



EFICIÊNCIA DO USO SIMULTÂNEO ENTRE DENDROGRAMA E AMMI NA SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE AÇAIZEIRO

EFFICIENCY OF SIMULTANEOUS USE BETWEEN DENDROGRAM AND AMMI IN SELECTING AÇAÍ PROGENIES

Gilberto Ken Iti Yokomizo¹, Kuang Hongyu², Francisco de Oliveira Cruz Júnior³, João Tomé de Farias Neto⁴

¹ Doutor, Genética e Melhoramento de Plantas, Embrapa Amapá. Email: gilberto.yokomizo@embrapa.br

² Doutor, Estatística e Experimentação, Universidade Federal do Mato Grosso, Departamento de Estatística. Email: kuang_hongyu@hotmail.com

³ Mestre, Biodiversidade Tropical. IEPA (Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá). Email: junior20_oliveira@yahoo.com.br

⁴ Doutor, Genética e Melhoramento de Plantas, Embrapa Amazônia Oriental. Email: joao.farias@embrapa.br

Info

Recebido: 08/2021

Publicado: 07/2022

DOI: 10.37951/2358-260X.2021v9i1.5931

ISSN: 2358-260X

Palavras-Chave

Glycine max; *Euterpe oleracea*; melhoramento genético; interação genótipo x ambiente; análise de componentes principais

Keywords:

Euterpe oleracea; genetic breeding; genotype x environment interaction; principal component analysis

Resumo

A expansão do consumo de polpa do fruto de açaizeiro precisa urgentemente de pesquisas para conseguir novos cultivares, visando atender o mercado em franco crescimento. Um grande dificultador é a quantidade de materiais genéticos que atrapalha o entendimento do resultado gráfico, portanto este trabalho teve como objetivo o uso simultâneo da análise multivariada, do agrupamento por dendrograma e da AMMI para identificar as superiores. Um total de 76 progênies foi avaliado em delineamento experimental de blocos ao acaso, duas repetições e cinco plantas por parcela. Avaliou-se: FV – número de cachos verdes em formação; FLF – número de lançamentos foliares por estipe e; TM - Tamanho do cacho. As conclusões foram de que o uso combinado da análise multivariada, o agrupamento pelo dendrograma e a análise gráfica AMMI, possibilita estudar quantitativo alto de

progênies, tornando-se eficaz, importante e preciso; há variabilidade genética disponível com contribuições individuais distintas para a interação GxA, assim como também de efeitos ambientais; as progênies com maior destaque para estabilidade e adaptabilidade são P29, P55, P7, P8, P38, P5 e P24, não se adicionando progênie com base no modelo AMMI2, expandindo-se com o dendrograma para as progênies P72, P70, P9, P61, P62, P64 e P73; o distinto desempenho das progênies conforme os anos de avaliação, mostra que o desenvolvimento das plantas gera resposta aos fatores ambientais em função do estágio de desenvolvimento fenológico, tornando importante a pesquisa para se conhecer as exigências e respostas do açaizeiro.

Abstract

The expansion of the pulp consumption of the açai fruit is in urgent need of research to obtain new cultivars, aiming to serve the fast growing market. A major obstacle is the amount of genetic materials that hinder the understanding of the graphic result, so this work aimed to use simultaneous multivariate analysis, grouping by dendrogram and AMMI to identify the superior ones. A total of 76 progenies were evaluated in a randomized block design, two replications and five plants per plot. It was evaluated: FV - green bunches number in formation; FLF - leaf launches number per stipe and; TM - Bunch size. The conclusions were that the combined use of multivariate analysis, grouping by dendrogram and graphical analysis AMMI, makes it possible to study a high quantity of progenies, making it effective, important and accurate; there is genetic variability available with distinct individual contributions to the GxA interaction, as well as from environmental effects; the progenies with greater emphasis on stability and adaptability are P29, P55, P7, P8, P38, P5 and P24, not adding progeny based on the AMMI2 model, expanding with the dendrogram for progenies P72, P70, P9, P61, P62, P64 and P73; the distinct performance of the progenies according to the years of evaluation, shows that the development of the plants generates a response to environmental factors



depending on the stage of phenological development, making the research important to know the requirements and responses of the açai.

INTRODUÇÃO

A palmeira que recebe a denominação de açazeiro pertence a família Arecaceae, vastamente disseminada e cultivada na Amazônia brasileira. Sua ocorrência com grandes populações é a região amazônica, onde constitui importante parcela econômica da área da fruticultura local, sobretudo no Estado do Pará cujos importantes negócios como a produção, a comercialização e consumo são de responsabilidade da polpa de açai (Neves et al., 2015), que é a principal parcela de produtos oriundos desta palmeira e também, a polpa possui o mais forte apelo de imagem no mercado tanto regional como mundial (Silvestre et al., 2016).

A imagem amazônica possui um enorme apelo ecológico que vem se difundindo no mundo inteiro que em associação da descoberta de qualidades nutricionais extraordinárias gerou um consumo com crescimento da polpa de açai e a cada ano vem se ampliando e sendo descoberto por novos mercados tanto no país como no exterior (Pagliarussi, 2010).

O Brasil como único produtor, pode ser considerado como o que tem maior produção consumo e exportação da polpa de açai (Menezes, 2005), onde os dados do IBGE (2020) mostram que produziu no ano de 2018 uma quantidade de 1.510.022 t, num total de área de 198.497 ha, e com isso foi capaz de gerar R\$ 3,265 bilhões, onde a região Norte representou 99% destes totais e o Pará atingiu valores acima de 95% do total brasileiro.

Dados do Pará sobre o açai mostram que existem mais de 13.000 produtores, correspondendo a parcela importante na socioeconômica deste estado, contribuindo para geração de empregos para 300 mil pessoas em 54 municípios. (COMEX DO BRASIL,

2017). Na capital, Belém, as estimativas indicam que 25 mil pessoas tem sua renda associada de forma direta e indireta no comércio do açai, desde a extração, como no transporte, na comercialização e na industrialização. No começo da cadeia produtiva, ou seja, a população ribeirinha tem no fruto do açai compondo sua renda em 70% (Nogueira et al., 2013; Rodrigues et al., 2015a; Rodrigues et al., 2015b).

A Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca (SEDAP) citam que 60% da produção do açai tem seu consumo no próprio estado do Pará, outros estados consomem cerca de 30% e apenas 10% tem sua exportação para outros países. Mas crescimentos fora da região norte, revelam que o mercado interno e internacional possui expressivo potencial de crescimento (Pessoa e Teixeira, 2012; Tavares e Homma, 2015). Como importadores os países que se destacaram inicialmente foram alguns componentes da Europa, os Estados Unidos, o Japão e a China, (Schreckinger et al., 2010), mais recente teve-se as exportações também para a Holanda e a Coreia do Sul (Carvalho et al., 2017), estimulado pelas suas notórias propriedades antioxidantes, composição nutricional, riqueza de fibras, lipídeos, fenóis e a presença de antocianina associadas ao efeitos que pode haver sobre a prevenção de doenças cardiovasculares (Moura Rocha, 2015; Yamaguchi et al., 2015). Possuindo teores interessantes também de proteínas, vitamina E, e de minerais, como manganês, cobre, boro e cromo (Silva et al., 2017), além de manifestar efeito hipocolesterolêmico (Souza et al., 2011).

Estas descobertas refletindo em exportações cada vez mais intensas têm causado um demanda que a cada ano está aumentando e como consequência há necessidade premente de aumentar a produção de

frutos para atender todos os consumidores. Para conseguir atender esta complexa mudança da cadeia produtiva do fruto de açaí foram desenvolvidas técnicas de manejo em açais existentes tanto em áreas de várzeas como também em áreas de terra firme (Farias Neto et al., 2011). Surgindo cultivos em terra firme na mesorregião e nordeste do Pará com incorporação da tecnologia da irrigação para complementação hídrica na época de estiação, objetivando se conseguir uma produção de entressafra (Nogueira et al., 2013). Uma parceria entre instituições de pesquisa com a Secretaria de Agricultura do Pará (SEDAP) tem como objetivo de aumentar a área de produção em 50 mil ha até o ano de 2024, o que iria gerar um acréscimo de até 360 mil t de produção e redução da sazonalidade de produção o que contornaria o aumento do preço do produto na entressafra (PORTAL BRASIL, 2016).

Contudo existe a demanda para melhoramento genético de encontrar através da variabilidade e divergência genética disponível para subsidiar o processo de seleção de novos cultivares (Gomes Júnior et al., 2014). As bibliografias existentes indicam que há elevada possibilidade de se encontrar genótipos superiores em progênies de açazeiros, com algumas com grande destaque dentro do grupo avaliado (Yokomizo et al., 2016a; Yokomizo et al., 2016b; Farias Neto et al., 2018).

Um aspecto que traz dificuldades para se encontrar este material superior é o efeito que o ambiente exerce sobre o comportamento de um indivíduo, causando problemas em sua expressão fenotípica. Então, geralmente quanto maior o quantitativo e intensidade dos fatores ambientais presentes há em contrapartida um aumento da chance de existirem respostas diferenciadas das características vegetativas e reprodutivas nas plantas. Esse comportamento recebe a denominação de interação

genótipos versus ambientes (GxA), atrapalhando ao impedir a determinação exata do comportamento de adaptabilidade e estabilidade (Cruz et al., 2014). Devido a existência desta interação os programas de melhoramento genético em geral buscam selecionar aqueles materiais que possuam a maior adaptação e estabilidade, portanto, podendo ser recomendados para muitas localidades distintas (Malosetti et al., 2013).

Os resultados da análise AMMI geram nos gráficos uma representação simultânea individual de cada genótipo e ambiente, permitindo visualizar aspectos de estabilidade e a adaptabilidade de ambos, adicionalmente permite a realização de zoneamento agrônomo e também a escolha de locais-chave para o processo de avaliação e seleção (Lavoranti, 2003). Esta metodologia gráfica tem seu uso para encontrar genótipos estáveis e particularizar a significância da interação GxA (Karimizadeh et al., 2016).

Baseado no acima exposto este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento de um conjunto de progênies açazeiros, esperando se visualizar os genótipos com melhor resposta e adaptabilidade aos fatores ambientais, apoiado em uma análise conjunta entre multivariada para as características, com posterior pré-seleção de progênies através de agrupamento pelo dendrograma, pois o número alto de progênies impossibilita a visualização do comportamento no gráfico AMMI que representou o último item destes conjunto de análises.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho é apenas um pequeno item do amplo programa de melhoramento genético de açazeiro para produção de frutos no estuário amazônico, cuja área experimental foi realizada em várzea no Campo Experimental de Mazagão da Embrapa Amapá. O local possui solo predominante

do tipo Gley Pouco Húmico de textura média, drenado e de média a alta fertilidade natural. A área apresenta topografia plana e cobertura vegetal do tipo capoeira. O regime climático é definido como Ami segundo classificação de Köppen, sendo tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio (junho) de 22,7°C e do mais quente (setembro) de 32,8°C, a temperatura média anual é de 27°C e umidade relativa média do ar é de 85%. A precipitação do mês mais seco (outubro) é de 32 mm e do mais chuvoso (março) de 365 mm, com precipitação anual total de 2410 mm, concentrada entre os meses de janeiro e junho (CLIMATE-DATA.ORG, 2020).

As progênies avaliadas foram 76 matrizes selecionadas obtidos em açazais nativos da região oeste da Ilha de Marajó (safra de inverno). O delineamento experimental da área foi blocos ao acaso, contendo duas repetições e cada parcela com cinco plantas, plantadas no espaçamento de 4 x 5m. A escolha deste número de repetições foi devido ao quantitativo de progênies em teste que gerariam uma área total do experimento muito grande.

As avaliações realizadas mensalmente 2009 a 2013 foram realizadas por meio de três características, sendo:

FLF – número de lançamentos foliares: contagem por planta de folhas em formação, com a bainha foliar fechada;

FV – número de cachos verdes em formação: contagem do número de cachos verdes presentes por estipe;

TM - Tamanho do cacho: valor atribuído a avaliação visual dos cachos: onde 1 é atribuído aos menores valores, e 7 para os maiores.

Geralmente as pesquisas envolvem um grupo de características ou descritores com resultados oriundos de análises genético-estatístico individualizados, dificultado a discussão dos resultados

pois é tentado conciliar o comportamento de cada característica de forma conjunta o que nem sempre é coerente e possível, impedindo de chegar a resultado conclusivo, por este motivo foi realizada a análise multivariada para as três características, cujos resultados então são passíveis de serem discutidas conjuntamente, sem a presença de discrepâncias.

Na análise gráfica AMMI, a quantidade de 76 progênies inviabiliza a adequada interpretação pois é gerado um aglomerado que impede a visualização da dispersão do material genético, desta forma adotou-se preliminarmente um agrupamento pelo dendrograma, num ponto de corte que possa escolher cerca de 50% destas. A seleção de apenas uma progênie de cada agrupamento é o suficiente para a análise AMMI, devendo-se posteriormente vincular os melhores materiais aos seus grupos no dendrograma.

A análise de agrupamento adotou a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) como parâmetro de dissimilaridade, considerando a correlação entre os caracteres avaliados, segundo Cruz et al. (2014). A partir da matriz de dissimilaridade gerada, elaborou-se o dendrograma pelo método de UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) que para a formação dos agrupamentos é empregada a média das distâncias entre todos os pares de itens que formam cada grupo.

A análise AMMI, descrita no trabalho de Duarte e Vencovsky (1999) apresenta o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij} \quad \text{onde:}$$

Y_{ij} representa uma média das repetições da i -ésima progênie ($i = 1, 2, 3, \dots, g$) no j -ésimo ano ($j = 1, 2, 3, \dots, a$); μ representa uma média de todos os clones em todos os anos (média geral); g_i representa efeito principal do clone “ i ”; a_j representa o efeito principal

do ano “j”; λ_k , γ_{ik} e α_{jk} são os termos da decomposição singular (DVS) ou da análise de componentes principais (ACP) da matriz $GE_{gxa} = \{ (ga)_{ij} \}$, que são responsáveis em expressar e capturar o “padrão” associado à interação da progênie “i” com a ano “j”, onde $(ga)_{ij}$ representa os desvios de aditividade dos dados (Y_{ij}) em relação aos efeitos principais g e a; ρ_{ij} é o ruído adicional a ser eliminado na análise, relativamente ao termo $(ga)_{ij}$ tomado tradicionalmente como a própria interação; e ϵ_{ij} representa o erro experimental médio, em nível de médias de repetições, assumido: i.i.d. $\sim N(0, \sigma^2)$.

Desta forma a análise AMMI tem sua efetivação baseada em duas etapas sequenciais: 1ª) os efeitos principais, que é a parte aditiva do modelo (média geral, efeitos de progênes e anos), sofrem uma ajuste pela análise de variância (ANOVA), resultando naquilo que é intitulado de resíduo de não aditividade: $(g\hat{a})_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}$, ou seja, nas estimativas de quadrados mínimos ordinários de $(ga)_{ij}$; 2ª) já a interação (parte multiplicativa do modelo) sobre um ajuste através do DVS ou ACP aplicada à matriz $GE_{gxa} = \{ (g\hat{a})_{ij} \}$, o que gera uma parcela que recebe a denominação de “padrão” (representa a interação AMMI), e por final a parte que se conhece como “ruído” é descartada junto com o resíduo ANOVA.

Os critérios utilizados por Gauch e Zobel (1988) são adotados para definir do quantitativo de eixos principais que são retidos e que conseguem explicar e representar graficamente o padrão associado à interação, baseado na proporção da soma de

quadrados da interação original (SQ_{GxA}) acumulada

até o n-ésimo eixo: $\sum_{k=1}^n \lambda_k^2 / SQ_{GxA}$

O ponto de parada que determina quantos eixos deve ser selecionada para definir qual modelo é mais adequado na família de padrões AMMI ($AMMI_0, AMMI_1, \dots, AMMI_n$) é definido através da significância dos testes F_{Collab} , para os sucessivos eixos de interação com base em suas significâncias associados ao QM erro médio dos eixos, determinando quantos eixos PC devem ser retidos no modelo.

As análises estatísticas, incluindo-se análises de variância individuais e conjunta (multivariada), dendrograma e análise gráfica AMMI, foi realizado através dos procedimentos existentes para o programa R versão 3.4.1 (R CORE TEAM, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de progênes utilizadas nesta pesquisa inviabiliza o uso de análises gráficas ao impossibilitar a correta interpretação da dispersão existente, por este motivo na AMMI de forma preliminar usou-se a estruturação de um dendrograma para compor agrupamentos de progênes similares. Cujas delimitação dos grupos é baseada nas mudanças acentuadas de desempenho (Cruz et al., 2014) e, com isso, então os agrupamentos contém apenas progênes que são similares. De cada agrupamento foi selecionada apenas uma progênes para a geração dos Biplots AMMI, onde posteriormente os resultados podem ser expandidos às demais progênes dentro do mesmo agrupamento. A linha de definição de agrupamentos foi de 0,119% de dissimilaridade, que acabou delimitando um total de grupos, onde com a seleção de 46% das progênes para uso na análise gráfica AMMI, estabeleceu o total de 35 progênes.

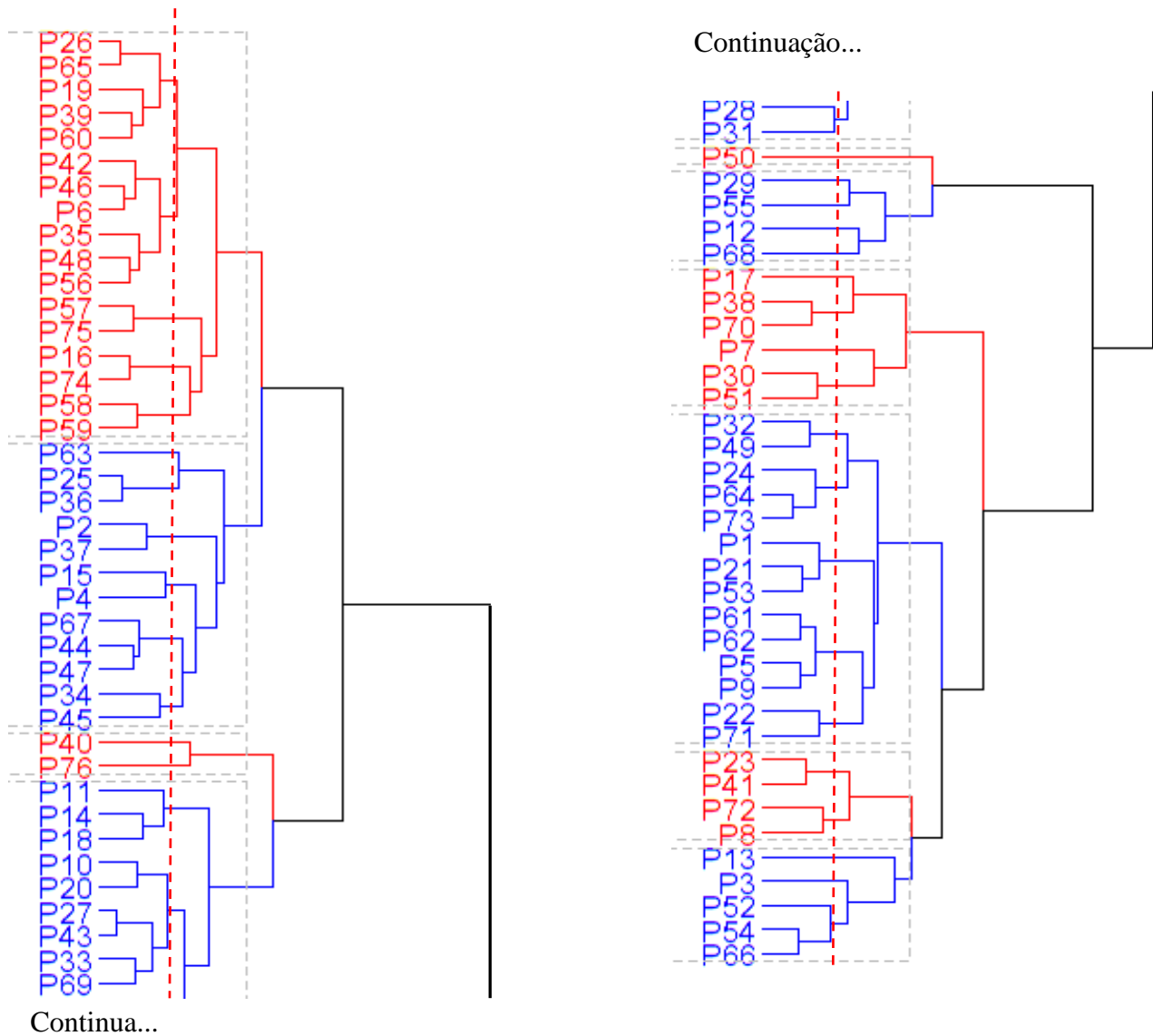


Figura 1. Dendrograma pelo método de ligação média entre grupos (UPGMA) envolvendo 76 progênies de açaizeiro com base em três características morfológicas.

Na análise de variância (ANAVA), contendo a decomposição da interação GxA, tem-se a presença de diferenças significativas entre as progênies e também da interação genótipos com ambientes, significando que há presença de respostas diferenciadas em função dos efeitos ambientais, resultado similar ao observado por Aliyu et al. (2014). Houve também variabilidade genética, indicativo que existe a possibilidade de realizar a seleção de materiais superiores. Uma explicação é citada por Aliyu (2012) onde se refere a existência de evidências da existência de uma base genética suficiente (reflexo de fonte de introdução

diferencial, nível de domesticação e melhoria) e da polinização livre (meios irmãos) gerando novas combinações gênicas que refletem na presença de variabilidade genética e de diferentes interações GxA. Relativo aos anos de teste é conveniente destacar que não se diferenciaram pela ANAVA na expressão das características (Tabela 1).

Os efeitos não controláveis de cunho ambiental representaram 20,04% dos efeitos totais, portanto inferiores a da variação genética (progênies). A contribuição genética devido as diferentes progênies e a interação GxA apresentaram valores de variação de

53,64% e 18,22%, respectivamente. Porcentagens promissoras ao evidenciar que existe uma base genética suficiente que permitirá a seleção de progênies superiores de açaizeiros, semelhante ao comportamento obtido por Aliyu et al. (2014), cuja explicação seria a utilização de material proveniente de cruzamentos livres, onde o melhor desempenho em diferentes ambientes precisa de fenótipos (variedades) com adaptação específica baseado principalmente em sua contribuição genética, sendo da mesma forma as progênies de açaizeiros e sendo distinto ao apresentado por Oliveira et al. (2014) em maracujá-amarelo, cuja contribuição genética foi inferior a interação. Os resultados aqui obtidos indicam que genética das progênies, ou seja, aquilo que é possível se ser herdado representa a maior porção da variabilidade detectada, seguida pela interação GxA.

Tabela 1. Análise de variância com os quadrados médios associados ao desdobramento do efeito de interação GxA para três características¹ em conjunto em progênies (PR) de açaizeiros no Amapá

Fator	GL	QM	%
Ano (A)	4	18,677 ^{ns}	20,04
Rep	5	5,740 ^{**}	7,70
Progênie (G)	34	5,882 ^{**}	53,64
GxA	132	0,526 ^{**}	18,62
Resíduo	35057	0,237	
CV		30,160	
Média		1,613	

^{**}, * e ns, significativos a 1% e 5% e não significativo pelo teste F.

A presença de diferença estatística para a interação GxA original (resíduo de não aditividade), permite a análise AMMI efetuando a decomposição da interação GxA, entre as progênies e anos, através dos eixos PCs. Pela análise AMMI (Tabela 2) o primeiro eixo principal constituído (PC1), que concentra a porcentagem superior do padrão associado à interação GxA para as características, teve valor de 51,7% da SQ_{GxA} , resultado inferior ao obtido para o PC1 do

trabalho de Aliyu et al. (2014). Na somatória dos dois primeiros eixos referente as porcentagens do padrão associado à interação GxA teve-se um valor de 73,0%, que é suficiente para explicar o comportamento genético das progênies conforme limites citados por Ramos et al. (2009) e Yan et al. (2000). Então com o uso de apenas dois eixos tem-se a adoção de modelo relativamente simples (com presença de poucos termos multiplicativos) possuindo boa capacidade de prever entre os anos avaliados o comportamento diferencial das progênies.

Tabela 2. Porcentagens da soma de quadrados total (SQ_{GxA}) dos eixos principais, de eixo individual (PI) e soma acumulada dos eixos (PA) e significância dos quadrados médios, estimados pela análise AMMI para três características¹ em conjunto em progênies de açaizeiros no Amapá

	PI%	PA%	QM
PC1	51,7	51,7	0,0111 ^{**}
PC2	21,3	73,0	0,0048 ^{**}
PC3	14,9	87,9	0,0036 ^{ns}
PC4	12,1	100,0	0,0031 ^{ns}

^{**}, * e ns, significativos a 1% e 5% e não significativo pelo teste $F_{G_{ollob}}$.

Nas características FLF, FV e TM em conjunto tem-se como significativos os eixos PC1 e PC2 pelo teste $F_{G_{ollob}}$, que então são capazes de explicar o padrão da interação GxA. Os demais eixos com ausência de significância são presumivelmente constituídos apenas pelos ruídos, que apenas atrapalham as análises gerando resultados distorcidos do que ocorre de fato. Portanto a análise considerando o biplot com o modelo AMMI2 é o mais adequado, se enquadrando dentro daquilo que é reputado como o “padrão” referente à interação GxA para o conjunto modelo-dados analisado, cuja presença de poucos eixos são significativos e com capacidade de reter quase toda a variação.

O valor acumulado nos eixos principais, que foram identificados como suficientes para explicar e

representar de forma gráfica o padrão de interação GxA mostrou-se pouco menor em relação a outros trabalhos, como na pesquisa com bananeira de Tenkouano e Baiyeri (2007) e em melão Gália para produtividade de Nunes et al. (2011) cujo 1 eixo foi suficiente. Para Oliveira et al. (2014) os dois primeiros eixos já atingiram uma soma de 81,2% da SQ da interação, existindo três com significância. No trabalho de Aliyu et al. (2014) em caju e de Yokomizo et al. (2016) em bananeiras para produtividade, os dois eixos (PC1 e PC2), conseguiram explicar quase a totalidade da SQ da interação, muito superior ao aqui obtido.

Após esta análise estatística explorativa foi realizada a parte gráfica, sendo que as progênes ou anos que se plotaram mais próximos à origem no eixo PC1, independente do outro eixo do modelo AMMI1 são aqueles considerados como possuidores de maior estabilidade (Duarte e Vencovsky, 1999; Guzman e Alejandro, 2002; Lavoranti, 2003), já no modelo AMMI2 de forma diferente são aqueles que estiverem mais perto origem dos dois eixos. Portanto tem-se nos gráficos do modelo AMMI1 da Figura 1 e, AMMI2 da

Figura 2, a visualização de que as progênes tem relativa dispersão, o que indica que há presença de interação com os anos (adaptações específicas). No biplot AMMI1 (médias vs. PC1) as progênes que apresentam estabilidade superior, isso significa que são as de menor contribuição para a interação GxA, capturada no primeiro eixo principal (PC1) e com contribuições positivas para a média foram P29, P55, P7, P8, P38, P5 e P24, sendo estas a serem consideradas de ampla adaptabilidade aos anos agrícolas de avaliação, principalmente pela pequena contribuição na interação GxA manifestada pelas suas respostas fenotípicas. Para especificidade entre alguns anos e progênes destacaram-se, P11 para 2013; P8 para 2010, que apresentaram adaptação com anos avaliação. Esse comportamento da existência de genótipos mais estáveis, os instáveis e daqueles de melhor adaptabilidade específica, estando mais próximos ao eixo PC1 e outros possuindo desempenho intermediário também existiram no trabalho de Nunes et al. (2011) com melão Gália, no maracujá-amarelo para Oliveira et al. (2014) e em bananeiras por Yokomizo et al. (2016).

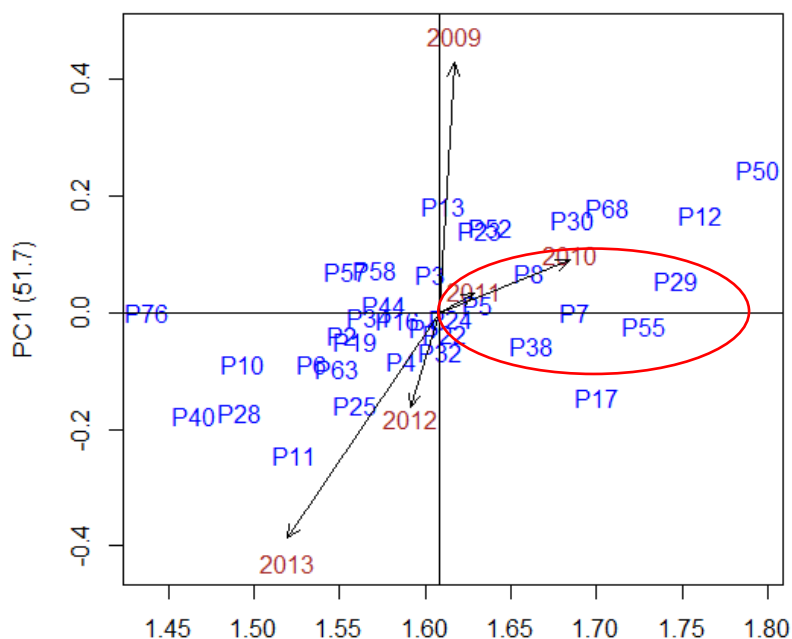


Figura 1. Biplot AMMI1, Médias (\bar{x}) vs PC1 (y), com os ambientes correspondentes a anos para FLF, FV e TM em conjunto para progênes de açaizeiros. Anos identificados numericamente e progênes identificadas como P seguido de número.

Deve-se ressaltar que se observam progênes apresentando alta contribuição para a média, mas infelizmente também manifestaram baixa estabilidade como as identificadas como P50, P12, P68, P30 e P17, isso também foi detectado por Aliyu et al. (2014) e, sendo distinto ao resultado de Maia et al. (2009) cujos materiais de maior produtividade foram os de maior estabilidade também. Aqui independentemente de estabilidade e adaptabilidade, nota-se que as progênes com menor estabilidade, são as que se destacaram com os maiores valores médios (Figura 1).

Quando é adicionado o modelo biplot AMMI2 (Figura 2), não foi ratificado o comportamento genotípico do AMMI1, existindo somente três coincidências (P5, P29 e P38), confirmando-se

também a estabilidade manifestada no modelo AMMI1. Porém como as demais progênes antes estáveis e agora não, significa que o ponto de corte do PC1, *per se* não foi suficiente para precisar o comportamento das progênes, então supõe-se que as características possivelmente interagem com as influências ambientais, causando valores distintos de interação GxA. A adição da informação capturada pelo segundo eixo (PC2) indubitavelmente é válido e de fundamental importância ao corrigir distorções na análise sob uma única dimensão. Essa estabilidade almejada refere-se a se conseguir obter confiabilidade da classificação dos genótipos nos ambientes em testes quanto à média geral dos ambientes, conforme citam Rocha et al. (2007).

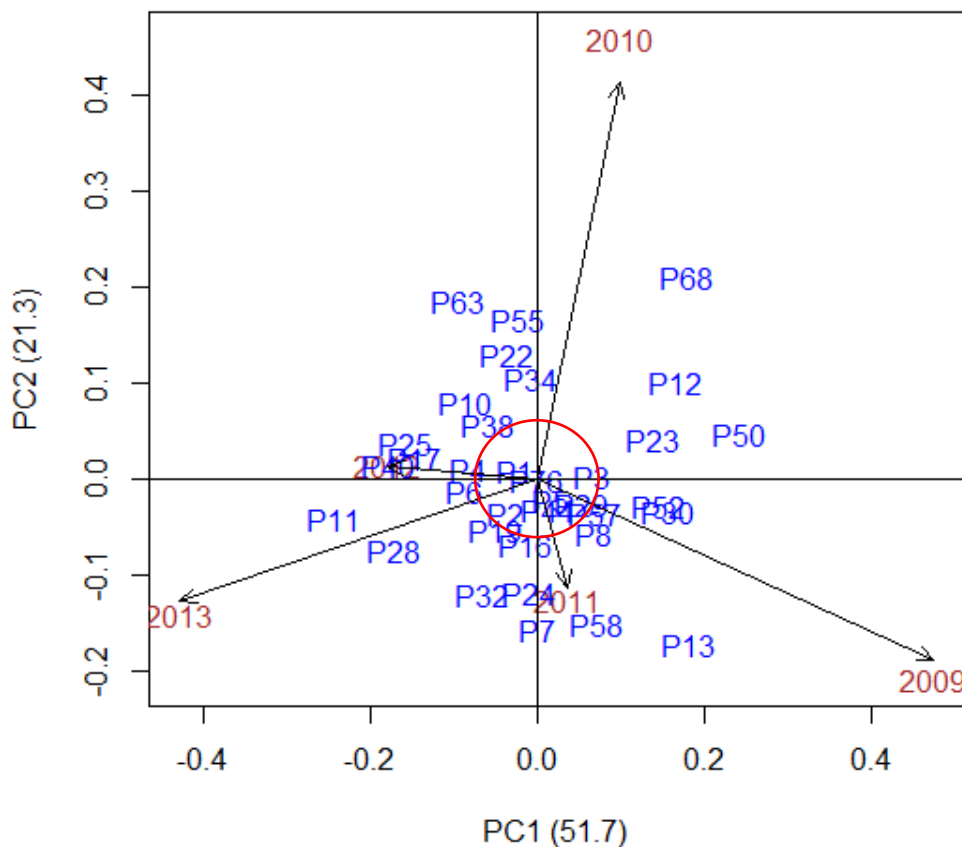


Figura 2. Biplot AMMI2, PC1 (x) vs PC2 (y), com os ambientes correspondentes a anos para FLF, FV e TM em conjunto para as progênes de açaizeiros. Anos identificados numericamente e progênes identificadas como P seguido de número.

A agregação da informação contida no segundo eixo permite a correção ou a ratificação de possíveis distorções da análise geradas sobre uma única dimensão, mas o pesquisador deve ter cuidado de também existir a possibilidade de inclusão de ruídos, que neste, pode atrapalhar as análises. Então as progênes P7 e P24 que possuem valores acima da média e também contribuições relevantes na interação GxA para os dois eixos, agora mostram especificidade de adaptação para o ano de 2011. Esse comportamento da interação presente de forma mais intensa em determinadas progênes com alguns ambientes (ano) é comum e também citado por Aliyu et al. (2014).

O comportamento de interações negativas ou positivas das progênes alguns anos se retificam no biplot AMMI2. Confirmando, que há presença de progênes com baixa adaptação a determinados anos agrícolas observados na análise AMMI1 e ratificados em AMMI2, devido aos escores de interação de elevada magnitude presente em ambos os eixos (instabilidade), posicionando-se longe da origem dos eixos e, com disposição gráfica em quadrantes diferentes em relação aos anos agrícolas (Figura 2). A ausência de coincidência nos dois gráficos, torna-se indicativo que apenas o primeiro eixo não é suficiente para capturar a parcela mais importante do padrão da interação GxA nas análise conjunta das características, sendo indispensável o segundo eixo para corrigir as distorções, sendo diferente ao ocorrido no trabalho de Sethi et al. (2016), e semelhante ao de Oliveira et al. (2014) cujo no modelo AMMI2 confirmou o comportamento de apenas alguns genótipos, demonstrando estabilidade somente em AMMI1, o que evidencia que apenas o componente PC1 não basta.

Alguns anos agrícolas individualmente mostraram tendência de maiores contribuições na interação GxA em relação às progênes para as características. Esse comportamento é identificado com base na amplitude de dispersão e com isso dos vetores associados aos anos agrícolas comparados aos associados às progênes, nos dois modelos biplots (médias x PC1 e; PC1 x PC2), tendência reiteradas vezes com ocorrência em outras espécies vegetais, como citado por Nunes et al. (2011), Oliveira et al. (2014) e Yokomizo et al. (2016). O que evidencia a necessidade de pesquisas que identifiquem fatores ambientais específicos que contribuem na manifestação desse tipo de interação entre diferentes anos de avaliação, segundo Aliyu et al. (2014).

Segundo Oliveira e Godoy (2006), ambientes com valores baixos no eixo PC1 (alta estabilidade) são interessantes como locais representativos dos demais no início dos programas de melhoramento, onde há pouca disponibilidade de sementes ou material de propagação, que impede o teste em muitos ambientes, portanto com baseado neste aspecto, as condições intrínsecas dos anos 2011 e 2012 conseguiram apresentar este comportamento (Figura 1 e 2).

No modelo AMMI2 (Figura 2), os anos ao se situar em quadrantes distintos, indicam que os fatores ambientais entre os anos agrícolas tiveram contribuição importante na interação associada ao primeiro eixo principal, cujos fatores sejam provavelmente as diferenças climáticas e de manejo e também ao estágio fenológico de desenvolvimento das plantas, excetuando-se os anos de 2010 e 2011, diferindo do obtido por Aliyu et al. (2014) cujos ambientes foram todos semelhantes.

Baseado nos resultados obtidos, devido à dispersão gráfica das progênes e a ausência de adaptabilidade específica geral, indica que se deve

realizar pesquisas para identificar as características da fisiologia e ecologia da espécie. Similar a afirmação de Aliyu et al. (2014) da necessidade de se conseguir desenvolver tecnologias adaptadas para obter uma resposta ótima do indivíduo conforme as especificidades ambientais ou seja, precisa-se desenvolver diferentes genótipos de açaizeiros adaptados as diferentes condições ambientais.

CONCLUSÕES

O uso combinado da análise multivariada, o agrupamento pelo dendrograma e posteriormente com o material selecionado com a análise gráfica AMMI, possibilita estudar quantitativo alto de progênies, tornando-se eficaz, importante e preciso;

Há variabilidade genética disponível, pois existem progênies com contribuições individuais distintas para a interação GxA, assim como também os efeitos ambientais, importante para o melhoramento genético; As progênies com maior destaque para estabilidade e adaptabilidade são P29, P55, P7, P8, P38, P5 e P24, não se adicionando progênie com base no modelo AMMI2. Expandindo-se com o dendrograma para as progênies P72, P70, P9, P61, P62, P64 e P73.

O distinto desempenho das progênies conforme os anos de avaliação, mostra que o desenvolvimento das plantas gera resposta aos fatores ambientais em função do estágio de desenvolvimento fenológico, tornando importante a pesquisa para se conhecer as exigências e respostas do açaizeiro.

REFERÊNCIAS

ALIYU, O.M. **Genetic diversity of the Nigerian cashew germplasm**. In: CALISKAN, M. (Ed.) Genetic Diversity in Plants. Rijeka: InTech Publisher, 2012, p.163-184.

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.

CLIMATE-DATA.ORG **Clima Mazagão**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/amapa/mazagao-33758/#climate-graph>>. Acesso em: 11 jan 2021.

COMEX DO BRASIL. **No Pará, produção de açai 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: 17 mai 2021.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. (3. ed.). Viçosa: Editora UFV. 2014. 668 p.

DUARTE, J. B.; VENCOSKY, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999, 66p.

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 On-line**, 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.

GAUCH, H.G.; ZOBEL, R.W. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. **Theoretical and Applied Genetics**, v.76, n.1, p.1-10, 1988.

- 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**, v.52, p.512-518, 2014.
- GUZMAN, P. S.; ALEJANDRO, F. R. Searching for better white corn genetics for marginal uplands in the Philippines. Proceedings of the 8th Asian Regional Maize Workshop, Bangkok; Thailand, **Proceedings**, 2002. p. 156-164.
- IBGE **Produção Agrícola Municipal – PAM, 2018**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acesso em: 13 abr. 2021
- KARIMIZADEH, R.; ASGHARI, A.; CHINIPARDAZ, R.; SOFALIAN, O.; GHAFFARI, A. Determining yield stability and model selection by AMMI method in rain-fed durum wheat genotypes. **Turkish Journal of Field Crops**, v.21, p.174-183, 2016.
- LAVORANTI, O.J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “Bootstrap” no modelo AMMI**. 2003. 166f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agrônômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; PAIVA, J. R. de; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. de M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.1, p.43-50, 2009.
- 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.
- 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**, v.60, n.3, p.324-331, 2013.
- NUNES, G.H.S.; SANTOS JÚNIOR, H.; GRANGEIRO, L.C.; BEZERRA NETO, F.; DIAS, C.T.S.; DANTAS, M.S.M. Phenotypic stability of hybrids of Gália melon in Rio Grande do Norte state, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.83, n.4, p.1421-1433, 2011.
- OLIVEIRA, E.J de; FREITAS, J.P.X. de; JESUS, O.N. de. AMMI analysis of the adaptability and yield stability of yellow passion fruit varieties. **Scientia Agrícola**, v.71, n.2, p.139-145, 2014.
- OLIVEIRA, E.J.; GODOY, I.J. Pod yield stability analysis of runner peanut lines using AMMI. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.6, p.311-317. 2006.
- 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.
- 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. 2021.
- 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 2020.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.20, n.4, p.364-371, 2016.

- RAMOS, L. M.; SANCHES, A.; COTES, J. M. Testes multiambientais na seleção de genótipos de arroz utilizando o modelo de regressão nos sítios ou locais. **Ciência Rural**, v.39, n.1, p.52-57, 2009.
- ROCHA, M.M.; FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; CARVALHO, H.W.L. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de porte semi-ereto na região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1283-1289. 2007.
- 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 Açú-PA. **Observatorio de la economía Latinoamericana**, v.210, p.1-23, 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.
- SETHI, K.; TRIPATHY, P.; MOHAPATRA, K.C. Variability and heritability of important quantitative characters in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Environment & Ecology**, v.34, n.4, p.1795-1798. 2016.
- 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 oleracea* 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 Economía 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>>. Acesso em: 21 mai 2021.
- TENKOUANO, A.; BAIYERI, K. P. Adaptation pattern and yield stability of banana and plantain genotypes grown in contrasting agroecologies in Nigeria. 8th African Crop Science Society Conference, El-Minia, Egypt, 27-31 October 2007. **Proceedings**, v.8, p.337-384, 2007.
- YAMAGUCHI, K.K.L.; PEREIRA, L.F.R.; LAMARÃO, C.V.; LIMA, E.S.; VEIGA-JÚNIOR, V.F. Amazon açaí: Chemistry and biological activities: A review. **Food chemistry**, v.179, p.137-151, 2015.
- YAN, W.; HUNT, L. A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and Mega-environment investigation based on GGE biplot. **Crop Science**. v.40, n.3, p.597-605, 2000.
- 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**, v.44, n.109, p.241-248, 2016a.
- 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**, v.26, n.3, p.985-993, 2016b.