.

Fonte: os autores

O agrupamento de todos os anos compondo dois mega-ambientes foi distinto em comparação as pimenteiras em três anos por Abu et al. (2011); a produção de frutos de pêssgo em três anos (Citadin et al. 2014); na produtividade em cajueiros, onde a distribuição de genótipos foi equitativa dentro dos mega-ambientes formados, com os genótipos

presentes nos vértices do polígono próximos de ao menos um dos ambientes. Em morangueiro para produtividade já houve um comportamento distinto em que cada local compôs um mega-ambiente (Costa et al. 2016), assim como em mandioca (Peprah et al. 2016), não havendo dois locais num mesmo mega-ambiente. Desta forma o mega-ambiente obtido não

teve parâmetro comparativo similar nas referências existentes. Além disso, houve a presença de progênies que se enquadraram em setores com ausência de ambientes ou anos, semelhante ao observado por Aliyu et al. (2014), neste caso não tiveram especificidade com características intrínsecas aos aspectos que não sejam de controle genético.

Este aspecto de concentração de anos em um setor é interessante, pois destaca que não houve diferenças com elevado destaque entre os fatores ambientais, enquanto a dispersão das progênies demonstra distinção entre estas.

Houve progênies que não demonstraram comportamento de estabilidade e nem adaptabilidade a qualquer ano, adicionalmente, é observado que as progênies se dividiram entre contribuição negativa e positiva. Essas variações são comuns quando se estuda um grupo de genótipos distintos e, também ocorreram em outras espécies como em pimenteira (Abu et al. 2011), cajueiro (Aliyu et al., 2014),

pêssego (Citadin et al. 2014), morangueiro (Costa et al. 2016) e mandioca (Peprah et al. 2016).

Denomina-se “eixo do ambiente-média” ou eam a linha reta contendo uma seta, que seria o “ambiente-média” (Figura 3). Ao ultrapassar a ponta da seta tem-se um desempenho médio superior entre as progênies avaliadas. A linha perpendicular ao eam, indica que quanto maior a distância da origem maior a variabilidade de desempenho, com presença de menor estabilidade, em ambas as direções (Yan 2002; 2011). Baseado nos valores médios do conjunto de características FLF, FAB e TM as progênies foram classificadas desta forma: P28 > P50 > P17 > P12 > P30 > P55 > ... > média geral > ... > P69 > P1 > P67 > P4 > P6 > P27, porém muitas destas progênies não foram estáveis. Destacando-se as progênies P38, P50, P55, P30 e P16 com desempenho acima da média geral e mais estáveis, próximos do eixo PC1, sendo os dois primeiros os mais destacados no conjunto contribuição para a média positiva e alta estabilidade.

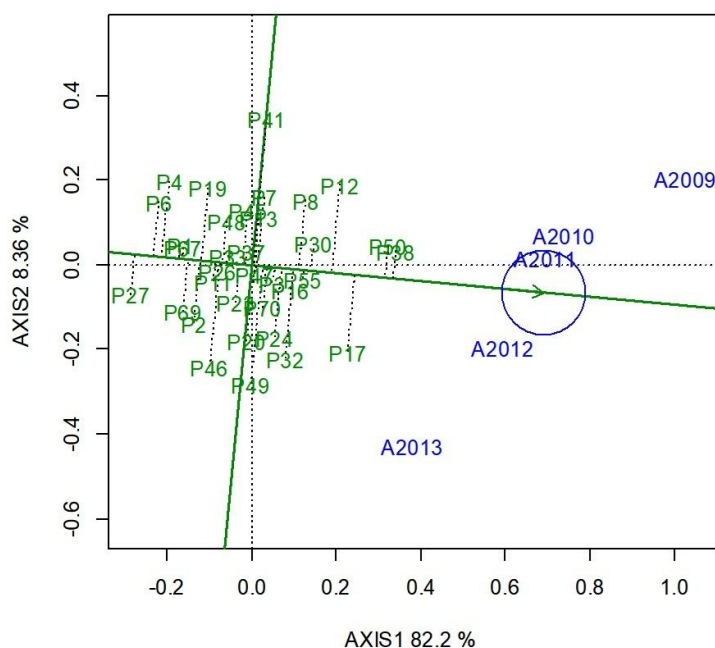


Figura 3 - GGE biplot (“Média versus Estabilidade”) com eixo do ambiente-média (EAM) para mostrar o desempenho médio e estabilidade dos genótipos teste para multivariada entre FLF, FAB e TM em progênies de açaizeiro;

Fonte: os autores

A Figura 4 ilustra um conceito importante em relação à estabilidade, o termo “estabilidade elevada” para uma progênie somente irá possuir interesse se também apresentar desempenho acima da média, atendendo as informações de Yan e Tinker (2006) e Yan (2011) em relação a este comportamento. A planta, genótipo ou progênie que conseguir conciliar estes dois aspectos torna-se uma forma ideal buscado nos programas de melhoramento genético e se denomina de “ideótipo”. Na figura a visualização do GGE biplot “Média versus Estabilidade” torna-se uma ferramenta eficaz para avaliar genótipos em

ambos os aspectos (Yan et al. 2007; Yan 2011) pois o ideótipo é representado pelo centro de todos os círculos concêntricos, e, deste modo, as melhores progênies são aquelas que estiveram nos círculos mais próximos do centro no eixo eam.

Baseado nestas informações, observa-se duas progênies de açaizeiro que se mostram altamente promissoras, identificadas como P38 e P50, similares ao ideótipo, estando dentro do mesmo círculo concêntrico, tendo alta estabilidade, destoando em relação as demais pesquisas com outras espécies onde os mais produtivos geralmente foram os de menor

estabilidade, por exemplo ao citado por Aliyu et al. (2014) que ao avaliar cajueiros para número, peso e produtividade de amêndoas. Quanto à dispersão dos materiais genéticos para as características FLF, FAB e TM em conjunto, ocorreu uma dispersão das progênes no gráfico, havendo leve tendência de concentração próximo a origem das retas, dissimilar

a apresentada em morangueiro (Costa et al. 2016) e mandioca (PEPRAH et al. 2016), cujas médias dos genótipos não se concentraram próximo da média dos mega-ambientes. Seguida as melhores progênes tem-se as identificadas como P17, P30 e P55 (Figura 4), no próximo círculo

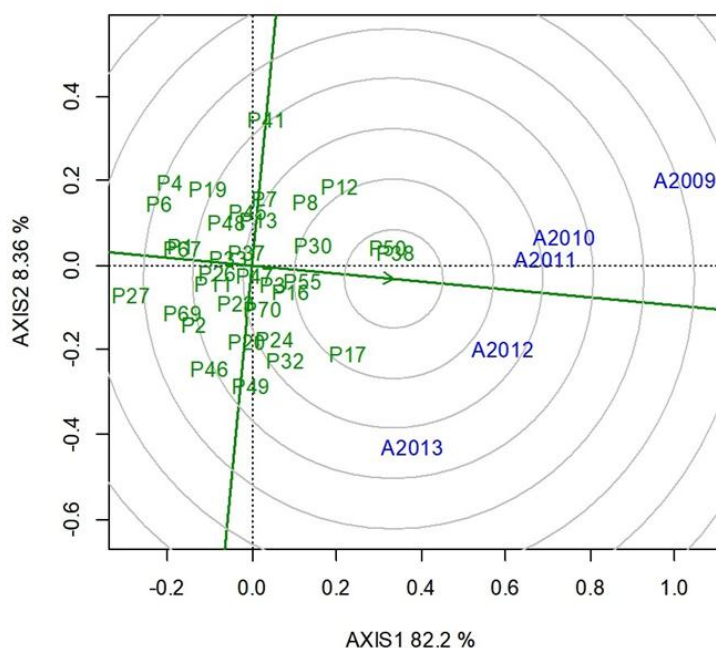


Figura 4 - GGE biplot (com eixo do ambiente-média, EAM) para classificar os genótipos em relação ao ideótipo (no centro dos círculos concêntricos) da multivariada entre FLF, FAB e TM em progênes de açaizeiro.

Fonte: os autores

O objetivo da avaliação do ambiente de teste é identificar aqueles que podem ser utilizados para selecionar as progênes superiores ou neste caso se algum ambiente (ano) foi capaz de diferenciar de forma mais ampla as progênes avaliadas e permitir a identificação daqueles de melhor desempenho. A visualização no GGE biplot (Figura 5) foi projetada com esta finalidade. Desta forma os anos que possuem vetores mais longos são mais discriminantes em relação às progênes. Já quando anos ou progênes possuem vetores curtos são menos discriminantes, o que significa que todos se tornam semelhantes, não podendo ser utilizados como um teste para diferenciação (Hongyu et al. 2015).

Nas características FLF, FAB e TM em conjunto, todos os anos, apresentaram vetores longos, significando que são mais discriminantes em relação às progênes (Figura 5), diferindo do que observaram PEPRAH et al. (2016) em produtividade de mandioca, com ambientes possuindo vetores mais longos que a maioria dos genótipos e a presença de um material genético com vetor superior ao dos ambientes, e com comportamento similar em relação a avaliação para número, peso e produtividade de amêndoas por planta em cajueiro observado por Aliyu et al. (2014), sem

qualquer genótipo com maior poder discriminante em relação a ambientes.

Uma segunda utilidade da Figura 5 é indicar aquele ambiente, ou neste caso ano, que possa representar uma média dos demais. Esses anos seriam os que contêm valores dos fatores controláveis e não controláveis dentro de um intervalo médio entre todos os demais anos. Especificamente aqui o ano identificado como A2010, na Figura 5, teve o menor ângulo com eam (eixo do ambiente-média) sendo, podendo ser considerado como os mais representativos em relação aos demais e então reputados como os mais adequados de teste para a seleção de progênes adaptadas. Os demais ambientes também podem ser considerados com capacidade discriminante, possuindo capacidade de diferenciar as progênes, contudo não podem ser considerados como o representativo de todos, isso quer dizer que não representam os efeitos médios de todos os anos, sendo assim, possuem utilidade para a triagem de progênes favoráveis especificamente em mega-ambientes; ou para seleção de progênes instáveis se o ambiente teste é um único mega-ambiente (Figura 5). Apoiado neste resultado, pode-se verificar que os principais fatores extragenéticos que compõem os distintos anos

devem ser também conhecidos, pois compõem condições intrínsecas, não controláveis e controláveis, como por exemplo a precipitação total, as temperaturas médias, máximas e mínimas (Tabela1), que representam parcelas de contribuição ao componente da interação GxA, que foi importante para a diferenciação entre as progênes. Esses

ambientes com suas variações geraram microclimas distintos e como reflexo também adaptabilidade e especificidade específicas de progênes configurando a distribuição nas Figuras perfeitamente normal, semelhante ao que citam Aliyu et al. (2014) trabalhando com diferentes ambientes em cajueiros

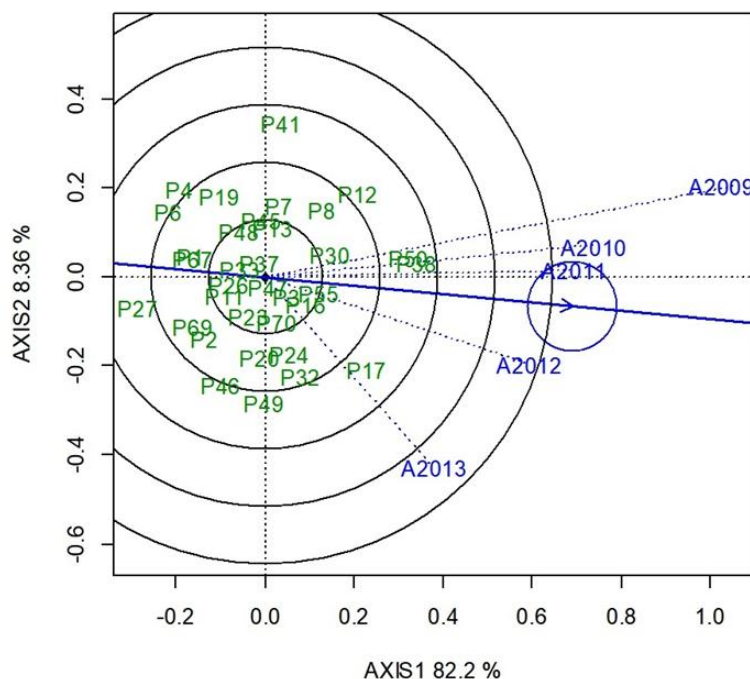


Figura 5 - GGE biplot “discriminação e representatividade” para mostrar a capacidade de discriminação e representatividade dos ambientes de teste para multivariada entre FLF, FAB e TM em progênes de açaizeiro.

Fonte: os autores.

Retornando às progênes iniciais, com relação às selecionadas para a análise GGE biplot pelo dendrograma. Com destaque para P38, P50, P30 e P55, que infelizmente no dendrograma formaram grupos unitários, ou seja, somente estas quatro progênes se destacaram.

CONCLUSÕES

Indubitavelmente o uso combinado da análise multivariada, do agrupamento pelo dendrograma seguido pela análise gráfica GGE Biplot mostram-se importantes e eficientes num quantitativo grande de progênes;

As melhores progênes são P38 e P50, sendo excepcionais dentro de todas, seguida por P17, P30 e P55;

Existe variabilidade genética pelas evidentes contribuições individuais distintas para a interação GxA e de efeitos ambientais, importante para o melhoramento genético;

O diferente comportamento das progênes entre anos mostra que o desenvolvimento das plantas influencia as respostas aos fatores ambientais,

tornando importante nas pesquisas para se conhecer as exigências e respostas do açaizeiro;

Todos os anos são mais discriminantes que as progênes.

REFERÊNCIAS

- ABU, N.E.; UGURU, M. I.; OBI, I.U. Genotype by trait relations of yield and yield components in aromatic peppers (*Capsicum annuum*) based on GT biplot. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 3, n. 14, p. 382-390, 2011.
- ALIYU, O.M.; ADEIGBE, O.O.; LAWAL, O.O. 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**, v.2, n.4, p.354-369, 2014.
- CARVALHO, A.V.; SILVEIRA, T.F.F.; MATTIETTO, R.A.; OLIVEIRA, M.S.P.; GODOY, H.T. Chemical composition and antioxidant capacity of açai (*Euterpe oleracea*) genotypes and commercial pulps. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.97, p.1467-1474, 2017. DOI: 10.1002/jsfa.7886.

- CITADIN, I.; SCARIOTTO, S.; SACHET, M.R.; ROSA, F.J.; RASEIRA, M.C.B.; WAGNER JÚNIOR, A. Adaptability and stability of fruit set and production of peach trees in a subtropical climate. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 2, p. 133-138, 2014.
- CLIMATE-DATA.ORG **Clima Mazagão**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/amapa/mazagao-33758/#climate-graph>>. Acesso em: 11 dez 2024.
- COMEX DO BRASIL. **No Pará, produção de açaí deve ter mais assistência técnica e investimentos, informa o Mapa**. 2017. Disponível em: <<https://www.comexdobrasil.com/no-para-producao-de-acai-deve-ter-mais-assistenciatecnica-e-investimentos-informa-o-mapa/>>. Acesso em: 23 jan 2025.
- COSTA, A.F.; TEODORO, P.E.; BHERING, L.L.; LEAL, N.R.; TARDIN, F.D.; DAHER, R.F. Biplot analysis of strawberry genotypes recommended for the State of Espírito Santo. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 3, p. 1-9, 2016.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético** (3. ed.). Viçosa: Editora UFV. 2014. 668 p.
- DEHGHANI, H.; FEYZIAN, E.; JALALI, M.; REZAI, A.; DANE, F. Use of GGE biplot methodology for genetic analysis of yield and related traits in melon (*Cucumis melo* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, v. 92, n. 1, p. 77-85, 2012.
- FARIAS NETO, J. T. de; YOKOMIZO, G. K. I.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; HONGYU, K. GGE Biplot para estabilidade e adaptabilidade em progênies de açaizeiro de Anajás, PA. **Revista Agro@mbiente Online**, Boa Vista, v. 12, n. 1, p. 409-417, 2018.
- FARIAS NETO, J.T.; RESENDE, M.D.V.; OLIVEIRA, M.S.P. Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.532-539, 2011. doi.org/10.1590/S0100-29452011000200025.
- GOMES JUNIOR, R.A.; GURGEL, F. de L.; PEIXOTO, L. de A.; BHERING, L.L.; CUNHA, R.N.V. da; LOPES, R.; PINA, A.J. de A.; VEIGA, A.S. Evaluation of interspecific hybrids of palm oil reveals great genetic variability and potential selection gain. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.52, p.512-518, 2014.
- HONGYU, K.; SILVA, F. L.; OLIVEIRA, A. C. S.; SARTI, D. A.; ARAUJO, L. B.; DIAS, C. T. S. Comparação entre os modelos AMMI e GGE Biplot para os dados de ensaios multi-ambientais. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 33, n. 2, p. 139-155, 2015.
- IBGE **Produção Agrícola Municipal – PAM, 2018**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acesso em: 13 abr. 2024
- MALOSETTI, M.; RIBAUT, J.-M.; EEUWIJK, F.A. van. The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. **Frontiers in Physiology**, v.4, article 44, 2013. DOI: 10.3389/fphys.2013.00044
- MENEZES, E.M.S. **Efeito da alta pressão hidrostática em polpa de açaí pré-congelada (Euterpe oleracea, Mart.)**. Dissertação de Mestrado (Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2005; 83p.
- MOURA ROCHA, S. M. B. De. Benefícios funcionais do açaí na prevenção de doenças cardiovasculares. **Journal of Amazon Health Science**, v.1, n. 1, p. 1-10, 2015.
- NEVES, L.T.B.C.; CAMPOS, D.C.S.; MENDES, J.K.S.; URNHANI, C.O.; ARAÚJO, K.G.M. Quality of fruits manually processed of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 729-738, 2015.
- NOGUEIRA, A.K.M.; SANTANA, S.C. de; GARCIA, W.S. A dinâmica do mercado de açaí fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 324-331, 2013.
- PAGLIARUSSI, M.S. **A cadeia produtiva agroindustrial do açaí: estudo da cadeia e proposta de um modelo matemático**. Monografia. Universidade de São Paulo. São Carlos - SP: 2010; 66p.
- PEPRAH, B.B.; AGYEMAN, A.; PARKES, E.; KWADWO, O.; ISSAC, A.K.; EMMANUEL, O.; LABUSCHAGNE, M.T. Stability, agronomic performance and genetic variability of 10 cassava genotypes in Ghana. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 8, n. 9, p. 157-167, 2016.
- PESSOA, J.D.C.; TEIXEIRA, G. H. de A. **Tecnologias para inovação nas cadeias euterpe**. Brasília, DF: Embrapa, 343p., 2012.
- PORTAL BRASIL, 2016. **Pará ganha programa para ampliar produção de açaí**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2016/01/para-ganhaprograma-para-ampliar-producao-de-acai>>. Acesso em: 13 abr. 2024.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 abr 2024.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA. 2012
- RODRIGUES, E. C. N.; RIBEIRO, S. da C.; SILVA, F. L. da. Influência da cadeia produtiva do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) na geração de renda e fortalecimento de

- unidades familiares de produção, Tomé Açu-PA. **Observatorio de la economía Latinoamericana**, n. 210, 2015a.
- RODRIGUES, P. L.; ALVES FILHOS, P.P.C.; GOMES, A.A.C.; SILVA, J.L. da; LIMA, D.A. **Atividades desenvolvidas pelas famílias no extrativismo do açaí (Euterpe oleracea Mart.) em Ponta de Pedras-PA**. 2015, CONTECC, Fortaleza, CE, p.4, 2015b.
- SCHRECKINGER, M.E.; LOTTON, J.; LILA, M.A.; de MEJIA, E.G Berries from South America: a comprehensive review on chemistry, health potential, and commercialization. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2010.
- SILVA, A.C.D.; SMIDERLE, O.J.; OLIVEIRA, J.M.F.; SILVA, T.J. Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 51-156, 2017.
- SILVESTRE, W.V.D.; PINHEIRO, H.A.; SOUZA, R.O.R.M.; PALHETA, L.F. Morphological and physiological responses of açaí seedlings subjected to diferente watering regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.4, p.364-371, 2016.
- SOUZA, M.O.; SANTOS, R.C.; SILVA, M.E.; PEDROSA, M.L. Açaí (Euterpe oleraceae Martius): chemical composition and bioactivity. **Nutrire: Revista Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v.36, n.2, p.161-169, 2011.
- TAVARES, G. dos S.; HOMMA, A. K. O. Comercialização do açaí no Estado do Pará: Alguns comentários. **Revista Observatorio de la Economia Latino americana**, Brasil, n. 211, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1031486/comercializacao-do-acai-no-estado-do-para-alguns-comentarios> >
- YAMAGUCHI, K.K.L.; PEREIRA, L.F.R.; LAMARÃO, C.V.; LIMA, E.S.; VEIGA-JÚNIOR, V.F. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. **Food chemistry**, v. 179, p. 137-151, 2015.
- YAN, W. GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. **Journal of the India Society of Agricultural Statistics**, New Delhi, v. 65, n. 2, p. 181-193, 2011.
- YAN, W. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, n.5, p.990-996, 2002.
- YAN, W.; HUNT, L. A.; SHENG, Q.; SZLAVNICKS, Z. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. **Crop Science**, v. 40, n. 3, p. 597-605, 2000.
- YAN, W.; KANG, M. S. **GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists**. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2003. 271p.
- YAN, W.; KANG, M.S.; MA, B.; WOODS, S.; CORNELIUS, P.L. GGE Biplots vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science**, v.47, p.643-655, 2007.
- YAN, W.; TINKER, A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, n. 3, p. 623-645. 2006.
- YOKOMIZO, G. K. I.; FARIAS NETO, J. T. de; OLIVEIRA, M. do S. P. de Ganho esperado na seleção de progênies de polinização aberta de Euterpe oleracea para produção de frutos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 241-248, 2016a.
- YOKOMIZO, G. K.-I.; FARIAS NETO, J. T. de; OLIVEIRA, M. do S. P. de; HONGYU, H. Análise GGE biplot na avaliação de características de cachos em açaizeiros da região Amazônica. **Mundo Amazonico**, v. 8, n. 1, 2017.
- YOKOMIZO, G. K.-I.; MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L. de; SANTOS, G. R. dos; FURTADO, R. G.; BRANDÃO, A. P.; COLARES, I. B. Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de frutos em açaizeiros no Amapá. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 985-993, 2016b