



Seleção de progênies de açaizeiros por análise multivariada e gráfica influenciada pela sazonalidade

Gilberto Ken Iti Yokomizo^{1*}, João Tomé de Farias Neto², Kuang Hongyu³, Francisco de Oliveira Cruz Júnior⁴

RESUMO

Existe um crescente consumo da polpa extraído do fruto do açaizeiro no Brasil e no mundo, acarretando na urgência de pesquisas que possam atender esta demanda, sobretudo para solucionar aspectos da sazonalidade e de produtividade. Porém no melhoramento genético tem-se um dificultador que é o montante de progênies envolvidas nos ensaios, que impede a interpretação de análises gráficas, consequentemente o objetivo deste trabalho foi verificar a efetividade do uso combinado da análise multivariada, do agrupamento por dendrograma e do GGE Biplot na identificação de progênies excepcionais e se existe efeito da sazonalidade nas características avaliadas. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, duas repetições e cinco plantas por parcela. As características avaliadas foram: cachos com formação de frutos iniciando-se (FV); número de facões ou espatas emitidas (FC); número de cachos em floração (FL); número de cachos com frutos verdes (FF); número de cachos com frutos maduros (FM); nota do tamanho dos cachos (TM). As conclusões foram de o uso combinado das técnicas mostram-se importantes, complementares e eficientes; as melhores progênies para contornar a sazonalidade de produção são P50, P12, P68, P8, P39 e P30, somado as progênies P29 e P55 do dendrograma; há variabilidade genética baseado nas contribuições individuais distintas na interação GxA e de efeitos dos meses, fundamentais no melhoramento genético; de março até agosto são os meses de avaliação úteis ao processo de seleção, mas dentre estes meses tem-se maio e junho como prioritários por representar os efeitos sazonais do ambiente do ano inteiro.

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

Açai trees progenies selection by multivariate and graphical analysis influenced by seasonality. There is an increasing pulp consumption extracted from the açai fruit in Brazil and in the world, resulting in a research urgency that can meet this demand, especially to solve aspects of seasonality and productivity. However, in genetic improvement there is a complicating factor which is the amount of progenies involved in the tests, which prevents the interpretation of graphical analysis, therefore the objective of this work was to verify the effectiveness of the combined use of multivariate analysis, dendrogram grouping and GGE Biplot in the exceptional progenies identification and if there is a seasonal effect on the evaluated characteristics. The

¹ Pesquisador Embrapa Amapá, *correspondência gilberto.yokomizo@embrapa.br

² Pesquisador Embrapa Amazônia Oriental, joao.farias@embrapa.br

³ Prof. UFMG, Departamento de Estatística, kuang_hongyu@hotmail.com

⁴ Mestre, Biodiversidade Tropical. IEPA junior20_oliveira@yahoo.com.br



experimental design was randomized blocks, two replications and five plants per plot. The evaluated characteristics were bunches in formation (FV); machetes number or spaths issued (FC); number of flowering clusters (FL); bunches number with green fruits (FF); bunches number with ripe fruits (FM); note of the bunches size (TM). The conclusions were that the combined use of the techniques proved to be important, complementary and efficient; the best progenies to contour the yield seasonality are P50, P12, P68, P8, P39 and P30, added to the P29 and P55 progenies of dendrogam; there is genetic variability based on distinct individual contributions to the GxA interaction and the effects of months, which are fundamental for genetic improvement; from March to August are the months of evaluation useful for the selection process, but among these months, May and June are priorities because they represent the seasonal effects of the environment throughout the year.

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

1. Introdução

O açaizeiro pertence à família *Arecaceae*, sendo uma palmeira encontrada espontaneamente na região amazônica, compreendendo fundamental importância socioeconômica na área da fruticultura regional. Destaca-se o Estado do Pará na produção, comercialização e consumo da polpa dos frutos, estimulando um elevado fluxo mercantil (NEVES et al., 2015), onde o suco de açaí possui a imagem de ser um produto icônico este Estado, correspondendo como o produto extrativo mais destacado nacionalmente entre diversos outros produtos desta palmeira (SILVESTRE et al., 2016).

No território amazônico tem-se que o fruto do açaizeiro possui destacado potencial agrônomo, tecnológico, nutricional e principalmente econômico (YUYAMA et al., 2011). A atividade extrativa do açaí somente é possível de ser realizada em quatro meses do ano (junho a outubro, período da safra), havendo abundante disponibilidade em açaizeiros de cachos com frutos. Na entressafra com a indisponibilidade de frutos tem-se uma população ociosa que acaba gerando problemas sociais (XIMENES et al., 2020).

Recentemente com resultados de pesquisas da polpa de açaí evidenciando excelentes propriedades de suplementação vitamínica, antioxidante e energética, teve-se uma elevação da demanda exponencial no mercado consumidor norte americano. Com isso, além dos EUA, importando acima de 70% do volume de polpa de açaí brasileiro, destacando-se entre os importadores a Alemanha, a Bélgica e a Holanda, num primeiro momento, e posteriormente surgindo à presença dos Países Baixos, Japão, Austrália, entre outros atraídos pelo fruto com apelo de origem no estuário amazônico. A ampliação das exportações sofre impactos negativos, segundo a CONAB (2020) pela manifestação de entressafra do fruto no Pará, maior produtor, cuja ocorrendo no primeiro semestre enquanto a safra se concentra de julho a dezembro, que dificulta as negociações e contratos devido a exigência de constância de volume durante o ano inteiro associado a flutuação no quantitativo ofertado. Essa entressafra também gera aumento de preço ao consumidor local, segundo Nogueira et al. (2013) e Nogueira e Santana (2016),



podendo quadruplicar o preço do fruto.

Para tentar contornar tanto a demanda que vem aumentando como também a sazonalidade de produção de frutos e produtos derivados do açaí, muitos estudos têm sido conduzidos para se definir as técnicas de manejo mais adequadas para o cultivo do açaizeiro, conforme mostra Coutinho (2017), visando principalmente diminuir a sazonalidade da safra. A adoção da prática da irrigação acompanhada de níveis adequados de adubação num cultivo de terra firme para obter distribuição mais ampla da safra durante o ano e, portanto, minimizando a entressafra são soluções citadas por Farias Neto et al. (2011). Adicionalmente, este novo local de cultivo facilitaria o manejo, mas o quantitativo de áreas com este tipo ainda é irrisório perante a exploração extrativa ou com manejo em áreas de várzea (GALEÃO, 2017).

O Pará é o maior produtor nacional, pois as mais extensas áreas com maciços de açaizeiros estão ali localizadas, além de muitas ilhas circunvizinhas que também são grandes produtoras que enviam suas produções para este Estado. A sua região nordeste foi a primeira a adotar mudanças gradativas buscando mudar a base extrativa que gera baixa produção para um sistema possuidor de melhores índices de produtividade, reflexo de técnicas modernas de manejo e irrigação em terra firme (HOMMA et al., 2006; FARIAS NETO et al., 2011).

Um estimulador para a mudança se apoia nos resultados promissores, comparando um sistema extrativo de várzea que consegue baixa produtividade ($4,2 \text{ t.ha}^{-1}$) e um sistema de várzea com adoção de manejo ($8,4 \text{ t.ha}^{-1}$) tem-se incrementos na produtividade quando se utilizam cultivos

irrigados em terra firme podendo atingir até 15 t.ha^{-1} , com potencial de maior incremento com o desenvolvimento de novas tecnologias para a cultura (SANTOS et al., 2012). Alterações em fatores de produção podem ser facilmente constatadas, por exemplo, nos resultados de Sousa e Andrade (2018) onde o açaí manejado teve menor produção no mês de janeiro, com safra de março a agosto, com maior quantidade coletada e crescente até agosto, a entressafra ocorreu de setembro a outubro. No açaí não manejado a safra foi de junho a agosto, com ápice em julho, ou seja, há comportamentos diferenciados somente com a adoção de um simples manejo de perfis e quantitativos de plantas por área esperando-se respostas mais amplas com o desenvolvimento de técnicas apropriadas para uso em cultivo de terra firme.

O pesquisador conhecendo a existência da sazonalidade do ambiente deve buscar novos genótipos, com menor sensibilidade aos fatores ambientais, baseado em informações detalhadas sobre o comportamento individual de cada material e sua caracterização quanto à resposta às mudanças ambientais (SILVA et al., 2013), pois a presença de efeitos sazonais pode provocar alteração no desempenho dos genótipos ao longo do ciclo produtivo (MIQUELONI; ASSIS, 2020) atrapalhando em muito os programas de seleção genética. Complementarmente tem-se a afirmação de Samburgaro (2007) de que a sazonalidade composta principalmente pela precipitação, fotoperíodo e nutrição das plantas influenciando as características fenológicas, em que essas características são adaptativas e geneticamente determinadas, portanto o melhoramento genético pode selecionar



materiais que se comportem de distintas maneiras em relação ao ambiente oferecido. E o açaizeiro nativo possui variabilidade que é fundamental para o estudo do controle genético de características de interesse e com isso visualizar o potencial da população para seleção (RAMALHO et al., 2012) encontrando progênies que possam contornar o problema da sazonalidade.

Um dos principais entraves nas pesquisas de melhoramento genético quando se busca a seleção de novos materiais para melhorar a eficiência de cultivo é a presença de efeitos ambientais modificando o comportamento fenotípico de um material genético. Existe plena consciência de que quanto maior o número de fatores ambientais distintos haverá maior diferença nas expressões das características vegetativas e reprodutivas nas plantas em avaliação. Este efeito é intitulado como interação genótipos versus ambientes (GxA), um destacado complicador no processo de seleção e recomendação de genótipos estáveis e adaptados (CRUZ et al., 2014). Fundamentado nestes aspectos, geralmente os programas de melhoramento genético visam obter plantas que possuam ampla adaptação e estabilidade, podendo então ser recomendados independentemente do local (MALOSETTI et al., 2013), associado ao aspecto de que é fundamental se conhecer a variabilidade de uma população para identificar seu potencial para seleção (RAMALHO et al., 2012) num determinado local, conseguindo-se encontrar genótipos que possam ser superiores perante os fatores que causam a sazonalidade de produção.

Muitas metodologias e modelos estatísticos para análise de adaptabilidade e estabilidade existem, contudo

de forma mais recente entre as metodologias o modelo GGE biplot tem recebido destaque, ao considerar o efeito principal de genótipo em conjunto com a interação genótipo e ambiente, permitindo identificar agrupamentos de ambientes mais homogêneos (mega-ambientes) dentre os vários heterogêneos (YAN et al., 2000). A análise gráfica gerada torna fácil a visualização de genótipos com maior estabilidade e adaptabilidade a ambientes específicos (YAN, 2011).

Apesar das pessoas terem conhecimento da presença da sazonalidade de produção e a necessidade de se selecionar plantas com potencial produtivo superior de açaí, nota-se a existência de escassas publicações referentes ao desempenho mensal de progênies durante o ano, o que constitui a sazonalidade de produção. Para contribuir sobre este tema o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de uma população de açaizeiros em relação ao comportamento mensal dos genótipos, apoiado em processos para permitir o estudo, iniciando-se pela análise multivariada das características e pelo agrupamento pelo dendrograma, devido o número elevado de progênies que impossibilitaria a visualização do comportamento nos gráficos GGE Biplot. Essa junção de metodologias visa facilitar a interpretação gráfica e seus resultados neste conjunto grande de genótipos.

2. Material e Métodos

Esse experimento é componente do programa de melhoramento genético de açaizeiro para produção de frutos no estuário amazônico. A área experimental localiza-se numa várzea no Campo Experimental de Mazagão da Embrapa Amapá, com solo predominante do tipo Gley Pouco Húmico de textura média, drenado, com média a alta fertilidade natural devido ao depósito de sedimentos oriundos dos processos de



maré na região. Apresenta topografia plana e cobertura vegetal tipo capoeira, o tipo climático é Ami conforme classificação de Köppen, sendo tropical chuvoso. A temperatura média do mês mais frio (junho) é de 22,7°C e do mais quente (setembro) é de 32,8°C. A precipitação do mês mais seco (outubro) é de 32 mm e do mais

chuvoso (março) é de 365 mm, a precipitação total chega a 2410 mm, com concentração entre os meses de janeiro e junho. A temperatura média anual é de 27°C e a umidade relativa média do ar é de 85% (CLIMATE-DATA.ORG, 2020). Dados climatológicos mensais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Precipitação total mensal (Prec, em mm), médias das temperaturas máximas (TMax, em °C), mínima (TMin, em °C), temperatura média anual (TMed, em °C) em Mazagão, AP, média histórica entre 1980 e 2016.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Prec	225	275	283	308	250	200	133	67	73	29	46	121
Tmax	31,56	30,31	30,31	30,63	31,56	31,88	32,19	32,81	32,97	33,13	32,81	32,50
Tmin	23,44	23,44	23,75	24,06	24,06	23,85	23,75	24,06	23,97	24,06	24,38	24,31
Tmed	28,26	27,74	27,75	27,94	28,37	28,61	28,54	28,68	28,93	29,03	29,00	28,85

Adaptado de: WEATHERSPARK (2020)

As progênies plantadas em 1999 são originadas de sementes 76 matrizes selecionadas e coletadas de açaiçais nativos ao percorrer a região oeste da Ilha de Marajó, cuja safra predomina na época intitulada na região como inverno (dezembro a julho, safra de inverno). O delineamento experimental do experimento foi de blocos ao acaso com duas repetições e cada parcela representada por cinco plantas, plantadas no espaçamento de 4 x 5m. Adotou-se um número reduzido de repetições por causa do quantitativo de progênies que geraram uma área total do experimento de 1,52 ha, sem uso de irrigação por ser uma área de influência de alagamento diário do rio Mazagão.

As avaliações efetuaram-se de período de 2009 a 2013, mensalmente de janeiro a dezembro em plantas com dez anos de idade, com base nas características: FV – início da formação de frutos, realizado pela contagem de cachos que apresentam formação inicial dos frutos por planta; FC - número de facões ou espátas emitidas, realizado pela contagem de espátas emitidas por estipe; FL - número de cachos em floração, realizado pela contagem de cachos que apresentam

inflorescência em floração por estipe; FF - número de cachos com frutos verdes, realizado pela contagem de cachos que apresentam formação de frutos verdes por estipe; FM - número de cachos com frutos maduros, realizado pela contagem de cachos que apresentam cachos maduros por estipe; TM - nota do tamanho dos cachos, realizado pela atribuição de valor visual de notas dos cachos: onde 1 é atribuído aos menores valores, e 7 para os maiores.

Como foram avaliadas seis características simultaneamente, para compreender o desempenho não para as características individualizadas, mas sim como cada progênie se comporta em relação a todas as características juntamente foi realizada uma análise multivariada.

Baseado na multivariada foi realizada a análise de agrupamento, utilizando-se a distância generalizada de Mahalanobis (D2) como medida de dissimilaridade, por considerar a correlação entre os caracteres avaliados, conforme Cruz et al. (2014). Apoiado na matriz de dissimilaridade gerada foi estruturado o dendrograma pelo



método de UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean).

O dendrograma foi efetuado para contornar um dos problemas existente em análises gráficas (GGE Biplot) quando existe quantitativo grande de progênies que impossibilita a interpretação dos resultados, em geral produzindo um aglomerado que impede uma discussão individualizada dos materiais genéticos. Pelo dendrograma foi adotada uma progênie de cada agrupamento para compor o GGE Biplot.

O método GGE Biplot considera o efeito da progênie e da sua interação com os meses (YAN et al., 2000), com as demais fontes de variação adicionadas ao resíduo. Apenas o efeito principal de progênie e da GxA são importantes e considerados juntos, em dois termos multiplicativos, que pode ser visualizado na seguinte equação:

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

Y_{ij} representa o rendimento médio da i -ésima progênie no j -ésimo mês; \bar{y}_j é a média geral da população no mês 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 IPCA e IPCA2, 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 mês; ε_{ij} é o erro do modelo associado com i -ésima progênie e j -ésimo mês (YAN; KANG, 2003).

Adicionalmente foi estimada a relação de informação (RI) segundo Yan e Tinker (2006) para avaliar se o Biplot é suficiente para exibir os padrões de

uma tabela de dupla entrada. Baseando no valor obtido no eixo PC (eixo da interação da análise de componentes principais), sendo que com $RI = 1$, existem padrões (associações entre ambientes), com um PC tendo $IR < 1$, não há qualquer padrão ou informação. Ressaltando que o Biplot de dimensão 2 representa os padrões nos dados de forma adequada, se apenas os dois primeiros PCs têm um $IR \geq 1$.

A multivariada, o agrupamento e o gráfico GGE Biplot foram realizados no programa R versão 3.4.1 (R CORE TEAM, 2020).

3. Resultados e Discussão

O quantitativo de 76 progênies em estudo trás grande dificuldade na visualização da distribuição nas análises gráficas e, portanto do comportamento no GGE Biplot. Para solucionar este problema, aplicou-se preliminarmente uma análise multivariada para posterior agrupamento de progênies para estruturação de um dendrograma. Na qual a formação dos grupos baseia-se principalmente em mudanças acentuadas de níveis (CRUZ et al., 2014), desta forma cada agrupamento deve englobar apenas progênies similares, o que permite utilizar apenas uma de cada agrupamento no estudo referente a análise gráfica GGE Biplot. Posteriormente com a interpretação gráfica visualizando-se as melhores progênies pode-se realizar um retorno ao dendrograma, expandido o desempenho superior para dentro do mesmo agrupamento, que contém progênies que não foram utilizadas para a geração do Biplot. O limite adotado para a delimitação de agrupamentos neste trabalho foi de 0,178 de dissimilaridade, pois permitiu a pré-seleção de 37 progênies a serem utilizadas no estudo do GGE Biplot. Nota-se que as progênies

não se agruparam de forma sequencial, semelhante ao citado por Yokozimo et al. (2017a)

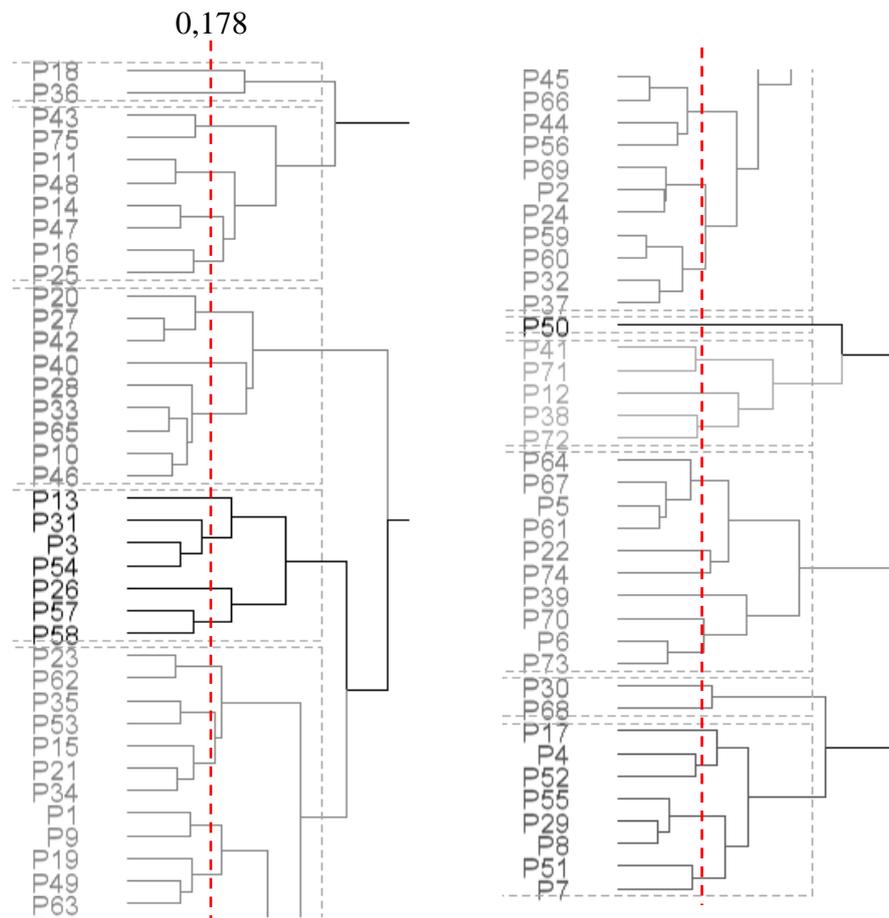


Figura 1 - Dendrograma empregando o método de ligação média entre grupos (UPGMA) para 76 progênies de açazeiro com base em seis características.

Destacando que as progênies que foram pré-selecionadas de cada agrupamento do dendrograma para usadas nas análises gráficas GGE Biplot foram P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P22, P23, P26, P30, P32, P35, P36, P38, P39, P40, P41, P43, P44, P50, P57, P68, P70 e P74 e meses compostos pela letra M seguido da numeração 1 a 12, correspondendo de janeiro a dezembro, respectivamente.

Baseado no dendrograma selecionou-se uma progênie de cada

agrupamento para comporem a análise GGE biplot. Na Tabela 2 é apresentada a proporção explicada da variação por cada eixo (PC1 a PC5) individualmente e a acumulada, que é a soma da proporção explicada de cada eixo com o valor do eixo anterior, onde nota-se que os dois primeiros eixos acumularam na soma entre ambos, valor superior a 73% na multivariada das seis características em conjunto, que proporciona suficiente confiabilidade no quesito referente a capacidade de explicação da análise gráfica



na variação total do desempenho relativo ao efeito genético das progênies, somado a interação com o efeito de meses, representado por $G + G \times A$. Por conseguinte a admissão do modelo com dois eixos (PC1 e PC2) é adequada para a visualização e interpretação do comportamento das progênies de açaizeiro e também entre os meses do ano. O valor acumulado nos dois eixos mostra-se pouco superior dos citados para açaizeiros nas características de produção de frutos

(YOKOMIZO et al., 2017b; FARIAS NETO et al., 2018) e inferior ao obtido por Yokomizo et al. (2020), evidenciando que os fatores ambientais não estimáveis, que são intitulados como ruídos, que são capazes de atrapalhar na precisão dos gráficos GGE Biplots e comprometer a adequada visualização das progênies superiores, não compõem parte significativa das variações, então o modelo com dois eixos adotado é confiável e suficiente.

Tabela 2 - Valor singular, proporção explicada em % (PE %), proporção explicada acumulada em % (PA %) e relação de informação (RI), em cinco componentes principais (PCs), para seis características em conjunto de progênies de açaizeiros.

Parâmetros	Eixos Componentes				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Valor Singular	1,601	1,057	0,548	0,234	0,193
PE %	44,068	29,094	15,084	6,441	5,313
PA %	44,068	73,162	88,246	94,687	100,000
RI	2,203	1,455	0,754	0,322	0,266

As relações de informação (RI) dos cinco primeiros eixos componentes (Tabela 2) mostram que apenas os dois primeiros eixos PC contêm padrão (RI acima de 1), indicando que existem associações entre os meses, o terceiro eixo embora possua IR abaixo de 1, pode abranger alguma informação independente de importância. Os valores baixos para os demais eixos indicam que não possuem qualquer padrão ou informação, desta forma, portanto a consideração dos dois primeiros eixos na análise gráfica é o bastante para representar os padrões dos dados. Valores estes dos dois primeiros eixos extremamente significativos pois mostraram-se superiores aos citados por Yokomizo et al. (2017b) e Yokomizo et al. (2020).

A Figura 2 ("which-won-where") tem como finalidade visualizar o comportamento de superioridade e especificidade de progênies em relação aos meses e também a formação de mega-ambientes, que são os meses

que forneceram condições similares, podendo ser agrupados num mesmo quadrante.

As retas que tem partida da origem sugerem a composição de nove setores ou mega-ambientes, mas observa-se que todos os meses estão presentes em quatro mega-ambientes, o que indica que podem ser semelhantes em suas contribuições para as diferenças de expressão das progênies, ou seja, as condições de sazonalidade permitiu a composição de quatro condições específicas (mega-ambientes). Pela posição de plotagem a progênie que possui melhor adaptabilidade para estas condições neste período de avaliações é identificada como P50 e em seguida tem-se a P12, com associação positiva e maior contribuição para as médias e estabilidade, correspondendo, portanto, com as mais promissoras. Observa-se as progênies P68, P41, P30 e P38 também apresentam contribuição positiva para as médias,

mas em oposição não se comportam como estáveis ao se considerar as seis características em conjunto em todos os meses.

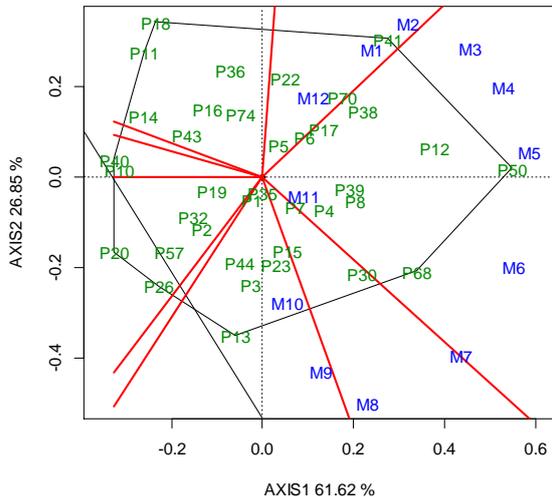


Figura 2 - Análise gráfica para identificar quais das progênes apresentam melhor desempenho e em que anos pelo GGE biplot ("Which-won-where") para multivariada entre seis características em progênes de açaizeiro. As linhas que tem partida da origem do Biplot delimitam setores que definem os mega-ambientes.

Na Figura 2, quatro mega-ambiente foram compostos pelo agrupamento dos meses, estando similar em comparação aos resultados citados em pimenteiras por três anos por Abu et al. (2011); em pêsego na produção de frutos por três anos (CITADIN et al., 2014), onde houve a presença de progênes em pelo menos três vértices do polígono com um dos ambientes também presente. Mas foi distinto e inferior em comparação à trabalhos com açaizeiro (FARIAS NETO et al., 2018; YOKOMIZO et al., 2017b; YOKOMIZO et al., 2020), morangueiro para produtividade (COSTA et al., 2016) e em mandioca (PEPRAH et al., 2016) cujo quantitativo de mega-ambientes chegou a oito.

Nota-se também na Figura 2 a existência de presença de progênes plotados em quadrantes sem a presença de meses, similar ao citado por

Aliyu et al. (2014) e Farias Neto et al. (2018), Yokomizo et al. (2017b, 2020). Esta situação é indicativa de ausência de especificidade nestas progênes para as características específicas das condições ambientais existentes.

A visualização de distribuição dos meses em quatro setores distintos é importante, pois mostra claramente que há dissimilaridade entre os fatores ambientais, ofertando condições diferentes. Já sobre a dispersão homogênea das progênes pelo GGE Biplot demonstra que existem diferenças presentes, ou seja, variabilidade de resposta fenotípica importante para a seleção.

Numerosas progênes não possuem comportamento de estabilidade e nem de adaptabilidade para os meses, também existindo progênes que manifestaram contribuições negativas e positivas, que podem ser consideradas como as indesejáveis. Estas variações são esperadas e comumente encontradas nas pesquisas que envolvam um conjunto de genótipos distintos, e aqui adicionalmente existe o fator do açaizeiro também se encontra no começo de um processo de domesticação e, portanto desuniformes ainda. As distribuições observadas foram análogas ao apresentado para açaizeiro (FARIAS NETO et al., 2018; YOKOMIZO et al., 2017b; YOKOMIZO et al., 2020) e em outras espécies, como em pimenteira (ABU et al., 2011), em cajueiro (ALIYU et al., 2014), em pessegueiro (CITADIN et al., 2014), em morangueiro (COSTA et al., 2016) e em mandioca (PEPRAH et al., 2016).

A reta contendo uma seta apresentada na Figura 3 tem a denominação de "eixo do ambiente-média" ou "eam", que representa um "ambiente-média". As progênes que estão além da ponta da seta são as com desempenho médio superior entre as demais.

Quanto mais distante da origem em qualquer direção em relação a linha perpendicular ao eam, maior a variação do desempenho, existindo associado uma menor estabilidade (YAN 2002; 2011).

Para as seis características avaliadas em conjunto a classificação das progênies em relação média de desempenho foram: P50 > P12 > P68 > P41 > P30 > P38 > P8 >... média geral>... > P28 > P14 > P11 > P10 > P40 > P20. Entre os materiais com relevância por apresentarem valores acima da média geral, estão P50, P12, P68, P41, P30 e P38, mas deve-se observar a distância em relação ao eixo PC1 constata-se que muitas destas progênies possuem instabilidade, apesar de possuírem valores médios interessantes em todos os meses em relação às demais progênies. Então considerando tanto os valores médios como a estabilidade as que se destacaram foram P50, P68 e P12, já diferindo um pouco do observado na Figura 2, ao inserir a progênie P68 no grupo de materiais promissores.

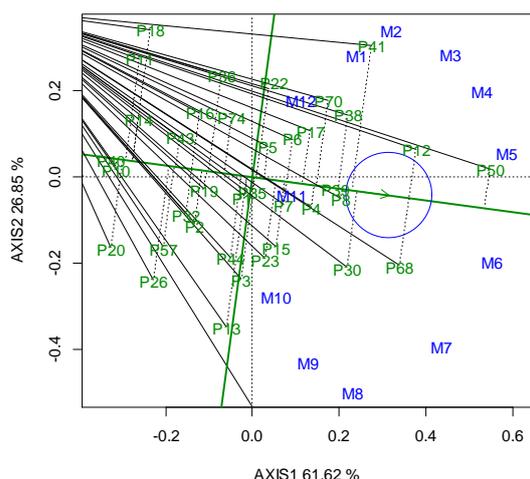


Figura 3 - Desempenho médio e estabilidade das progênies teste para multivariada entre seis características em progênies de açaizeiro pelo GGE biplot ("Média versus Estabilidade") com eixo do ambiente-média (EAM).

Uma planta perfeita num determinado ambiente buscado intensamente pelo melhoramento genético recebe a denominação de "ideótipo", associando o maior desempenho acima da média e alta estabilidade. Portanto a análise gráfica GGE biplot "Média versus Estabilidade" é uma excelente ferramenta para visualizar a existência de progênies que se assemelhem ao ideótipo por envolver aspectos referentes a desempenho e estabilidade (YAN; TINKER, 2006; YAN et al. 2007; YAN 2011). Na Figura 4 o centro de todos os círculos concêntricos é o ideótipo em qualquer condição ambiental, e, portanto as progênies superiores são as que estiverem plotadas nos círculos com maior proximidade do centro no eixo eam.

Apoiado nas informações acima, pode-se notar a presença de uma progênie de açaizeiro muito promissora, identificada como P50 em qualquer situação (mês), próxima do centro do círculo que define um ideótipo, seguida por P12 e depois por P68, P8, P39 e P30, similar em algumas características de açaizeiro observado por Farias Neto et al. (2018) e Yokomizo et al. (2020), e mostrando comportamento dissimilar em comparativo a pesquisas com outras espécies, cujos materiais mais produtivos em geral também eram os de menor estabilidade, em algumas características em açaizeiro (YOKOMIZO et al., 2017b; FARIAS NETO et al., 2018) e também citado por Aliyu et al. (2014) em avaliação de cajueiros quanto ao número, peso e produtividade de amêndoas. Referente à dispersão no gráfico que é indicativo da variabilidade disponível para seleção simultânea para as seis características observa-se a ocorrência de distribuição não concentrada na proximidade da origem das retas neste conjunto de

progênies, similar ao citado para morangueiro (COSTA et al., 2016) e mandioca (PEPRAH et al., 2016), cujas médias dos materiais avaliados foram dispersos em relação a média dos mega-ambientes (Figura 4). Nos circuncírculos seguintes ao primeiro tem-se como interessante as progênies P4 e P38 que devem ser mais bem avaliadas quanto ao seu desempenho.

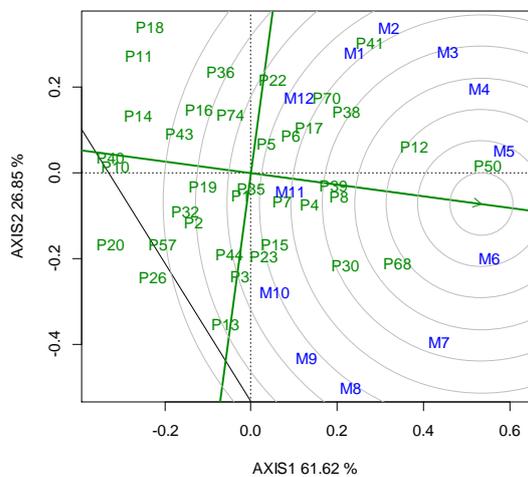


Figura 4 - Classificação dos genótipos em relação ao ideótipo (no centro dos círculos concêntricos) para o GGE Biplot com eixo do ambiente-média (EAM) em multivariada para seis características em progênies de açaizeiro.

Existem ambientes que fornecem fatores que permitem com uma maior eficácia a diferenciação entre as progênies avaliadas, para isso é realizada a avaliação do ambiente de teste num mega-ambiente, onde se consegue visualizar se algum dos meses do ano (ambiente) distingue mais amplamente os materiais genéticos, ou seja, tem utilidade como indicativo de quais meses as avaliações de seleção de materiais genéticos devem ser realizados pelo pesquisador para identificar os com melhor desempenho, principalmente por se ter conhecimento empírico de variações devido a existência de período de safra e entressafra no

açaizeiro. Estas informações são obtidas através da análise gráfica no GGE biplot da Figura 5, onde os meses que possuem vetores mais longos, portanto, são os que possuem fatores ambientais com contribuição superior para a discriminação de comportamento das progênies comparativamente aos fatores genéticos existentes, pois de nada adianta ambientes que não gerem diferenciação entre as progênies. Já nas situações em que os meses ou as progênies possuem vetores curtos deve entender que possuem menor capacidade de discriminação, significando que todos se assemelham não se conseguindo inferir distinção (HONGYU et al., 2015).

Nas seis características em conjunto, nem todos os meses possuem vetores longos, ou seja, nem todos tem maior capacidade discriminante em relação aos fatores genéticos inerentes às progênies (Figura 5). Nota-se a presença de meses que pouco contribuí para gerar a diferenciação das progênies e, portanto, do outro lado a existência de progênies com maior poder discriminante em relação à alguns meses, isso difere claramente quando são considerados os anos, que em sua grande maioria possuem vetores mais longos (FARIAS NETO et al. 2018; YOKO-MIZO et al. 2017b, 2020). Os resultados obtidos diferem aos de PEPRAH et al. (2016) referente a produtividade de mandioca, com todos os ambientes tendo vetores mais longos que a maioria dos genótipos e somente um material genético apresentou vetor mais longo em comparação ao dos ambientes e também foi diferente na avaliação para número, peso e produtividade de amêndoas por planta em cajueiro apresentado por Aliyu et al. (2014).

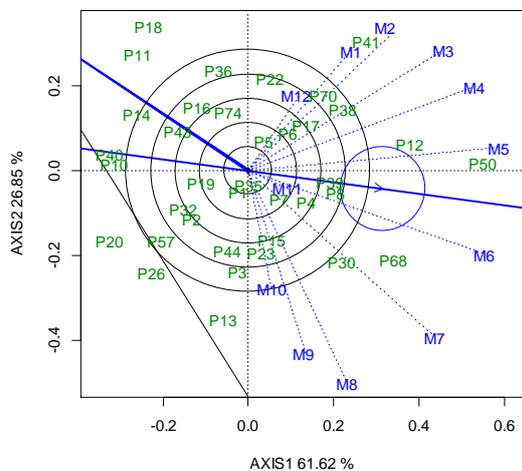


Figura 5 - Capacidade de discriminação e representatividade dos ambientes de teste pelo GGE biplot “discriminação e representatividade” numa multivariada entre seis características em progênies de açaizeiro.

Uma segunda interpretação obtida do gráfico da Figura 5 é identificar o mês ou meses caso haja mais de um, que seja capaz de representar a média de todos os demais meses, servindo como instrumento orientador de quais meses especificamente devem ser realizadas as avaliações com fins de seleção, diminuindo sobremaneira a mão de obra para efetuar tal ação, pois sem este conhecimento os pesquisadores realizam avaliações de campo mensais, elevando em muito o trabalho efetuado, sem fins práticos no final. Esses meses representam dentro de um intervalo médio os valores de fatores controláveis e não controláveis entre todos os demais meses. Nota-se que o mês de novembro na Figura 5, apresentou o menor ângulo com eam (eixo do ambiente-média), desta forma é o que representa a média dos demais meses, mas tem pouca capacidade de gerar distinção entre as progênies devido ao comprimento de seu vetor, então considerando ângulo e comprimento tem-se os meses de maio (P5) e junho (P6) como aqueles que o melhorista deve preferencialmente utilizar para a

avaliação. Do mês de fevereiro a setembro, neste caso metade final do período chuvoso até o segundo mês de estiagem, são os meses com maior capacidade discriminante, gerando maior diferenciação entre as progênies (Figura 5). Esses meses possuem fatores extragenéticos que geram condições ambientais, não controláveis, como a precipitação total, as temperaturas médias, máximas e mínimas (Tabela 1) gerando microclimas distintos, acabando em constituir parcelas significativas no componente da interação GxA, que refletem diretamente em diferentes respostas fenotípicas das progênies. Desta forma, os meses com suas dissimilaridades foram responsáveis na adaptabilidade e especificidade das progênies, podendo-se considerar normal este comportamento, sendo similar ao citado em cajueiro por Aliyu et al. (2014) trabalhando com diferentes ambientes.

Com base nas progênies superiores definidas pelo GGE Biplot e retornando às 76 progênies iniciais do dendrograma, têm-se inicialmente as progênies P50, P12, P68, P8, P39 e P30, podendo-se extrapolar o comportamento superior para as progênies P29 e P55 também.

4. Conclusões

Indubitavelmente o uso combinado da multivariada, agrupamento pelo dendrograma e análise gráfica GGE Biplot mostram-se importantes, com complementariedade e eficiência, num quantitativo grande de progênies;

As progênies promissoras para contornar a sazonalidade são P50, sendo excepcional, seguida por P12, P68, P8, P39 e P30, em ordem de desempenho, somado as progênies P29 e P55 do dendrograma.



A partir dos meados do período chuvoso (fevereiro) até o segundo mês de estiagem (setembro), pode ser utilizado nas avaliações, por permitir a diferenciação das progênies.

Os meses a serem priorizados são maio e junho para seleção, representando os efeitos sazonais do ambiente do ano inteiro.

Há variabilidade genética baseado nas contribuições individuais distintas na interação GxA e de efeito dos meses, fundamentais no melhoramento genético.

Referências

- ABU, N. E.; UGURU, M. I.; OBI, I. U. Genotype by trait relations of yield and yield components in aromatic peppers (*Capsicum annum*) based on GT biplot. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, Nairobi, 3(14): 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**, 2(4): 354-369, 2014.
- 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**, Piracicaba, 71(2): 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 jan 2021.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Açaí - Análise Mensal - Março/2020**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai>>. Acesso em: 22 jun 2021.
- 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**, Ribeirão Preto, 15(3): 1-9, 2016.
- COUTINHO, R. V. **A exploração do açaí como alternativa para o desenvolvimento econômico da Amazônia Legal: estudo de caso do estado do Pará (1990-2010)**. 86 p. 2017. (Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Amazônia). Universidade Federal de Roraima.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. (3. ed.). Viçosa: Editora UFV. 668p., 2014.
- DEGHANI, 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**, Ottawa, 92(1): 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@ambiente On-line**, 12(1): 25-33, 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**, 33(1): 532-539, 2011.
- GALEÃO, P. **Potencialidades e limites da cadeia de valor do açaí em boca do Acre**. Instituto Internacional de Educação do Brasil. 14p.. Março 2017. Disponível em: <http://www.fundovale.org/wp-content/uploads/2017/10/2_acai_bocadoacre.pdf>. Acesso em: 28 jul 2021.
- HOMMA, A. K. O.; NICOLI, C. M. L.; MENEZES, A. J. E. A. de; MATOS, G. B. de; CARVALHO, J. E. U. de; NOGUEIRA, O. L. **Custo Operacional de Açaizeiro Irrigado no Nordeste Paranaense**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 18p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 255).
- 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**, 4: article 44, 2013.



- MIQUELONI, D. P.; ASSIS, G. M. L. de. **Amei-doim forrageiro: principais características, uso e melhoramento genético**. In: KRAHL, G. (Org.). *Docência, pesquisa e liderança em zootecnia*. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. p.1-27.
- 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**, 33(2): 139-155, 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**, 37(3): 729-738, 2015.
- NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. de Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. **Revista Ceres**, 63(1): 1-7, 2016.
- 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**, 60(3): 324-331, 2013.
- 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**, 8(9): 157-167, 2016.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A. de; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. de **Genética na agropecuária**. 5a ed. Lavras: UFLA, 2012. 566p.
- 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 2021.
- SAMBUGARO, R. **Estágios foliares, fenologia da seringueira (*Hevea spp.*) e interação com *Microcyclus ulei* (mal das folhas)**. 2007. 94 p. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.
- SANTOS, J. C.; SENA, A. L. S.; HOMMA, A. K. O. **Viabilidade econômica do manejo de açai-zais no estuário amazônico do Pará**. In: GUIDUCCI, R.C.N.; LIMA FILHO, J.R.; MOTA, M.M. (eds.). *Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários*. Brasília: Embrapa, 2012. p.351-409. Disponível em: <<http://si-gla=ac&tema=extraavegetal2015>>. Acesso em: 07 jul 2021,
- SILVA, G. A. P.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARBONE, S. A. M. Análise da adaptabilidade e estabilidade de produção em ensaios regionais de feijoeiro para o Estado de São Paulo. **Revista Ceres**, 60: 59-65, 2013.
- SILVESTRE, W. V. D.; PINHEIRO, H. A.; SOUZA, R. O. R. M.; PALHETA, L. F. Morphological and physiological responses of açaí seedlings subjected to different watering regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 20(4): 364-371, 2016.
- SOUZA, P. C.; ANDRADE, V. M. S. Potencialidade na produção de *Euterpe oleracea* Mart (Açaí) em comunidades tradicionais na Amazônia”, **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, (1): 1-13, 2018.
- WEATHERSPARK **Condições meteorológicas médias de Mazagão – Brasil**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/29784/Clima-caracter%C3%ADtico-em-Mazag%C3%A3o-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 09 jul 2021.
- XIMENES, L. C.; GAMA, J. R. V.; BEZERRA, T. G.; CRUZ, G. S. Importância do açaí na renda mensal da comunidade quilombola Murumuru em Santarém, Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 11(2): 36-42, 2020.
- YAN, W. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. **Agronomy Journal**, 94(5): 990-996, 2002.
- YAN, W. GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. **Journal of the India Society of Agricultural Statistics**, 65(2): 181-193, 2011.



Ciências Agrárias

YAN, W.; HUNT, L. A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and Mega-environment investigation based on GGE biplot. **Crop Science**, 40(3): 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, 271p., 2003.

YAN, W.; KANG, M. S.; MA, B.; WOODS, S.; CORNELIUS, P. L. GGE Biplots vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science**, 47: 643-655, 2007.

YAN, W.; TINKER, A. biplot analysis of multi environment trial data: principles and applications. **Canadian Journal of Plant Science**, 86(3): 623-645, 2006.

YOKOMIZO, G.K.; FARIAS NETO, J.T.; OLIVEIRA, M. do S.P. Dissimilaridade morfológica entre progênies de açaizeiro provenientes de

Anajás – PA. **Revista de Ciências Agrárias**, 60(4): 343-349, 2017a.

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**, 8(1): 115-130, 2017b.

YOKOMIZO, G.K.; HONGYU, K.; FARIAS NETO, J.T.; CRUZ JÚNIOR, F.O. Dendrograma e GGE Biplot uma combinação para estudo de estabilidade e adaptabilidade em açaizeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 20(2): 102-112, 2020.

YUYAMA, K.; VAREJÃO, M. J.; FÁVARO, D. I. T.; VASCONCELLOS, M. B. A.; PIMENTEL, S. A.; CARUSO, M. S. F.. Caracterização físico-química do suco de açaí de Euterpe precatoria Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. **Acta Amazônica**, 41(4): 545-552, 2011.