



UESB

**PROPAGAÇÃO E CRUZAMENTOS EM
GENÓTIPOS DE URUCUEIROS (*Bixa orellana* L.)**

EVERARDES PÚBLIO JÚNIOR

2020

EVERARDES PÚBLIO JÚNIOR

**PROPAGAÇÃO E CRUZAMENTOS EM GENÓTIPOS DE
URUCUEIROS (*Bixa orellana* L.)**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora:
Prof^a. D.Sc. Tiyoko Nair Hojo Rebouças

Coorientador:
Prof.: D.Sc. Abel Rebouças São José

VITÓRIA DA CONQUISTA-BA
2020

P97p

Públio Júnior, Everardes.

Propagação e cruzamentos em genótipos de urucueiros (*Bixa orellana* L.). / Everardes Públio Júnior, 2020.

149f.: il.

Orientador (a): D. Sc. Tiyoko Nair Hojo Rebouças.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2020.

Inclui referência F. 127 - 129.

1. Urucum. 2. Corante natural – Bixina. 3. Melhoramento genético. 4. Variabilidade Genética. I. Rebouças. Tiyoko Nair Hojo II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. T.III.

CDD. 633.86

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

UEBS- Campus Vitória da Conquista – Ba.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista, BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

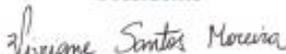
Título: Propagação e Cruzamentos de Genótipos em Urucueiros (*Bixa orellana* L.)"

Autor: Everardes Públio Júnior

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



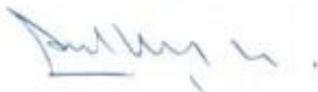
Prof. Dra. Tiyoiko Nair Hojo Rebouças (UESB)
Presidente



Prof. Dra. Viviane Santos Moreira (IFBA, Euclides da Cunha-BA)



Prof. Dra. Nilma Oliveira Dias (PMVC)



Prof. Dr. Abel Rebouças São José (UESB)



Prof. Dr. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral (UESB)

Dedico esta realização à minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, porque sei que tudo que tenho e sou vem por meio dele.

Aos meus pais e irmãos, pois foi no convívio entre eles que fui moldado.

A minha esposa, Ana Paula, dedicada e paciente, e a meus filhos, Luís Eduardo e Maria Luiza, minhas joias.

À prof^a. Dr^a. Tiyoko Nair Hojo Rebouças, orientadora e amiga, sempre presente.

Ao professor Abel Rebouças São José, pela orientação e apoio neste trabalho.

Ao produtor Noel Alvim Julião, prestativo e dedicado, proprietário da Fazenda Sempre Viva, e aos seus funcionários.

Aos proprietários do viveiro de produção de mudas TECNOPLANT, pela cooperação e apoio na produção das mudas clonais.

Aos amigos, bolsistas e voluntários, que tanto contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho; seria injusto se aqui eu citasse nomes, pois tenho certeza de que acabaria cometendo a injustiça de esquecer alguém.

À UESB, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia e a todos os responsáveis pela realização do curso.

Aos governantes que acreditam e investem em pesquisa e educação neste país.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta tese.

Meu muito obrigado.

AGRONOMIA

Meu caro jovem Engenheiro
Doutor em Agronomia
Receba essa homenagem
Que teu amigo te faz
Nesses versos de poesia

Essa tua profissão
Que tanta grandeza encerra
Sei que tem no coração
Um pedacinho da terra

Tu vais ajudar o campo
Com tecnologia
Incentivar a irrigação
Ensinar a adubar o chão
E defender a ecologia

É de gente como tu
Que a agricultura está precisando
Pois tanta gente sem terra
E tanta terra sobrando

Que **Deus** ilumine o Governo
Dê ao agrônomo a proteção
Que a reforma agrária venha logo
Sem papo e sem confusão
Assim teremos muita fartura
Em todo o meu sertão

Desculpe esse poeta
Se os versinhos não têm graça
Mas é a linguagem pura
Do sertanejo de raça.

Poesia retirada do Livro DESTINO DE CABOCLO do poeta Cláudio
Silveira Dias, Vitória da Conquista, 1996, 1ª Edição.

RESUMO

PÚBLIO JÚNIOR, E. **Propagação e cruzamentos em genótipos de urucueiros (*Bixa orellana* L.)**. Vitória da Conquista, BA: UESB, 2020. 143p. (Tese - Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)*

O urucueiro é um arbusto, pertencente à família Bixaceae, nativa de terras baixas tropicais da América Latina; naturalizou-se nas regiões tropicais e subtropicais de outras partes da terra. Vem despertando cada vez mais interesse da indústria, devido à presença de uma película externa que recobre suas sementes, rica em um carotenoide avermelhado denominado bixina. Esta é um dos principais corantes naturais utilizados mundialmente, principalmente na indústria alimentícia, por conta das exigências do mercado consumidor de substituir os corantes artificiais pelos naturais. No momento da comercialização, a indústria tem exigido percentuais mínimos de 4,0% de bixina nas sementes, entretanto grande parte dos produtores não conseguem atingir esse percentual; por isso é necessário, entre outros fatores, o emprego de material genético melhorado. No melhoramento genético do urucum, a produtividade de grãos e o teor de bixina devem ser priorizados, porém outras características agronômicas, tais como número de monocásios/planta, número de sementes/cápsula, número de cápsulas/monocásio, uniformidade de maturação, deiscência ou nível de abertura das cápsulas, massa de 100 sementes, devem fazer parte dos trabalhos de melhoramento. Diante da importância econômica e social dessa cultura, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento vegetativo e de produção de genótipos selecionados de urucueiros em função da forma de propagação e, ainda, avaliar o desenvolvimento de indivíduos F1, parâmetros genéticos e correlações de características agronômicas, oriundos do cruzamento entre esses genótipos. Foram conduzidos dois experimentos, instalados no município de Porto Seguro-BA, entre março de 2017 e outubro de 2019. No primeiro experimento, os tratamentos foram formados por dois genótipos, “A” e “B”, selecionados em um plantio comercial da cultivar Embrapa 37, estes foram multiplicados por estaquia e sementes; o delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x2, com 5 repetições. As avaliações de crescimento foram realizadas aos 59, 154, 284, 383, 497, 656 e 840 dias após plantio (DAP), enquanto as colheitas e avaliações de produção foram feitas aos 350, 498 e 669 dias após plantio. Os dados mostraram que plantas propagadas assexuadamente apresentam precocidade, antecipando o estágio

*Orientadora: Tiyoko Nair Hojo Rebouças, Prof.^a. D. Sc., UESB; Co-orientador: Abel Rebouças São José. Prof. D. Sc., UESB.

reprodutivo, enquanto plantas propagadas por sementes apresentam maior desenvolvimento vegetativo, e as características de produção apresentam diferenças entre os genótipos estudados. O segundo experimento consistiu no cruzamento e na autofecundação de flores dos genótipos “A” e “B”, para obtenção de sementes F1. As sementes foram colhidas quando as cápsulas apresentaram-se no estágio maduro. As mudas foram produzidas em viveiro de produção de mudas e plantadas com 7 meses de idade. Aos 450 DAP, foi realizada a colheita de 113 plantas selecionadas com base na carga aparente da produção de monocásios, aspecto de sanidade e vigor das plantas. Foram avaliados a massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade total de bixina. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com 4 tratamentos: AxA, AxB, BxA e BxB, sendo, respectivamente, 18, 29, 44 e 22 plantas por tratamento; para estimar parâmetros genéticos e correlações, foram consideradas 21 repetições por tratamento. Os resultados evidenciam que a autofecundação e o cruzamento apresentam impacto positivo nas características agronômicas de frutos de urucum, incrementando significativamente a produtividade média e o teor de bixina em urucueiros, e que os genótipos estudados apresentam potencial para a seleção e obtenção de ganhos genéticos adicionais para as características estudadas.

Palavras-chave: Urucum, melhoramento genético, corante natural, variabilidade genética, bixina.

ABSTRACT

PÚBLIO JÚNIOR, E. **Propagation and crossing in genotypes of annatto (*Bixa orellana* L.)**. Vitória da Conquista, BA: UESB, 2020. 143p. (Thesis - PhD in Agronomy, Phytotechnic Concentration Area) *

The annatto is a shrub, belonging to the Bixaceae family, native to tropical lowlands in Latin America; it became naturalized in the tropical and subtropical regions of other parts of the earth. It has been attracting more and more interest from the industry, due to the presence of an external film that covers its seeds, rich in a reddish carotenoid called bixin. This is one of the main natural dyes used worldwide, mainly in the food industry, due to the demands of the consumer market to replace artificial dyes with natural ones. At the time of commercialization, the industry has demanded minimum percentages of 4.0% of bixin in the seeds, however, most producers are unable to reach this percentage, and therefore it is necessary, among other factors, the use of improved genetic material. In the breeding of annatto, grain yield and bixin content should be prioritized; however, other agronomic characteristics such as number of bunch/plant, number of seeds/capsule, number of capsules/bunch, maturity uniformity, dehiscence or level of opening of the capsules, mass of 100 seeds, must be part of the improvement work. In view of the economic and social importance of this culture, the objective of this work was to evaluate the vegetative development and production of selected annatto genotypes according to the form of propagation, and also to evaluate the development of F1 individuals, genetic parameters and correlations of agronomic characteristics, coming from the crossing between these genotypes. Two experiments were carried out, installed in the city of Porto Seguro-BA, between March 2017 and October 2019. In the first experiment, the treatments were formed by two genotypes "A" and "B" selected in a commercial plantation of the cultivar Embrapa 37, which were multiplied by cuttings and seeds; the design was in randomized blocks in a 2x2 factorial scheme, with 5 repetitions. Growth evaluations were performed at 59, 154, 284, 383, 497, 656 and 840 days after planting (DAP), while harvests and production assessments were made at 350, 498 and 669 days after planting. The data showed that plants propagated asexually are precocious, anticipating the reproductive stage, while plants propagated by seeds have greater vegetative development and production characteristics have differences between the studied genotypes. The second experiment consisted of crossing and self-fertilizing flowers of genotypes

*Advisor: Tiyoko Nair Hojo Rebouças, Professor. *D. Sc.*, UESB; Co-advisor: Abel Rebouças São José. *D. Sc.*, UESB.

"A" and "B", to obtain F1 seeds. The seeds were harvested when the capsules were ripe. The seedlings were produced in a seedling nursery and planted at 7 months of age. At 450 DAP, 113 selected plants were harvested based on the apparent load from the production of single-stage, health and vigor aspects of the plants. The mass of 100 grains, bixin content, grain yield and total bixin yield were evaluated. The experimental design was entirely randomized with 4 treatments: AxA, AxB, BxA and BxB, with 18, 29, 44 and 22 plants per treatment, respectively; to estimate genetic parameters and correlations, 21 replicates per treatment were considered. The results show that self-fertilization and crossbreeding have a positive impact on the agronomic characteristics of annatto fruits, significantly increasing the average productivity and the bixin content in annatto trees, and that the studied genotypes have the potential for selection and obtaining additional genetic gains for the characteristics studied.

Keywords: Annatto, genetic improvement, natural coloring, genetic variability, bixin.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** – Altura das plantas dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019. ** significância a 1% de probabilidade, * significância a 5% de probabilidade.34
- Figura 2.2** – Diâmetro do colo de genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019. ** significância a 1% de probabilidade, * significância a 5% de probabilidade.37
- Figura 2.3** – Área da copa dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019. ** significância a 1% de probabilidade, * significância a 5% de probabilidade.39
- Figura 2.4** – Percentual de plantas com flores/frutos dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019.41
- Figura 4.1** – Percentual de pegamento em frutos F1 da polinização natural da matriz A (T1), frutos da polinização natural da matriz B (T2), frutos do cruzamento $A_{\text{♀}} \times B_{\text{♂}}$ (T3), frutos do cruzamento $B_{\text{♀}} \times A_{\text{♂}}$ (T4), frutos da autopolinização de A (T5) e frutos da autopolinização de B (T6) de genótipos de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2017. As barras indicam a média \pm erro padrão.77
- Figura 4.2** – Formato da cápsula (oval \geq a 70% e lanceolada $<$ a 70%) em frutos F1 da polinização natural da matriz A (T1), frutos da polinização natural da matriz B (T2), frutos do cruzamento $A_{\text{♀}} \times B_{\text{♂}}$ (T3), frutos do cruzamento $B_{\text{♀}} \times A_{\text{♂}}$ (T4), frutos da autopolinização de A (T5) e frutos da autopolinização de B (T6) de genótipos de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2017. As barras indicam a média \pm erro padrão. As barras seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.79
- Figura 5.1** – Histograma de frequência do teor de bixina em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.97
- Figura 5.2** – Histograma de frequência da massa de 100 grãos em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.99
- Figura 5.3** – Histograma de frequência da produtividade de grãos em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.101

Figura 5.4 – Histograma de frequência da produtividade de bixina em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.	103
Figura 1A – Área colhida e produção de urucum no Brasil, no período 1988 a 2018.	131
Figura 1D – Teor de bixina em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.....	142
Figura 2D – Massa de 100 grãos em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.....	143
Figura 3D – Produtividade de grãos em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.	144
Figura 4D – Produtividade de bixina em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.	145
Figura 5D – Croqui do plantio das mudas F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.....	146
Figura 1E – Médias mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima no município de Porto Seguro – BA, no período de junho/2016 a julho/2019. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.....	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Análise física do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.	32
Tabela 2.2 – Análise química do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.	32
Tabela 3.1 – Análise física do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.	53
Tabela 3.2 – Análise química do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.	53
Tabela 3.3 – Características de produção, monocásio por planta, cápsulas/monocásio, nº de sementes p/cápsula, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 350 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2018.....	56
Tabela 3.4 – Características de produção, monocásio por planta, umidade, nº de sementes p/cápsulas, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 498 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2018.	58
Tabela 3.5 – Características de produção, monocásio por planta, cápsulas por monocásio, número de sementes por cápsula, formato das cápsulas, índice de grãos, umidade, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 669 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.	61
Tabela 3.6 – Resultados da comparação de médias para as características de produção, cápsulas/monocásio, massa de 100 grãos e teor de bixina, provenientes da interação entre genótipos e formas de propagação de urucueiros aos 669 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.	62
Tabela 4.1 – Características morfológicas e de produção de plantas de urucueiro (<i>Bixa orellana</i> L.) da cultivar Embrapa 37 com 4 anos de idade, selecionadas no município de Porto Seguro, BA. Vitória da Conquista, BA, 2019.	74
Tabela 4.2 – Resumo da análise de variância e dos coeficientes de variação para os parâmetros agronômicos, formato de cápsula, peso da cápsula, número de sementes por cápsula, massa das sementes, índice de sementes e massa de 100 sementes em frutos F1 de genótipos de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2017.....	78

Tabela 4.3 – Parâmetros agronômicos, peso da cápsula, número de sementes por cápsula, massa das sementes, índice de sementes e massa de 100 sementes em frutos F1 de genótipos de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2017.	80
Tabela 5.1 – Análise química do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.	94
Tabela 5.2 – Características de produção, teor de bixina, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.	96
Tabela 5.3 – Características de produção, teor de bixina, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP, selecionados no município de Porto Seguro, BA. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.	104
Tabela 6.1 – Análise química do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.	117
Tabela 6.2 – Análise de variância e estimativa de parâmetros genéticos das características Teor de bixina, Massa de 100 grãos, Produtividade de grãos e produtividade de bixina em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP, selecionados no município de Porto Seguro, BA.....	120
Tabela 6.3 – Estimativas dos coeficientes de correlação linear de Pearson, entre Teor de bixina, Massa de 100 grãos, Produtividade de grãos e produtividade de bixina em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP, selecionados no município de Porto Seguro, BA. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.	123
Tabela 1B – Quadrados médios e coeficientes de variação para Altura de planta dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019.....	132
Tabela 2B – Quadrados médios e coeficientes de variação para Diâmetro do colo de planta dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019.	132
Tabela 3B – Quadrados médios e coeficientes de variação para Área da copa de plantas dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019.	133
Tabela 4B – Resultados da comparação de médias para área da copa (m ²), provenientes da interação entre genótipos e formas de propagação de urucueiros aos 284 DAP. Porto Seguro – BA, 2019.....	133

Tabela 1C – Relação entre o comprimento e a largura das cápsulas, em função da propagação de genótipos de urucueiros, aos 350 DAP UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.....	134
Tabela 2C – Relação entre o comprimento e a largura das cápsulas (%), em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 498 e 669 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.....	134
Tabela 3C – Quadrados médios e coeficientes de variação das variáveis, monocásio por planta, cápsulas/monocásio, nº de sementes p/cápsula, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 350 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2018.	135
Tabela 4C – Quadrados médios e coeficientes de variação das variáveis, monocásio por planta, nº de sementes p/cápsula, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 498 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2018.....	136
Tabela 5C – Quadrados médios e coeficientes de variação das variáveis, monocásio por planta, cápsulas por monocásio, número de sementes por cápsula, formato da cápsulas, índice de grãos, umidade, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 669 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2018.....	137
Tabela 1D – Quadrados médios e coeficientes de variação das variáveis para teor de bixina, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.....	138
Tabela 2D – Valores da massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019... ..	138
Tabela 1A – Características morfológicas e de produção de plantas de urucueiro (<i>Bixa orellana</i> L.) da cultivar Embrapa 37 com 4 anos de idade, selecionadas no município de Porto Seguro, BA. Vitória da Conquista, BA, 2019.	148

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Al	Alumínio
BA	Bahia
Ca	Cálcio
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
cm	Centímetro
CV	Coefficiente de variação
CVe	Coefficientes de variação ambiental
CVg	Coefficiente de variação genética
CVp	Coefficiente de variação fenotípica
DAP	Dias após plantio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
G	Ganho genético
G	Gramma
H	Hora
h ²	Herdabilidade
Há	Hectare
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	Potássio
KCl	Cloreto de Potássio
kg	Quilograma
M	Molar
M	Metro
Mg	Magnésio
mL	Mililitro
°C	Grau Celsius
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
R	Coefficiente de correlação de Pearson
SMP	acrônimo de Shoemaker, Mc Lean e Pratt. Solução tampão
tfsa	Terra fina seca ao ar
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
V	Percentagem de saturação por bases
Ve	Variância ambiental
Vg	Variância genotípica
Vp	Variância fenotípica

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	19
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	20
REFERÊNCIAS.....	23
CAPÍTULO 2: DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E REPRODUTIVO DE URUCUEIRO EM FUNÇÃO DA PROPAGAÇÃO.....	26
1 INTRODUÇÃO.....	29
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4. CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS.....	44
CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO E TEOR DE BIXINA EM GENÓTIPOS DE URUCUEIROS EM FUNÇÃO DA PROPAGAÇÃO. .	47
1 INTRODUÇÃO.....	50
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	52
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4. CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS.....	65
CAPÍTULO 4: POLINIZAÇÃO CONTROLADA EM GENÓTIPOS SUPERIORES DE URUCUEIROS.....	68
1 INTRODUÇÃO.....	71
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	73
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
4 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS.....	84

CAPÍTULO 5: AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS F1 DE URUCUEIROS.	87
1 INTRODUÇÃO	90
2 MATERIAL E MÉTODOS	92
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
4 CONCLUSÕES	106
REFERÊNCIAS.....	107
CAPÍTULO 6: ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E CORRELAÇÕES EM GENÓTIPOS F1 DE URUCUEIROS.	110
1 INTRODUÇÃO	113
2 MATERIAL E MÉTODOS	116
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	120
4 CONCLUSÕES	125
REFERÊNCIAS.....	126
APÊNDICE.....	130
ANEXO	148

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O urucueiro é originário da América Tropical e pertence à família Bixaceae com o nome botânico de *Bixa orellana* L. (GOUVEIA; MOURA; MEDEIROS, 2000). Encontra-se ao longo da América tropical e é utilizado pelos índios sul-americanos na pintura corporal, em artesanatos, instrumentos de caça e pesca e como repelente de insetos (GIULIANO; ROSATI; BRAMLEY, 2003).

É um arbusto que pode atingir até 6,0 m de altura, de acordo com as condições de cultivo (REVILLA, 2001). Os frutos são denominados de cápsulas ou “cachopas”, em cujo interior encontram-se de 30 a 50 sementes (OLIVEIRA, 2005).

Seu interesse comercial está nos grãos, onde são sintetizados, em maior quantidade, os pigmentos carotenoides bixina e norbixina, os quais se depositam na sua superfície externa (JAKO e outros, 2002) e conferem àqueles revestimento pastoso de coloração avermelhada.

Por ser um produto agrícola de baixo custo de produção, aliado à média e à alta produtividade (CASTRO e outros, 2009) e ainda à ausência de toxicidade, o urucum tem se tornado cada vez mais atrativo e conveniente na substituição dos corantes sintéticos (STRINGHETA, 2006). A bixina, obtida a partir do urucum, ao lado do açafrão, é o corante natural comestível mais importante no mercado global (MAHENDRANATH e outros, 2011); ocupa o segundo lugar em importância econômica depois do caramelo (MERCADANTE; STECK; PFANDER, 1997). De acordo com Fabri e Teramoto (2015), o mercado de

urucum corresponde a, aproximadamente, 90% do total do consumo de corantes naturais no país e em torno de 70% de corantes naturais no mundo.

O cultivo do urucueiro pode ser observado em vários países, como: Brasil, Peru, México, Equador, Indonésia, Índia, Quênia e leste da África (ELIAS e outros, 2002; COSTA, 2007). No Brasil, os plantios comerciais vêm se expandindo, com a área colhida em 2018 de 16.351 hectares (Apêndice 1A) e produção de 16.613 toneladas do grão (IBGE, 2018), o que resulta em uma produtividade de 1.016 kg ha⁻¹. Em 1988, a produção era pouco mais que 4.800 toneladas, segundo dados do IBGE (2018).

Quanto à destinação, cerca de 60% da produção destina-se à fabricação do colorífico, e os 40% restantes são fornecidos às indústrias de corantes e/ou exportação (SILVA; FRANCO, 2000).

A coloração vermelha da semente está diretamente relacionada ao percentual de bixina, enquanto a concentração de norbixina provoca a coloração amarela. Tanto as sementes quanto os extratos processados são comercializados com base no teor de bixina ou norbixina (OLIVEIRA, 2005). Esse teor varia de acordo com a variedade cultivada, tipo de solo, condições edafoclimáticas e tratos culturais.

O emprego de material genético de qualidade é fundamental para a manutenção do agronegócio do urucum, pois possibilita elevar o teor de bixina nas sementes e os níveis de produtividade, o que proporciona ao produtor maior rentabilidade do seu negócio (SÃO JOSÉ e outros, 2007). Plantas selecionadas podem ser empregadas no melhoramento de *Bixa orellana*, principalmente por

meio de triagem e melhoramento de características agronômicas importantes (NISHA; SIRIL, 2014). No melhoramento genético do urucum, deve-se buscar genótipos que, além de outros parâmetros agronômicos, apresentem alta produtividade e alto percentual de bixina.

Em função da grande variabilidade genética e por ser uma espécie perene, a propagação vegetativa constitui um método viável para a multiplicação de indivíduos geneticamente superiores, com alta produtividade e qualidade (CARVALHO; CARVALHO; OTONI, 2005). Entretanto, os produtores de urucum utilizam, em sua maioria, plantas propagadas por via sexuada (SÃO JOSÉ e outros, 1999).

Em virtude de sua importância, em especial para as regiões Norte e Nordeste do Brasil, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desenvolvimento vegetativo e de produção de genótipos selecionados de urucueiros em função da forma de propagação e, ainda, o desenvolvimento de indivíduos de geração filial 1 (F1), seus parâmetros genéticos e correlações de características agronômicas, oriundos do cruzamento entre esses genótipos.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, J. F. R. P.; CARVALHO, C. R.; OTONI, W. C. Regeneração *in vitro* de urucum (*Bixa orellana* L.) a partir de diferentes tipos de explantes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 887-895, 2005.
- CASTRO, C. B. de *et al.* **A cultura do urucum**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 61p. (Coleção plantar, 64).
- COSTA, C. K. **Estudo fitoquímico de *Bixa Orellana* L., Bixaceae e aplicação de seu óleo em Formulação Cosmética**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ELIAS, M. E. A. *et al.* Mineral nutrition, growth and yields of annatto trees (*Bixa orellana*) in agroforestry on an Amazonian ferralsol. **Experimental Agriculture**, v. 38, p. 277-289, 2002.
- FABRI, E. G.; TERAMOTO, J. R. S. Urucum: fonte de corantes naturais, **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, 2015.
- GIULIANO, G.; ROSATI, C.; BRAMLEY, P. M. To Dye or Not to Dye: Biochemistry of Annatto Unveiled. **Trends in Biotechnology**. v. 21, n.12, p. 513-516, 2003.
- GOUVEIA, J. P. G.; MOURA, R. S. F.; MEDEIROS, B. G. S. Determinação de algumas propriedades físicas das sementes de urucum. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, n. 4, p. 35-38, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA (IBGE). **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. v. 45. p. 1-20.

JAKO, C. *et al.* Probing Carotenoid Biosynthesis in Developing Seed Coats of *Bixa Orellana* (Bixaceae) Through Expressed Sequence Tag Analysis. **Plant Science**, v. 163, p. 141-145, 2002.

MAHENDRANATH, G. *et al.* Annatto pigment production in root cultures of Achiote (*Bixa orellana* L.). **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, v. 106, n. 3, p. 517-522, 2011.

MERCADANTE, A. Z.; STECK, A.; PFANDER, H. Isolation and structure elucidation of minor carotenoids from annatto (*Bixa orellana* L.) seeds. **Phytochemistry**, Oxford, v. 46, n. 8, p. 1379-1383, 1997.

NISHA, J.; SIRIL, E. A. Evaluation and selection of elite annatto (*Bixa orellana* L.) and identification of RAPD markers associated with yield traits. **Braz. J. Bot.** v. 37, n. 1, p. 1-8, 2014.

OLIVEIRA, J. S. de. **Caracterização, extração e purificação por cromatografia de compostos de urucum (*Bixa Orellana* L.)**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Curso de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

REVILLA, J. **Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis**. 2. ed. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2001. p. 201-205.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Corantes Naturais em Alimentos: Ênfase no Uso do Urucum. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47, 2007, Porto Seguro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/PAL01.pdf>. Acesso em: 30 de nov. 2019.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Cultivo del achiote (*Bixa orellana* L.) en Brasil. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, v. 3, p. 113-119, 1999.

SILVA, F. de C. P. da; FRANCO, C. F. **Urucuzeiro uma alternativa de**

agronegócio. João pessoa: EMEPA-PB, Banco do Nordeste, 2000. 64p.

STRINGHETA, P. C. Usos do corante e derivados do urucum. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DO URUCUM, 1., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: EMEPA, 2006. 1 CD_ROM.

**CAPÍTULO 2: DESENVOLVIMENTO
VEGETATIVO E REPRODUTIVO DE
URUCUEIRO EM FUNÇÃO DA PROPAGAÇÃO**

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E REPRODUTIVO DE URUCUEIRO EM FUNÇÃO DA PROPAGAÇÃO.

Resumo - O urucueiro (*Bixa orellana* L.) é um arbusto, originário de regiões tropicais, que vem despertando interesse da indústria, devido à presença de uma película que recobre suas sementes, rica em um carotenoide avermelhado denominado bixina. Tradicionalmente, o urucum é propagado por via sexual, por meio de sementes, entretanto pode ser também por via vegetativa. Tendo em vista a importância econômica e social dessa cultura, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de plantas de urucueiros em função da propagação, buscando o melhor método de propagação em relação ao crescimento e precocidade de produção. O experimento foi conduzido em uma fazenda no município de Porto Seguro-BA; os tratamentos foram formados por dois genótipos A e B, os quais foram multiplicados via assexuada (estaquia) e sexuada (sementes), o delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x2, com 5 repetições e 7 plantas úteis por parcela. As avaliações foram realizadas aos 59, 154, 284, 383, 497, 656 e 840 dias após plantio, quando foi avaliada a presença de flores e/ou cápsulas, diâmetro do colo, altura das plantas e diâmetro da copa. Os dados obtidos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os tratamentos propagados assexuadamente entraram em estágio de reprodução primeiro, enquanto os tratamentos propagados sexuadamente apresentaram maior desenvolvimento vegetativo; não foi observada diferença no desenvolvimento vegetativo e início do estágio reprodutivo entre os genótipos trabalhados.

Palavras-chave: *Bixa orellana* L, urucum; estacas; melhoramento genético.

VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE DEVELOPMENT OF ANNATTO TREE ACCORDING TO PROPAGATION METHODS.

Abstract - The annatto (*Bixa orellana* L.) is a shrub, originating from tropical regions, which has been of interest to the industry, due to the presence of a film that covers its seeds, rich in a reddish carotenoid called bixin. Traditionally the annatto is propagated sexually, through seeds, however, can also be performed vegetatively. In view of the economic and social importance of this crop, the objective of this work was to evaluate the vegetative and reproductive development of annatto plants as a function of propagation, seeking the best propagation method in relation to growth and production precocity. The experiment was conducted in a farm in the municipality of Porto Seguro-BA; the treatments were formed by two genotypes A and B, which were multiplied via asexual (cuttings) and sexed (seeds). The design was randomized blocks in factorial scheme. 2x2, with 5 repetitions and 7 useful plants per plot. Evaluations were performed at 59, 154, 284, 383, 497, 656 and 840 days after planting, when the presence of flowers and/or capsules, neck diameter, plant height and crown diameter were evaluated. The data obtained were compared by Tukey test at 5% probability. The asexual propagated treatments entered the reproductive stage first, while the sexually propagated treatments showed higher vegetative development; no difference in vegetative development and early reproductive stage was observed between the worked genotypes.

Keywords: *Bixa orellana* L, annatto; piles; genetical enhancement.

1 INTRODUÇÃO

O urucueiro (*Bixa orellana* L.) é uma planta perene, nativa da região amazônica, pertencente à família Bixaceae (LIMA; LOPES; COELHO, 2007). É um arbusto que pode atingir até 6,0 m de altura, de acordo com as condições de cultivo; em geral, sua altura está entre 2,0 e 4,0 m, tem caule lenhoso e curto com 20 a 30 cm de diâmetro e casca cinza escura com lenticelas em filas verticais (REVILLA, 2001). Possui sementes revestidas por um carotenoide avermelhado denominado bixina, pigmento de grande interesse nos mercados nacional e internacional, principalmente na área alimentícia, devido às exigências do mercado consumidor de substituir os corantes artificiais pelos naturais (CORLETT; BARROS; VILLELA, 2007). Sua importância vai além, exerce papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico da Região Nordeste do Brasil, pois 78,2% do seu cultivo provém da agricultura familiar, sob condições de sequeiro, com custos reduzidos de implantação, quando comparados com os de outras culturas (ANSELMO; CAVALCANTI-MATA; RODRIGUES, 2008).

Em função da grande variabilidade genética e por ser uma espécie perene, a propagação vegetativa constitui um método viável para a multiplicação de indivíduos geneticamente superiores, com alta produtividade e qualidade (CARVALHO; CARVALHO; OTONI, 2005).

Plantios clonais de alta produtividade representam uma alternativa viável aos de origem seminal, estabelecidos a partir da propagação vegetativa de genótipos superiores. Esses genótipos devem apresentar bons resultados em produtividade e conteúdo de pigmento (MANTOVANI e outros, 2013).

Variáveis de crescimento têm sido utilizadas para avaliar o comportamento das mudas de espécies florestais, a partir da descrição das condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, acompanhando assim seu crescimento (BARBIERI e outros, 2011), e são bastante precisas para avaliar o crescimento e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento da planta (BENINCASA, 2003). Podem ainda fornecer informações em relação à eficiência do crescimento e à habilidade de adaptação às condições ambientais em que essas plantas são cultivadas (PEIXOTO; PEIXOTO, 2009).

De acordo com Mantovani e outros (2010), são escassos os trabalhos que fornecem informações a respeito de aspectos envolvidos na propagação vegetativa do urucum; portanto, essas informações são importantes no processo de propagação clonal e melhoramento genético da espécie.

Com base na importância da espécie *B. orellana* L., o presente estudo objetivou avaliar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de plantas de urucueiros em função da propagação, buscando o melhor método de propagação em relação ao crescimento e precocidade de produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março de 2017 a julho de 2019, na Fazenda Sempre Viva, no município de Porto Seguro-BA, região de Mata Atlântica, com altitude de 141 m e coordenadas geográficas 16° 23' de latitude Sul e 39° 20' de longitude Oeste de Greenwich. A região é caracterizada

como tropical úmida, sem estação de seca definida, área de clima AF pela classificação de Köppen. A umidade relativa média do ar é de 84,8%, com temperatura média anual de 23,3°C e índice pluviométrico em torno de 1.260 mm.

As plantas utilizadas no estudo foram previamente selecionadas por Dias (2016) em um plantio comercial da cultivar Embrapa 37, da qual foram selecionados 2 genótipos com atributos de produção superiores aos demais e produção de bixina superior a 220 g planta⁻¹ (122,22 kg ha⁻¹), denominados genótipos A e B, os quais foram multiplicados via assexuada (estaquia) e sexuada (sementes).

As estacas coletadas das matrizes foram planadas no mesmo dia em tubetes de 280 cm³ (190 mm x 63 mm de diâmetro) com substrato comercial e levadas para casa de vegetação por, aproximadamente, 30 dias; após esse período, foram colocadas em viveiro a pleno sol até estarem prontas para o plantio. As sementes foram semeadas em sacos de polietileno de 1.570 cm³ com substrato formado por terra de subsolo e 5 kg da fórmula 4-14-8 (N-P-K) para cada m³ de solo e levadas para viveiro, com cobertura de tela de polietileno com malha que permite passar apenas 50% da luminosidade, até serem levadas para o plantio. Com aproximadamente 6 meses de idade, as mudas foram plantadas em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m no espaçamento de 6 x 3 m. O solo possui classe textural franco-argilo-arenosa (Tabela 2.1).

A análise de solo revelou pH de 5,5 e 5,3 e percentagem de saturação por bases (V) de 42% e 47% à profundidade de 0,20 e 0,40 m, respectivamente

(Tabela 2.2). Os tratos culturais adotados ao longo do experimento foram de acordo com a necessidade da cultura.

Tabela 2.1 - Análise física do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.

Profundidade (cm)	Frações da amostra total (%)			Comp. Granulométrica (tfsa g/kg)				Classe textural
	Calhau 200-20 Mm	Cascalho 20-2 Mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm	
01-20	0	0	100	570	120	20	290	Franco-argilo-arenosa
02-40	0	0	100	580	110	20	290	Franco-argilo-arenosa

Tabela 2.2 - Análise química do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.

Profundidade (cm)	pH	P mg/dm ³	Cmol/dm ³ de solo										V m	m %
			K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺	S.B.	t	T			
01-20	5,5	1	0,15	2,1	1,2	0,1	4,6	-	3,5	3,6	8,2	42	3	
20-40	5,8	1	0,15	2,7	1,2	0,1	3,0	-	4,0	4,1	7,1	57	2	

Para P e K, foi utilizado Extrator Mehlich; para Ca, Mg e Al, foi utilizado KCl 1N; e, para H + Al, foi utilizado CaCl₂ 0,01M e SMP.

As avaliações botânicas foram feitas aos 59, 154, 284, 383, 497, 656 e 840 dias após plantio (DAP), quando foram verificadas a presença de flores e/ou

frutos, diâmetro do colo a 20 cm do solo, com o auxílio de paquímetro digital, altura das plantas, com o uso de régua graduada, e diâmetro da copa nos eixos Norte-Sul e Leste-Oeste, para cálculo da área da copa.

Os tratamentos foram formados por 2 genótipos A e B e 2 formas de propagação, sexuada e assexuada. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x2, com 5 repetições, e cada parcela foi formada por 7 plantas úteis.

Para a análise estatística, utilizou-se o Software AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2010) e Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias. Em seguida, foi realizada a análise de variância (Anova) pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para a variável altura das plantas mostraram significância apenas para o fator propagação em todas as medições, exceto aos 284 DAP (Apêndice 1B). A comparação entre as médias mostrou que as mudas propagadas via sementes apresentaram maior desenvolvimento em relação às mudas propagadas por estacas (Figura 2.1); essa condição pode ser atribuída à precocidade das plantas clonadas, em virtude da maturidade fisiológica das células oriundas de tecidos adultos, o que levou as plantas a iniciarem seu

processo de diferenciação fisiológica, dando início ao estágio reprodutivo ainda na fase juvenil e retardando o desenvolvimento vegetativo.

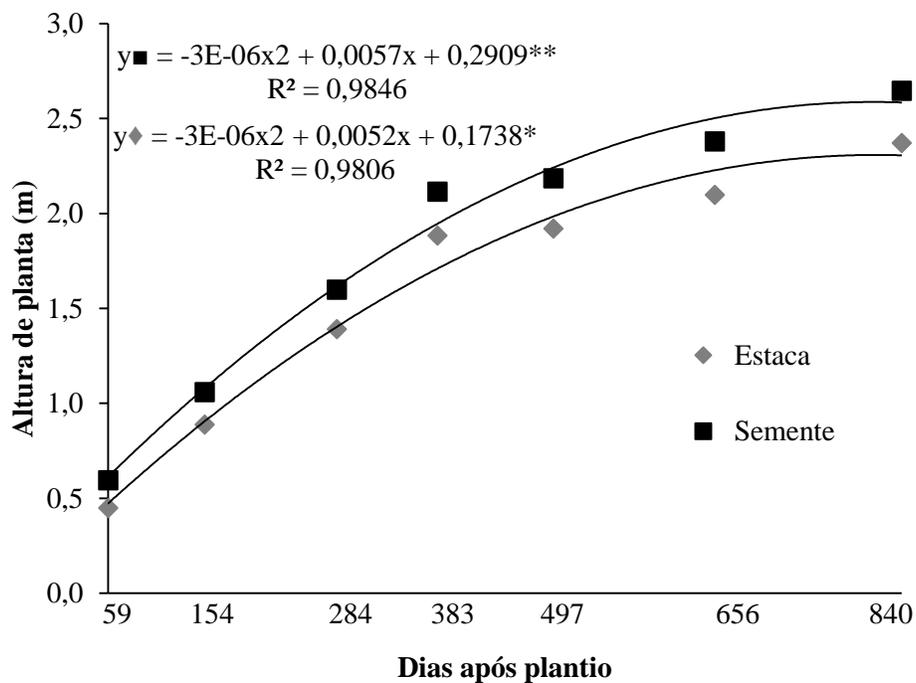


Figura 2.1 - Altura das plantas dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019. ** significância a 1% de probabilidade; * significância a 5% de probabilidade.

É importante destacar que as flores e, conseqüentemente, a produção ocorrem nas extremidades dos ramos; assim sendo, planta sem uma copa bem definida, com poucos ramos, pode apresentar menor produção.

Os dados de altura das plantas foram ajustados à equação polinomial de segundo grau, o que indica que possuem crescimento constante em relação aos períodos analisados, havendo uma redução no ritmo de crescimento nas últimas medições. Foi observado um menor crescimento entre a 4ª e a 5ª medições, provavelmente, devido ao fato de as plantas estarem no período de produção e, assim, direcionarem as reservas e fotoassimilados para a produção de frutos e grãos.

O crescimento de uma planta é representado por uma fase inicial de crescimento lento, passando posteriormente a uma fase exponencial e, em seguida, a uma de crescimento linear e um novo período de crescimento lento, com a paralisação eventual do processo (PEIXOTO; PEIXOTO, 2009).

Plantas da cultivar Embrapa 37 possuem porte médio, com altura em torno de 1,54 m (POLTRONIERI e outros, 2001; FRANCO e outros, 2008), valor inferior ao encontrado neste estudo, em que foram observados 2,4 e 2,6 m de altura para as plantas propagadas por estacas e sementes respectivamente, o que as diferencia entre si estatisticamente. Esse resultado, provavelmente, foi em função das condições ambientais e de manejo da cultura.

Santana (2006), trabalhando com urucueiros na mesma região deste trabalho, verificou a existência de correlação linear significativa entre a variável altura da planta e produtividade de grãos em kg ha^{-1} . Entretanto, plantas mais altas podem dificultar a operação de colheita manual.

A análise de variância para diâmetro do colo mostrou significância apenas para o fator propagação, entretanto essa diferença foi apenas nos três primeiros

períodos de medição 59, 154 e 284 DAP (Apêndice 2B). As plantas propagadas por sementes apresentaram maior diâmetro do colo, na fase inicial de desenvolvimento, em relação às plantas propagadas por estacas (Figura 2.2), o que sugere que, enquanto as plantas seminais durante o desenvolvimento inicial utilizavam fotoassimilados das folhas para crescimento de tecidos não fotossintetizantes, as plantas propagadas por estacas empregavam esses fotoassimilados para a produção de outros tecidos, como estruturas de reprodução ou mesmo folhas.

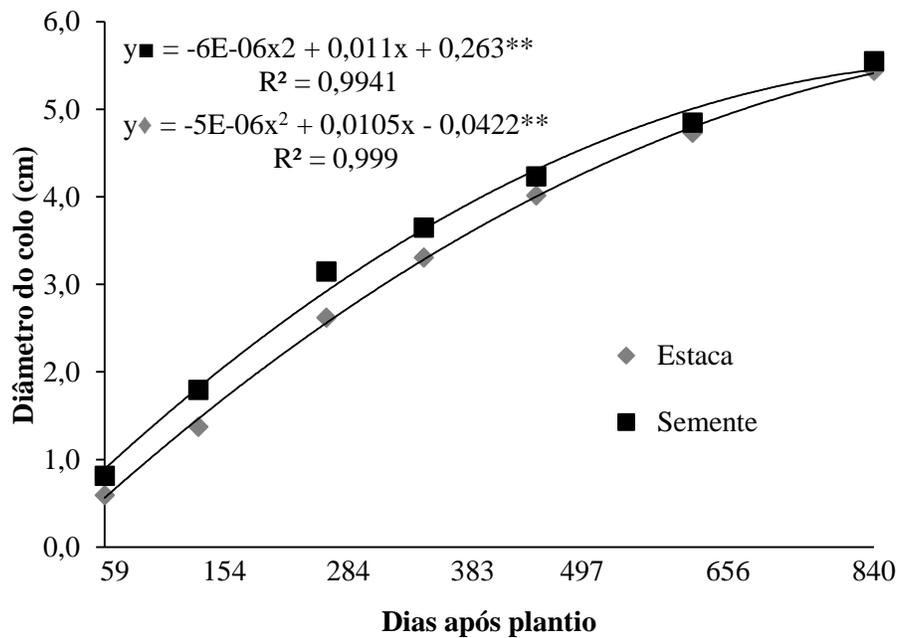


Figura 2.2 – Diâmetro do colo de genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019. ** significância a 1% de probabilidade; * significância a 5% de probabilidade.

De acordo com Peixoto e Peixoto (2009), os compostos elaborados a partir da fotossíntese são, em parte, utilizados na manutenção do metabolismo vegetal e de todos os processos fisiológicos, armazenados secundariamente, ou serão utilizados para promover aumento do material estrutural e, dessa forma, resultar em crescimento. Diante disso, os resultados mostraram que as plantas

propagadas por semente apresentaram na fase inicial de crescimento melhor eficiência fotossintética ou maior produção de fotoassimilados.

A análise de variância para a área da copa mostrou significância para o fator genótipo apenas aos 383 DAP; o fator propagação apresentou significância em todos os períodos, com exceção aos 284 DAP, quando ocorreu interação significativa entre os fatores (Apêndice 3B), indicação de que, nessa fase do desenvolvimento, o genótipo “A” apresentou maior área da copa quando propagado via sexuada (Apêndice 4B).

A variável área da copa apresentou desenvolvimento linear e crescente (Figura 2.3), sendo que as plantas propagadas por sementes apresentaram maior crescimento da copa em relação às plantas propagadas assexuadamente.

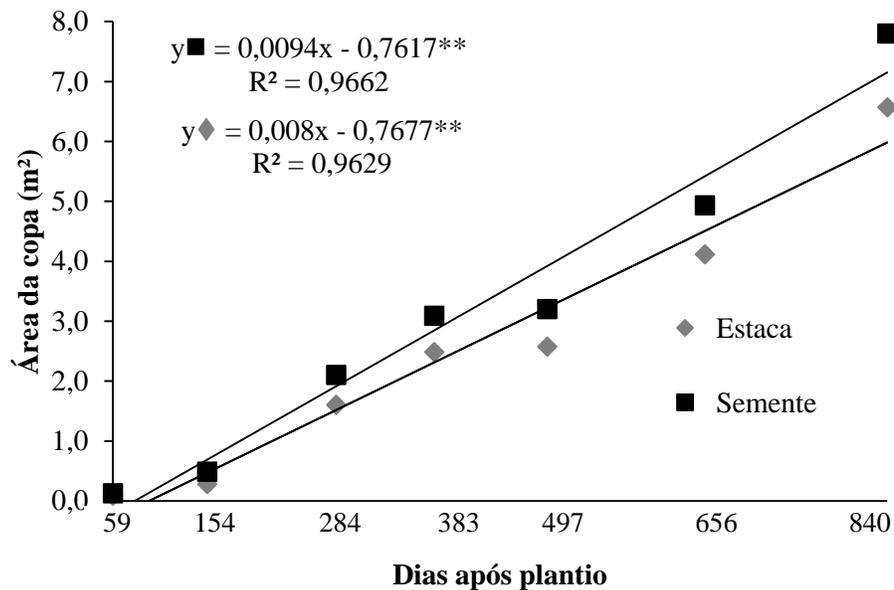


Figura 2.3 – Área da copa dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019. ** significância a 1% de probabilidade; * significância a 5% de probabilidade.

A cultivar Embrapa 37 apresenta copa compacta e hemisférica, com tendência ao crescimento lateral e ramos próximos ao solo (POLTRONIERI e outros, 2001; FRANCO e outros, 2008), características também observadas neste trabalho.

De acordo com Santana (2006), quanto maior o volume da copa de urucueiros, maior será a produção, como influência da maior capacidade de incidência de luz solar. Ainda conforme o autor, há uma relação direta entre o

maior volume de copa e um maior número de monocásios por planta, em consequência de um maior número de inflorescências.

A análise da presença de flores e/ou frutos mostra a precocidade das plantas propagadas via assexuada, apresentando 25,72% das plantas com flores na primeira medição (Figura 2.4), enquanto as plantas propagadas por sementes não apresentaram flores nesse período. Na segunda medição aos 154 DAP, não foi registrada a presença de flores e/ou frutos em todos os tratamentos estudados, devido ao fato de a medição ter ocorrido antes do período de floração na região de cultivo, onde a colheita ocorre nos meses de fevereiro e março e a abertura das flores, por volta de 120 dias antes.

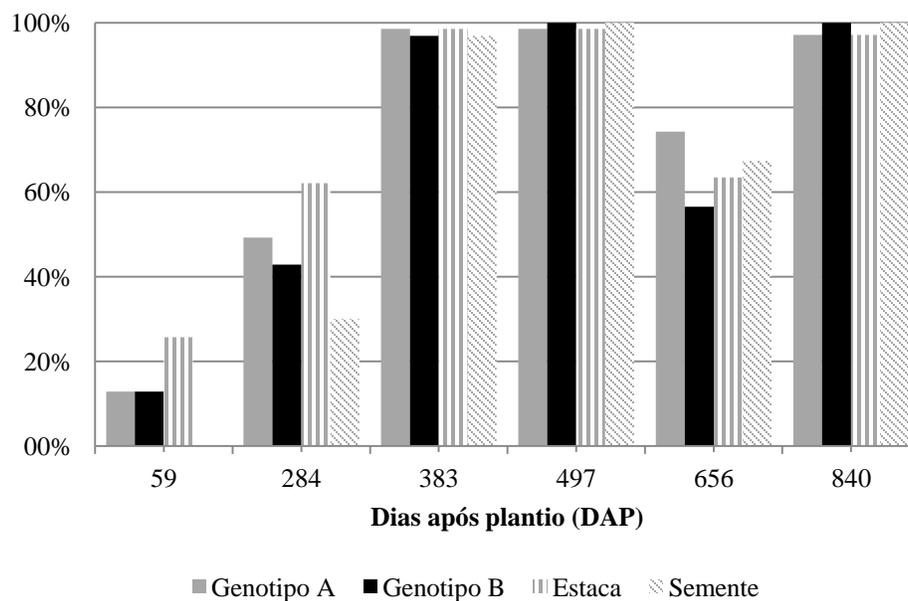


Figura 2.4 - Percentual de plantas com flores/frutos dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019.

Na 3ª medição (284 DAP), foi verificado que apenas 30% das plantas propagadas via sexuada apresentaram floração e/ou fruto, enquanto que as plantas propagadas via assexuada apresentaram acima de 62%; isso indica que as plantas propagadas via estacas utilizaram suas reservas para a formação de estruturas reprodutivas entrando na fase de reprodução, o que retarda seu desenvolvimento vegetativo, conforme foi observado nas variáveis altura da planta, diâmetro do colo e área da copa. Entre os genótipos estudados, a maior diferença entre eles ocorreu na 6ª medição (656 DAP), quando o genótipo “A” apresentou 74% das

plantas com flores e/ou frutos e o genótipo “B”, apenas 57%. Essa diferença pode ter ocorrido em função da combinação dos fatores ambiental e genético.

De acordo com Campos e outros (2012), plantas propagadas vegetativamente já atravessaram o estágio de juvenilidade e apresentam rápida formação de brotos, folhas e flores logo após o transplante, uma das vantagens da propagação vegetativa.

São José e outros (1992) verificaram a precocidade de mudas de urucueiros propagadas assexuadamente, quando, em seus estudos, as mudas propagadas por estaquia apresentaram, ainda na fase de desenvolvimento nas sacolas plásticas, diferenciação floral, indicação de uma produção precoce em comparação com a propagação sexuada. Ainda segundo os autores, a propagação vegetativa é uma forma de contornar a juvenilidade de diversas plantas cultivadas.

A propagação de urucueiros por estacas permite a seleção de cultivares de alto rendimento e rápido crescimento, que florescem precocemente e em quantidade (KALA; KUMARAN, 2015; KALA e outros, 2015), com produção de sua primeira safra comercial dentro de 2 anos e em condições especiais de cultivo, com a possibilidade de frutificar dentro de 1 ano após o plantio (KALA e outros, 2015), condição também observada neste estudo. As diferenças observadas no desenvolvimento das plantas devem seguir essa tendência até o seu completo desenvolvimento e tendem a se estabilizar a partir do quarto ano, quando as plantas são consideradas adultas e precisam ser podadas para o surgimento de novos galhos.

4. CONCLUSÕES

Mudas propagadas via assexuada apresentam precocidade, antecipando o estágio de reprodução em relação às mudas propagadas via sementes.

Mudas propagadas por sementes apresentam maior desenvolvimento vegetativo.

Não foi verificada diferença no crescimento e início do estágio reprodutivo entre os genótipos trabalhados.

REFERÊNCIAS

ANSELMO, G. C. dos S.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; RODRIGUES, E. Comportamento higroscópico do extrato seco de urucum (*Bixa orellana* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1888-1892, 2008.

BARBIERI, D. J. *et al.* Análise de crescimento de *Bixa orellana* L. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 129-138, 2011.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Agrostat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Versão 1.0**. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

CAMPOS, R. A. da S. *et al.* Crescimento e desempenho de Bertalha (*Basella alba* L.) em função do tipo de propagação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 4, p. 11-18, out-dez., 2012.

CARVALHO, J. F. R. P.; CARVALHO, C. R.; OTONI, W. C. Regeneração *in vitro* de urucum (*Bixa orellana* L.) a partir de diferentes tipos de explantes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 887-895, 2005.

CORLETT, F. M. F.; BARROS, A. C. S. A.; VILLELA, F. A. Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 148-158, 2007.

DIAS, N. O. **Seleção de genótipos da cultivar Embrapa 37 para produtividade e qualidade de urucueiros**. 2016. 90 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

FRANCO, C. F. O. *et al.* **Urucum Sistemas de Produção para o Brasil**. João Pessoa: Emepa, Apta, 2008. 112p.

KALA, S.; KUMARAN, K. Improved clonal propagation technique for mass multiplication of *Bixa orellana*, L. **Indian Forester**, v. 141, n. 3, p. 279-284, March 2015.

KALA, S. *et al.* Edible Dye for the Future: Annatto (*Bixa orellana* L.). **Popular Kheti**, v. 3, n. 3, p. 214-218, 2015.

LIMA, R. V.; LOPES, J. C.; COELHO, R. I. Germinação de sementes de urucum em diferentes temperaturas e substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1219-1224, 2007.

MANTOVANI, N. C. *et al.* Avaliação de genótipos de urucum (*Bixa Orellana* L.) por meio da caracterização morfológica de frutos, produtividade de sementes e teor de bixina. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 355-362, 2013.

MANTOVANI, N. C. *et al.* Resgate vegetativo por alporquia de genótipos adultos de urucum (*Bixa orellana* L.) **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 403-410, 2010.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. Dinâmica do crescimento vegetal. In: CARVALHO, C. A. L. *et al.* Tópicos em Ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. p. 39-53.

POLTRONIERI, M. C.; MARTINS, C. S.; RODRIGUES, J. E.; COSTA, M. R.; NAZARÉ, R. F. R. **Novas cultivares de urucum**: Embrapa 36 e Embrapa 37. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 21p. (Circular Técnica 22).

REVILLA, J. **Plantas da Amazônia**: oportunidades econômicas e sustentáveis. 2. ed. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2001. p. 201-205.

SANTANA, K. C. da. **Seleção de Genótipos de urucueiros (Bixa orellana L.)**

da Variedade Bico de Pato no Estado da Bahia. 2006. 63 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Seleção de urucueiros (*Bixa orellana*) superiores do tipo cultivado bico de pato na região de Vitória da Conquista, BA. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, v. 1, n. 1, p. 106-113, 1992.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the *software* Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, 2009, Reno. **Anais ...** American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. 1CD-ROM.

**CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DE
PRODUÇÃO E TEOR DE BIXINA EM
GENÓTIPOS DE URUCUEIROS EM FUNÇÃO
DA PROPAGAÇÃO**

CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO E TEOR DE BIXINA EM GENÓTIPOS DE URUCUEIROS EM FUNÇÃO DA PROPAGAÇÃO.

Resumo – O urucueiro (*Bixa orellana* L.) é uma planta perene, característica de região amazônica, pertencente à família Bixaceae. O seu interesse econômico é devido ao pigmento avermelhado específico da semente, a bixina. Seu mercado corresponde a, aproximadamente, 90% do total do consumo de corantes naturais no país. Diante de sua importância econômica e social, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características de produção e teor de bixina em genótipos de urucueiros, buscando melhor método de propagação e genótipo mais produtivo. O experimento foi conduzido em uma fazenda no município de Porto Seguro-BA; os tratamentos foram formados por dois genótipos A e B, os quais foram multiplicados via assexuada (estaquia) e sexuada (sementes); o delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x2, com 5 repetições e 7 plantas úteis por parcela. As colheitas foram realizadas aos 350, 498 e 669 dias após plantio, quando foi feita análise qualitativa da deiscência das cápsulas e contado o número de monocásios por planta; os monocásios foram colhidos e levados para o laboratório da biofábrica na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, para determinação do número de cápsulas por monocásio; comprimento (cm) e largura (cm) das cápsulas; número de sementes por cápsulas; massa de cem grãos; teor de bixina; produtividade de grãos e produtividade total de bixina. Os dados obtidos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os genótipos apresentam deiscência das cápsulas; as plantas propagadas por estacas anteciparam o estágio de reprodução; as características de produção apresentam diferenças entre os genótipos e, na segunda colheita, os genótipos apresentaram teor de bixina superior a 4,5%.

Palavras-chave: *Bixa orellana* L, urucum; melhoramento genético.

CHARACTERISTICS OF PRODUCTION AND BIXIN CONTENT IN ANNATTO GENOTYPES ACCORDING TO PROPAGATION METHODS.

Abstract - The annatto (*Bixa orellana* L.) is a perennial plant, characteristic of the Amazon region, belonging to the family Bixaceae. Its economic interest is due to the seed-specific reddish pigment, bixin. Its market corresponds to approximately 90% of the total consumption of natural dyes in the country. Given its economic and social importance, the objective of this work was to evaluate the characteristics of production and bixin content in annatto genotypes, looking for a better propagation method and more productive genotype. The experiment was conducted in a farm in the municipality of Porto Seguro-BA; the treatments were formed by two genotypes A and B, which were multiplied via asexual (cuttings) and sexed (seeds). The design was randomized blocks in factorial scheme 2x2, with 5 repetitions and 7 useful plants per plot. The harvests were carried out at 350, 498 and 669 days after planting, when qualitative analysis of capsule dehiscence was performed and the number of monochases per plant was counted; the monocases were collected and taken to the biofactory laboratory at the State University of Southwest Bahia, to determine the number of capsules per monocase; length (cm) and width (cm) of the capsules; number of seeds per capsule; one hundred grain mass; bixin content; grain yield and total bixin yield. The data obtained were compared by Tukey test at 5% probability. The genotypes show dehiscence of the capsules; the plants propagated by cuttings anticipated the reproduction stage; the production characteristics present differences between the genotypes and, in the second harvest, the genotypes presented a content of bixin higher than 4.5%.

Keywords: *Bixa orellana* L, annatto; breeding.

1 INTRODUÇÃO

O urucueiro (*Bixa orellana* L.) é uma planta de cultura pré-colombiana, nativa da América Tropical. Pertence à família botânica Bixaceae. É cultivado em regiões tropicais, conhecido e utilizado desde os tempos remotos pelos indígenas, que utilizavam as sementes para pintar a pele como forma de ornamentação e também como proteção contra os raios solares e insetos (FALESI, 1987).

Arbusto de ciclo perene, o urucum possui sementes revestidas por um carotenoide avermelhado denominado bixina, pigmento de grande interesse nos mercados nacional e internacional, principalmente na área alimentícia, devido às exigências do mercado consumidor de substituir os corantes artificiais pelos naturais (CORLETT; BARROS; VILLELA, 2007). De acordo com Fabri e Teramoto (2015), o seu baixo custo de produção e sua baixa toxicidade tornam esse pigmento muito atrativo para a substituição de muitos corantes sintéticos.

Sua importância vai além, exercendo papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico da Região Nordeste do Brasil, pois 78,2% do seu cultivo provém da agricultura familiar, sob condições de sequeiro, com custos reduzidos de implantação, quando comparados com os de outras culturas (ANSELMO; CAVALCANTI-MATA; RODRIGUES, 2008).

O cultivo do urucum destina-se exclusivamente à comercialização do corante presente nas sementes. No momento da comercialização, a indústria tem exigido teor de bixina de, no mínimo, 4,0%. Porém, muitos produtores não conseguem atingir esse percentual; assim, limitam a expansão das exportações e

comprometem a competitividade brasileira no mercado internacional (SANTANA, 2006).

Em função da grande variabilidade genética e por ser uma espécie perene, a propagação vegetativa constitui um método viável para a multiplicação de indivíduos geneticamente superiores, com alta produtividade e qualidade (CARVALHO; CARVALHO; OTONI, 2005); permite a seleção de cultivares de alto rendimento e rápido crescimento, que florescem cedo e abundantemente, entrando em produção com 2 anos de idade (KALA e outros, 2015). Entretanto, os plantios de urucum são estabelecidos, na grande maioria, a partir de plantas propagadas por sementes (SÃO JOSÉ e outros, 1999; KALA e outros, 2015).

Plantios clonais de alta produtividade representam uma alternativa viável aos de origem seminal, estabelecidos a partir da propagação vegetativa de genótipos superiores. Estes devem apresentar bons resultados em produtividade e conteúdo de pigmentos, o que torna a avaliação dessas características fundamentais (MANTOVANI e outros, 2013).

A sustentabilidade do agronegócio do urucueiro está vinculada a pesquisas centradas na busca por alta produtividade de monocásio por planta, sementes por cápsulas e altos teores de bixina nas sementes (MANTOVANI e outros, 2013).

Com base na importância da espécie *Bixa orellana* L. e na exigência de qualidade dos grãos pela indústria, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as características de produção e o teor de bixina em genótipos de urucueiros, buscando melhor método de propagação e genótipo mais produtivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março de 2017 a fevereiro de 2019, na Fazenda Sempre Viva, no município de Porto Seguro-BA, região de Mata Atlântica, com altitude de 141 m e coordenadas geográficas 16° 23' de latitude Sul e 39° 20' de longitude Oeste de Greenwich. A região é caracterizada como tropical úmida, sem estação de seca definida, área de clima AF pela classificação de Köppen. A umidade relativa média do ar é de 84,8%; a temperatura média anual, de 23,3°C, e o índice pluviométrico, em torno de 1.260 mm.

As plantas utilizadas no estudo foram previamente selecionadas por Dias (2016) em um plantio comercial da cultivar Embrapa 37, da qual foram selecionados 2 genótipos com atributos de produção superiores aos demais e produção de bixina superior a 220 g planta⁻¹ (122,2 kg ha⁻¹), denominados genótipos A e B, os quais foram multiplicados via assexuada (estaquia) e sexuada (sementes).

As estacas coletadas das matrizes foram planadas no mesmo dia em tubetes de 280 cm³ (190 mm x 63 mm de diâmetro) com substrato comercial e levadas para casa de vegetação por, aproximadamente, 30 dias; após esse período, foram colocadas em viveiro a pleno sol até estarem prontas para o plantio. As sementes foram semeadas em sacos de polietileno de 1.570 cm³ com substrato formado por terra de subsolo e 5 kg da fórmula 4-14-8 (N-P-K) para cada m³ de solo e levadas para viveiro, com cobertura de tela de polietileno com malha que permite passar apenas 50% da luminosidade, até serem levadas para o plantio.

Com aproximadamente 6 meses de idade, as mudas foram plantadas em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m no espaçamento de 6 x 3 m; o solo possui classe textural franco-argilo-arenosa (Tabela 3.1).

A análise de solo revelou o pH de 5,5 e 5,8 e percentagem de saturação por bases (V) de 42% e 47% à profundidade de 0,20 e 0,40 m, respectivamente (Tabela 3.2). Os tratos culturais foram de acordo com a necessidade da cultura.

Tabela 3.1 - Análise física do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.

Profundidade (cm)	Frações da amostra total (%)			Comp. Granulométrica (tfsa g/kg)				Classe textural
	Calhau 200-20 Mm	Cascalho 20-2 Mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm	
01-20	0	0	100	570	120	20	290	Franco-argilo-arenosa
02-40	0	0	100	580	110	20	290	Franco-argilo-arenosa

Tabela 3.2 - Análise química do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.

Profundidade (cm)	pH	P mg/dm ³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺	S.B.	t	T	V	m
			Cmol/dm ³ de solo									%	

01-20	5,5	1	0,15	2,1	1,2	0,1	4,6	-	3,5	3,6	8,2	42	3
20-40	5,8	1	0,15	2,7	1,2	0,1	3,0	-	4,0	4,1	7,1	57	2

Para P e K, foi utilizado Extrator Mehlich; para Ca, Mg e Al, foi utilizado (KCl 1N); e, para H + Al, foi utilizado (CaCl₂ 0,01M e SMP).

Durante o período de condução do experimento, foram feitas três colheitas aos 350, 498 e 669 DAP; no momento das colheitas, foi feita análise qualitativa da deiscência das cápsulas, e foi contado o número de monocásios por planta; estes foram colhidos e levados para laboratório da Biofábrica na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, para determinação da umidade nas sementes (%); contagem do número de cápsulas por monocásio; verificação do comprimento (cm) e largura (cm) das cápsulas para obtenção do formato daquelas (relação entre o comprimento e a largura; oval = largura igual ou superior a 70% do comprimento; lanceolada = largura inferior a 70% do comprimento), de acordo com a metodologia descrita por Mantovani e outros (2013); número de sementes por cápsulas; massa de cem grãos; teor de bixina pelo método do hidróxido de potássio (KOH) descrito por Yabiku e Takahashi (1991); produtividade de grãos (com 13% de umidade) e produtividade total de bixina expressa em kg ha⁻¹, conforme metodologia descrita por São José e outros (1992).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x2, com 5 repetições; cada parcela foi formada por 7 plantas úteis. Os tratamentos foram formados por 2 genótipos A e B e 2 formas de propagação, sexuada e assexuada.

Para a análise estatística, utilizou-se o Software AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2010) e Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2009).

Os dados da 1ª colheita, por não apresentarem dados do tratamento “Semente B”, não foram analisados em esquema fatorial, sendo considerados 3 tratamentos distintos. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de homogeneidade e normalidade; os valores das variáveis produtividade na 1ª colheita e monocásio p/planta, produtividade de grãos e produtividade de bixina na 3ª colheita foram transformados em \sqrt{x} , por não apresentarem normalidade dos dados. Realizou-se a análise de variância (Anova) pelo teste F, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No momento das colheitas (350, 498 e 669 DAP), foram observados para todos os tratamentos que as cápsulas, completamente secas, apresentaram deiscência. O fruto da cultivar Embrapa 37, quando maduro, geralmente, abre-se e apresenta queda de sementes, quando seco (POLTRONIERI e outros, 2001; FRANCO e outros, 2008; DIAS e outros, 2017). A deiscência das cápsulas pode favorecer a perda de sementes e degradação da bixina, devido à exposição à luz e à umidade (DIAS, 2016).

Na primeira colheita, aos 350 DAP, o tratamento Semente “B” não produziu frutos, o que demonstra que este tratamento possui produção tardia em relação aos demais tratamentos. Ainda na primeira colheita, conforme classificação proposta por Mantovani e outros (2013), o tratamento Estaca “A”

apresentou cápsulas no formato oval (73%), relação entre o comprimento e a largura igual ou superior a 70%, enquanto os tratamentos Semente “A” e Estaca “B” apresentaram formato lanceolado (Apêndice 1C). Essa variação em relação à morfologia dos frutos também foi observada por Dias e outros (2017) em genótipos da cultivar Embrapa 37. Nas demais colheitas (498 e 669 DAP), todos os tratamentos apresentaram cápsulas no formato oval, superior a 70% (Apêndice 2C). Poltronieri e outros (2001) e Franco e outros (2008) descrevem as cápsulas da cultivar Embrapa 37 como sendo do tipo cônica e achatada. Dias (2016) encontrou para os parentais “A” e “B” formato lanceolado e oval, respectivamente. Características morfológicas dos frutos é uma ferramenta útil para determinar a variabilidade genética de cultivares de urucum (NISHA; SIRIL, 2014).

A análise dos dados de variância para os demais tratamentos aos 350 DAP mostrou diferença estatística apenas para a variável teor de bixina (Apêndice 3C). Entre os tratamentos estudados, “Estaca B” apresentou o maior teor de bixina, sendo diferente estatisticamente do tratamento “Semente A” (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Características de produção, monocásio por planta, cápsulas/monocásio, nº de sementes p/cápsula, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 350 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2018.

Características	Estaca "A"	Semente "A"	Estaca "B"
-----------------	------------	-------------	------------

Monocásio p/planta	7,60	a	6,27	a	9,16	a
Cápsulas/Monocásio	8,67	a	6,61	a	8,51	a
Nº de Sementes p/Cápsula	34,56	a	40,00	a	36,81	a
Massa de 100 grãos (g)	2,10	a	1,89	a	1,96	a
Teor de Bixina (%)	3,93	ab	3,61	b	4,32	a
Produtividade de grãos ¹ (kg ha ⁻¹)	(4,19) 19,28	a	(3,27) 14,06	a	(4,76) 30,79	a
Produtividade de Bixina (kg ha ⁻¹)	0,78	a	0,50	a	1,30	a

As médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. ¹Para análise, os dados foram transformados em (\sqrt{x}).

Os valores de bixina variaram de 3,61% (Semente “A”) a 4,32% (Estaca “B”). As médias dos genótipos propagados por estacas não diferiram significativamente entre si. Dias e outros (2017), trabalhando com a mesma cultivar e na mesma região deste estudo, encontraram valores entre 2,99 e 5,02% de bixina.

As oscilações dos níveis de bixina para a mesma cultivar podem ser atribuídas ao manejo cultural, às condições ambientais, como umidade, luminosidade e temperatura, e, ainda, à variabilidade genética (DIAS e outros, 2017), principalmente, em plantios com mudas propagadas por semente.

Os resultados da segunda colheita (498 DAP) apresentaram diferença estatística apenas para o fator genótipo, observado nas variáveis monocásios por planta e produtividade de grãos (Apêndice 4C); não foi observada interação significativa entre os fatores.

O genótipo “A” apresentou maior produção de monocásio por planta em relação ao genótipo “B” (Tabela 3.4). Essa é uma característica importante no

melhoramento do urucum, visto que o maior número de monocásio influenciará diretamente na maior produção por hectare.

Tabela 3.4 – Características de produção, monocásio por planta, umidade, nº de sementes p/cápsulas, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 498 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2018.

Características	Genótipos		Propagação	
	A	B	Estaca	Semente
Monocásio p/planta	46,37 a	36,80 b	40,48 a	42,68 a
Nº de Sementes p/cápsula	40,59 a	37,15 a	40,37 a	37,37 a
Massa de 100 grãos (g)	2,76 a	2,74 a	2,72 a	2,78 a
Teor de Bixina (%)	4,73 a	4,65 a	4,74 a	4,64 a
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	240,11 a	149,55 b	204,75 a	184,91 a
Produtividade de Bixina (kg ha ⁻¹)	11,29 a	7,02 a	9,74 a	8,56 a

As médias seguidas pela mesma letra para o fator na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

A produtividade de grãos do genótipo “A” superou a do genótipo “B” em 90,56 kg ha⁻¹. Entre os níveis do fator propagação, não foi observada diferença estatística, entretanto o tratamento propagado via assexuada apresentou produtividade de grãos superior a 10% em relação ao tratamento via sexuada.

Plantios comerciais de urucum aumentam o número de plantas em produção a cada ano, assim como a produção por planta (FABRI e outros, 2015). O rendimento máximo é obtido entre 4 e 10 anos de idade, ocorre em seguida um

declínio gradual no rendimento (MATH e outros, 2016). A variação na produção é influenciada pelo espaçamento, condições de cultivo, práticas de manejo e variedade (KALA e outros, 2015).

Plantas de urucum produzem entre 300 e 600 kg ha⁻¹ e podem alcançar de 750 a 900 kg ha⁻¹. Uma planta de 3 anos de idade, em média, pode produzir cerca de 0,5 a 1,0 kg de sementes por ano (MATH e outros, 2016). Em um plantio de 4 anos de idade da cultivar Embrapa 37, Dias (2016) encontrou plantas com produtividade entre 561,10 e 2.649,40 kg ha⁻¹, com média de 1.173 kg ha⁻¹. No presente trabalho, plantas com 1 ano e 4 meses produziram em média 194,83 kg ha⁻¹. De acordo com Franco e outros (2008) e Poltronieri e outros (2001), plantas da cultivar Embrapa 37 produzem em média 2,5 kg de sementes seca/ano, o equivalente a 2777,5 kg ha⁻¹.

O teor de bixina não apresentou diferença estatística entre os tratamentos; foram verificados valores entre 4,64 e 4,74%, maiores que o observado na primeira colheita, provavelmente, em função das características ambientais no período e do desenvolvimento fisiológico das plantas.

Resultados próximos foram encontrados por Moreira e outros (2014), trabalhando com a cultivar Embrapa 37 na mesma região do presente estudo; para esses autores, essa cultivar destacou-se em relação aos outros tratamentos, com níveis de bixina mais altos (4,83±0,61%), os quais foram significativamente diferentes de todos os outros tratamentos. Ainda de segundo os autores, essa cultivar é melhorada geneticamente e foi desenvolvida pela EMBRAPA em 2001 e, atualmente, possui o maior nível de bixina.

Os resultados da análise de variância para a terceira colheita (669 DAP) não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos, apenas para a interação dos fatores das variáveis cápsulas/monocásio, massa de 100 grãos e teor de bixina (Apêndice 5C). Foi observada redução média de 48,2% na produtividade de grãos por hectare em relação à 2ª colheita, provavelmente, em função de a 3ª colheita ter ocorrido no mês de janeiro e a floração entre os meses de setembro e outubro do ano anterior. O urucueiro floresce praticamente durante todo o ano, sendo que a colheita mais significativa ocorre nos meses de junho/julho e uma segunda colheita, safrinha, entre os meses de novembro/dezembro (FRANCO e outros, 2008).

Entre os resultados observados, o tratamento propagação por estacas apresentou 83,02 e 6,86 kg ha⁻¹ a mais em relação ao tratamento de sementes, para as variáveis produtividade de grãos e produtividade de bixina por hectare, respectivamente, não sendo diferentes estatisticamente (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 – Características de produção, monocásio por planta, cápsulas por monocásio, número de sementes por cápsula, formato das cápsulas, índice de grãos, umidade, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 669 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.

Características	Genótipos		Propagação	
	A	B	Estaca	Semente
Monocásio p/planta ¹	(4,66) 24,04 a	(3,82) 16,87 a	(4,75) 25,51 a	(3,74) 15,40 A
Cápsulas /monocásio	7,36 a	7,64 a	7,99 a	7,01 A
Nº de Sementes p/cápsula	46,33 a	45,14 a	44,93 a	46,53 A
Índice de grãos	44,98 a	44,02 a	43,32 a	45,68 A
Massa de 100 grãos (g)	2,47 a	2,43 a	2,47 a	2,43 A
Teor de Bixina (%)	4,03 a	4,06 a	4,14 a	3,95 A
Produtividade de grãos ¹ (kg ha ⁻¹)	(9,82) 115,07 a	(8,05) 86,54 a	(10,70) 142,32 a	(7,17) 59,30 A
Produtividade de Bixina ¹ (kg ha ⁻¹)	(2,68) 8,71 a	(2,20) 6,53 a	(2,97) 11,05 a	(1,91) 4,19 A

As médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹Para análise, os dados foram transformados em (\sqrt{x}).

A análise da interação de fatores (Tabela 3.6) mostra que a variável cápsulas/monocásio apresentou melhores resultados para o genótipo “A” quando propagado por estacas e, para o genótipo “B”, quando propagado por sementes. A Massa de 100 grãos apresentou menor resultado para o genótipo “B” quando propagado por semente, não havendo diferença estatística entre os demais, assim como o teor de bixina, que apresentou menor resultado apenas para o genótipo “A” quando propagado por semente. Esses resultados comprovam a variabilidade genética existente na cultura do urucueiro, em especial, nas plantas propagadas por sementes.

Tabela 3.6 – Resultados da comparação de médias para as características de produção, cápsulas/monocásio, massa de 100 grãos e teor de bixina, provenientes da interação entre genótipos e formas de propagação de urucueiros aos 669 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.

Variáveis	Genótipos	Propagação	
		Estaca	Semente
Cápsulas /monocásio	A	9,36 aA	5,37 bB
	B	6,62 bA	8,66 aA
Massa de 100 grãos (g)	A	2,39 aA	2,54 aA
	B	2,55 aA	2,32 bB
Teor de Bixina (%)	A	4,27 aA	3,79 aB
	B	4,02 aA	4,11 aA

Valores seguidos da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados das três colheitas mostraram que as diferenças existentes nos genótipos estudados e nas formas de propagação ocorrem principalmente no início do desenvolvimento das plantas, não sendo significativo com a maturidade fisiológica. Diferenças observadas, para uma mesma característica, entre colheitas podem ser atribuídas às condições climáticas durante o período do estudo.

O teor de bixina, nas plantas propagadas por estacas, apresentaram-se superior ao exigido pelo mercado consumido (4,0%) e próximo aos encontrados nos parentais, o que mostra que a multiplicação vegetativa é uma alternativa para contornar a variabilidade genética dessa cultura. Assim, possibilita-se a formação de plantios clonais com alta produtividade de grão e pigmento, a partir da seleção de parentais com alta produtividade. A propagação vegetativa por estacas permite a seleção de cultivares de alto rendimento e rápido crescimento, que florescem precocemente e de maneira abundante e produzem frutos em 2 anos (KALA e outros, 2015).

4. CONCLUSÕES

Os genótipos apresentam deiscência das cápsulas quando completamente secas.

A forma de propagação das mudas não interfere no teor de bixina das sementes.

As características de produção apresentam diferenças entre os genótipos, sendo que o genótipo “A” apresenta maior número de monocásios por planta e maior produção de grãos na segunda colheita.

Todos os genótipos, na segunda colheita, independente da forma de propagação, apresentaram teor de bixina superior a 4,5%.

REFERÊNCIAS

ANSELMO, G. C. dos S.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; RODRIGUES, E. Comportamento higroscópico do extrato seco de urucum (*Bixa orellana* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1888-1892, 2008.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Agrostat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0**. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.

CARVALHO, J. F. R. P.; CARVALHO, C. R.; OTONI, W. C. Regeneração *in vitro* de urucum (*Bixa orellana* L.) a partir de diferentes tipos de explantes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 887-895, 2005.

CORLETT, F. M. F.; BARROS, A. C. S. A.; VILLELA, F. A. Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 148-158, 2007.

DIAS, N. O. **Seleção de genótipos da cultivar Embrapa 37 para produtividade e qualidade de urucueiros**. 2016. 90 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

DIAS, N. O. *et al.* Morpho-agronomic characterization and estimates of genetic parameters in annatto plant. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, Apr. - Jun., 2017.

FABRI, E. G. *et al.* Production and carbon stock of annatto tree in agroforestry system, Pindorama, SP, Brazil. Conference: XIV World Forestry Congress, At Durba, South Africa, v. 1, 2015.

FABRI, E. G.; TERAMOTO, J. R. S. Urucum: fonte de corantes naturais, **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, 2015.

FALESI, I. C. **Urucuzeiro: recomendações básicas para seu cultivo**. Belém. EMBRAPA- UEPAE de Belém; Belém, PA: 1987. 27 p. (Documentos, 3).

FRANCO, C. F. O. *et al.* **Urucum Sistemas de Produção para o Brasil**. João Pessoa: Emepa, Apta, 2008. 112p.

KALA, S. *et al.* Edible Dye for the Future: Annatto (*Bixa orellana* L.). **Popular Kheti**, v. 3, n. 3, p. 214-218, 2015.

MANTOVANI, N. C. *et al.* Avaliação de genótipos de urucum (*Bixa Orellana* L.) por meio da caracterização morfológica de frutos, produtividade de sementes e teor de bixina. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 355-362, 2013.

MATH, R. G. *et al.* Design and development of annatto (*Bixa orellana*, L.) seed separator machine. **J Food Sci Technol**, v. 53, n. 1, p. 703-711, 2016.

MOREIRA, V. S. *et al.* Atividade antioxidante de urucum (*Bixa orellana* L.) in natura e encapsulado. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 15, p. 201-209, 2014.

NISHA, J.; SIRIL, E. A. Evaluation and selection of elite annatto (*Bixa orellana* L.) and identification of RAPD markers associated with yield traits. **Braz. J. Bot.** v. 37, n. 1, p. 1-8, 2014.

POLTRONIERI, M. C. *et al.* **Novas cultivares de urucum**: Embrapa 36 e Embrapa 37. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 21p. (Circular Técnica 22).

SANTANA, K. C. da. **Seleção de Genótipos de urucueiros (*Bixa orellana* L.) da Variedade Bico de Pato no Estado da Bahia**. 2006. 63 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Características botânicas e de produção a serem avaliadas na pesquisa científica com urucum (*Bixa orellana* L.). **Revista**

Brasileira de Corantes Naturais, v. 1, n. 1, p. 7-10, 1992.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Cultivo del achiote (*Bixa orellana* L.) en Brasil. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, v. 3, p. 113-119, 1999.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the *software* Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, 2009, Reno. **Anais ...** American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. 1CD-ROM.

YABIKU, H. Y.; TAKAHASHI, M. Y. Avaliação dos métodos analíticos para determinação da bixina em grãos de urucum e suas correlações. In: SEMINÁRIO DE CORANTES NATURAIS PARA ALIMENTOS, 2, SINPÓSIO INTERNACIONAL DE URUCUM, 1991. **Anais...** Campinas: ITAL, 1991. p. 275-279.

**CAPÍTULO 4: POLINIZAÇÃO CONTROLADA
EM GENÓTIPOS SUPERIORES DE
URUCUEIROS**

POLINIZAÇÃO CONTROLADA EM GENÓTIPOS SUPERIORES DE URUCUEIROS.

Resumo - O urucueiro (*Bixa orellana* L.) possui em suas sementes um carotenoide avermelhado denominado bixina. Esta é um corante do grupo dos carotenoides, de grande interesse nos mercados nacional e internacional, devido, principalmente, a seu emprego na indústria alimentícia. O melhoramento do urucum busca genótipos que, além do alto percentual de bixina, apresentem alta produtividade de grãos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi obter sementes de genótipos F1, com parâmetros agronômicos de interesse, que possam contribuir para uma futura seleção e melhoramento genético do urucueiro. O experimento foi instalado na Fazenda Sempre Viva, Porto Seguro-BA. Foram utilizadas 2 plantas previamente selecionadas por produtividade e rendimento de bixina, denominadas genótipos “A” e “B”. Para obtenção dos F1, utilizou-se a técnica de cruzamentos manuais controlados. As cápsulas obtidas foram colhidas no estágio maduro e levadas para o laboratório da Biofábrica na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, para determinação do percentual de pegamento dos frutos; umidade nas sementes; comprimento e largura, para obtenção do formato de cápsula; peso da cápsula; número de sementes por cápsulas; massa das sementes; massa de cem sementes e do índice de sementes, que é a relação entre o peso da cápsula e o peso das sementes. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 6 seis tratamentos e 20 repetições; os tratamentos foram: T1 - polinização natural da matriz A; T2 - polinização natural da matriz B; T3 - cruzamento A♀ x B♂; T4 - cruzamento B♀ x A♂; T5 - autopolinização de A e T6 – autopolinização de B. Os dados obtidos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados evidenciam que a autofecundação e os cruzamentos apresentam impactos positivos nas características agronômicas de frutos de urucum.

Palavras-chave: *Bixa orellana* L., cruzamento, hibridação, melhoramento genético.

CONTROLLED POLLINATION IN SUPERIOR ANNATTO GENOTYPES.

Abstract - The annatto (*Bixa orellana* L.) has in its seeds a reddish carotenoid called bixin. This is a dye of the carotenoid group, of great interest in the national and international markets, mainly due to its use in the food industry. The annatto breeding seeks genotypes, which in addition to the high percentage of bixin, present high grain yield. In this context the objective of this work was to obtain seeds of F1 genotypes, with agronomic parameters of interest, which may contribute to future selection and genetic improvement of the annatto. The experiment was installed at Farm Sempre Viva, Porto Seguro-BA. Two plants called "A" and "B" genotypes were used to obtain F1, using the technique of controlled manual crosses. The obtained capsules were harvested at the mature stage and taken to the biofactory laboratory at the State University of Southwest Bahia, to determine the moisture content of the seeds; catchment percentage; length and width to obtain the capsule shape; capsule weight; number of seeds per capsule; seed mass; mass of one hundred seeds and the seed index which is the ratio of capsule weight to seed weight. The experimental design was completely randomized, with 6 six treatments and 20 replications; the treatments were: T1 - natural pollination of matrix A; T2 - natural pollination of matrix B; T3 - crossing A♀ x B ♂; T4 - crossing B♀ x A♂; T5 - self-pollination of A and T6 - self-pollination of B. Data obtained were compared by Tukey test at 5% probability. The results show that self-fertilization and crossbreeding have a positive impact on the agronomic characteristics of annatto fruits.

Keywords: *Bixa orellana* L., crossbreeding, hybridization, genetic improvement.

1 INTRODUÇÃO

Bixa orellana (L), comumente conhecida como urucum, pertence à família Bixaceae, nativa da América Central e do Sul Tropical, e se naturalizou em muitos países da África e da Ásia (SATYANARAYANA; PRABHAKARA; RAO, 2003). É cultivada em regiões tropicais, conhecida e utilizada desde os tempos remotos pelos indígenas, que utilizavam as sementes para pintar a pele como forma de ornamentação e proteção contra os raios solares e insetos (FALESI, 1987).

Arbusto de ciclo perene, possui sementes revestidas por um carotenoide avermelhado denominado bixina. Esta é um corante de grande interesse nos mercados nacional e internacional, principalmente na área alimentícia, pela exigência do mercado consumidor de substituir os corantes artificiais pelos naturais (CORLETT; BARROS; VILLELA, 2007). Considerando as restrições impostas ao uso de corantes sintéticos pela Organização Mundial da Saúde, o interesse em corantes naturais tem aumentado (KALA e outros, 2017).

Suas flores são completas e hermafroditas; a inflorescência é classificada como agrupada (LIMA, 1990), disposta em panícula na parte terminal do ramo (NISHA; SIRIL; NAIR, 2012). É uma espécie autocompatível, preferencialmente, alógama e entomófila, porém o número de frutos e as taxas de fertilidade apresentam queda significativa com a ausência de polinização externa (LOMBELLO; PINTO-MAGLIO, 2014). Ainda de acordo com os autores, os frutos formados, exclusivamente, por autopolinização são menores e possuem menor número de sementes do que os obtidos por meio da polinização aberta.

Segundo Joseph e outros (2012), em condições naturais, em média, 43% dos frutos atingem a maturidade, com uma faixa de variação entre 27% e 57%, conforme as diferentes variedades do urucum.

A abertura das flores, em geral, inicia-se pela parte inferior da inflorescência e depois na parte superior (FRANCO e outros, 2008). Os principais polinizadores do urucum são abelhas das espécies *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Bombus morio* (BONFIM e outros, 2015). De acordo com Caro e outros (2017), as abelhas melíferas atuam como complementar à polinização feita pelas abelhas melíponas, isso devido ao fato de aquelas serem incapazes de liberar pólen por sonicação de anteras (DE LUCA; VALLEJO-MARÍN, 2013).

Em função da grande variabilidade genética e por ser uma espécie perene, a propagação vegetativa constitui um método viável para a multiplicação de indivíduos geneticamente superiores, com alta produtividade e qualidade (CARVALHO; CARVALHO; OTONI, 2005). Entretanto, a maioria dos plantios de urucum são estabelecidos a partir de plantas propagadas por sementes (SÃO JOSÉ e outros, 1999). Estas plantas, no entanto, apresentam amplas variações na cor, forma e tamanho dos frutos, na produtividade de sementes e no teor de bixina. Tais variações são atribuídas à predominância de polinização cruzada entre indivíduos, aos genótipos e às condições de cultivo (REBOUÇAS; SÃO JOSÉ, 1996).

O melhoramento do urucum busca genótipos que, além do alto percentual de bixina, apresentem alta produtividade de grãos. Nesse contexto, a hibridação objetiva combinar em um só genótipo genes disponíveis que se encontrem em dois

ou mais genótipos diferentes; para isso, são utilizados parentais superiores e autogamia para produzir uniformidade e seleção para mérito individual (FRANCO e outros, 2002).

Com base na importância da espécie *Bixa orellana* L. e na exigência de qualidade dos grãos pela indústria, o objetivo deste trabalho foi obter sementes de geração filial 1 (F1), com parâmetros agrônômicos de interesse que possam contribuir para uma futura seleção e melhoramento genético do urucueiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de abril/2017 a agosto/2017, na Fazenda Sempre Viva, no município de Porto Seguro-BA, região de Mata Atlântica, com altitude de 141 m e coordenadas geográficas 16° 23' de latitude Sul e 39° 20' de longitude Oeste de Greenwich. A região é caracterizada como tropical úmida, sem estação de seca definida, e com área de clima AF pela classificação de Köppen. A umidade relativa média do ar é de 84,8%; a temperatura média anual, de 23,3°C, e o índice pluviométrico, em torno de 1.260 mm.

As plantas utilizadas no trabalho foram previamente selecionadas por Dias (2016) em um plantio comercial da cultivar Embrapa 37, da qual foram selecionados 2 genótipos com atributos de produção superiores aos demais (Tabela 4.1) e produção de bixina superior a 220 g.planta⁻¹ (122,22 kg ha⁻¹), denominados genótipos A e B.

Tabela 4.1 – Características morfológicas e de produção de plantas de urucueiro (*Bixa orellana* L.) da cultivar Embrapa 37 com 4 anos de idade, selecionadas no município de Porto Seguro, BA. Vitória da Conquista, BA, 2019.

Características	Genótipos	
	A	B
Comprimento da cápsula (mm)	52,99	46,73
Largura da cápsula (mm)	35,32	35,49
Formato da cápsula	Lanceolada	Oval
Nº de sementes p/cápsula	40,8	40,6
Massa de 100 grãos (g)	2,70	2,60

Fonte: Dias (2016)

Para a obtenção dos genótipos F1, utilizou-se a técnica de cruzamento manual controlado baseada na proposta de Poltronieri e Costa (2002), que envolveu a escolha de 20 botões florais no estágio de pré-antese, caracterizada pela queda das sépalas; ficam visíveis no botão floral as pétalas fechadas, tanto na planta doadora como na receptora; esse evento foi observado a partir das 15 horas. Nesse momento, as flores doadoras foram ensacadas com sacos de papel kraft, e as flores receptoras foram emasculadas; foram retiradas as pétalas e os estames com uma pinça e, imediatamente, protegidas com os sacos de papel.

Na manhã do dia seguinte, as flores doadoras foram colhidas, retiradas dos sacos de papel e batidas levemente contra uma placa de petri, para coleta dos grãos de pólen. As flores receptoras foram polinizadas passando-se o estigma na placa de petri, para que os grãos de pólen ficassem aderidos; logo após, as flores

foram identificadas e cobertas com sacos de papel. Após uma semana, foi verificado o pegamento dos frutos e a retirada definitiva dos sacos de proteção.

As testemunhas foram obtidas a partir da seleção de flores no mesmo estágio dos tratamentos, sendo apenas identificadas e deixadas livres para que ocorresse polinização natural.

As cápsulas obtidas foram colhidas no estágio maduro e levadas para o laboratório da Biofábrica na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, para determinação da umidade nas sementes (%); percentual de pegamento (%); comprimento (mm) e largura (mm) das cápsulas para obtenção do formato de cápsula (relação entre o comprimento e a largura; oval = largura igual ou superior a 70 % do comprimento; lanceolada = largura inferior a 70 % do comprimento), de acordo com a metodologia descrita por Mantovani e outros (2013); peso da cápsula (g); número de sementes por cápsulas; massa das sementes (g) corrigida para 13% de umidade; massa de cem sementes (g) corrigida para 13% de umidade e o índice de sementes, que é a relação entre o peso da cápsula e o peso das sementes (%).

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 6 seis tratamentos e 20 repetições; os tratamentos foram: T1 - polinização natural da matriz A; T2 - polinização natural da matriz B; T3 - cruzamento A♀ x B♂; T4 - cruzamento B♀ x A♂; T5 - autopolinização de A e T6 – autopolinização de B.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias; foi realizada a análise de variância (Anova) pelo

teste F, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Para a análise estatística, utilizou-se o Software Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos foram colhidos aos 110 DAA (dias após a antese), completamente maduros, de coloração marrom, com pelos duros, porém com poucos frutos apresentando deiscência.

De acordo Mendes, Figueiredo e Silva (2006), os frutos de urucueiros apresentam sua maturidade fisiológica aos 76 DAA, quando é cessada a translocação de assimilados da planta para o fruto e se inicia a fase de perda de água até os 90 DAA. No Nordeste, a colheita do urucum é realizada, aproximadamente, aos 120 DAA, momento em que se verificam $\frac{3}{4}$ das cápsulas secas (FRANCO e outros, 2008).

Os resultados mostram que o sucesso na polinização não ocorreu em proporção igual para todos os tratamentos (Figura 4.1); a polinização na planta “A” apresentou melhores resultados no pegamento, acima de 65%. Outra observação importante foi em relação às flores polinizadas artificialmente, que apresentaram melhores resultados em comparação às flores de polinização natural.

Sob condições naturais, apenas 40% dos frutos de urucum atingem a maturidade e a produção de sementes (RIVERA-MADRID e outros, 2006). No estudo, foi observado o percentual de 65 e 25% de pegamento para os tratamentos T1 e T2, respectivamente, inferior aos tratamentos de polinização artificial, para

as mesmas progênies. A diferença observada pode ter sido em decorrência de uma maior quantidade de pólen depositada sobre o estigma da flor no momento da polinização manual.

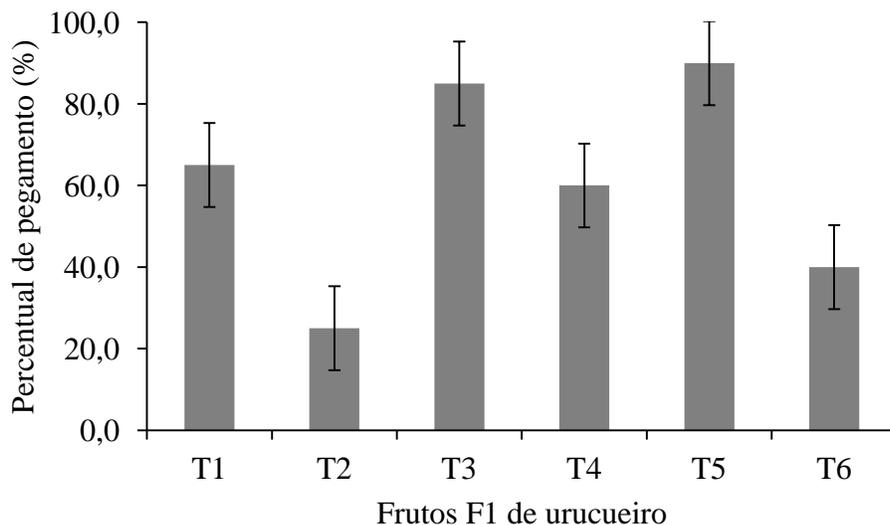


Figura 4.1 – Percentual de pegamento em frutos F1 da polinização natural da matriz A (T1), frutos da polinização natural da matriz B (T2), frutos do cruzamento $A_{\text{♀}} \times B_{\text{♂}}$ (T3), frutos do cruzamento $B_{\text{♀}} \times A_{\text{♂}}$ (T4), frutos da autopolinização de A (T5) e frutos da autopolinização de B (T6) de genótipos de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2017. As barras indicam a média \pm erro padrão.

Os resultados das análises de variância apresentaram diferenças significativas para todas as variáveis estudadas (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Resumo da análise de variância e dos coeficientes de variação para os parâmetros agronômicos, formato de cápsula, peso da cápsula, número de sementes por cápsula, massa das sementes, índice de sementes e massa de 100 sementes em frutos F1 de genótipos de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2017.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Formato de cápsula	Peso da Cápsula	Nº de sementes p/Cápsula	Massa das sementes	Índice de sementes	Massa de 100 sementes
Tratamento	5	359,96 **	0,76 **	214,84 **	0,46 **	943,69 **	1,15 *
Resíduo	67	23,24	0,18	29,86	0,09	63,83	0,41
CV (%)		6,65	15,41	11,91	23,48	17,81	23,71

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo.

O formato da cápsula apresentou diferença significativa (Figura 4.3); as flores da planta “B” (T2, T4 e T6) apresentaram frutos com relação superior a 70% indicando formato oval, enquanto que as flores da planta “A” (T1, T3 e T4) apresentaram frutos com formato lanceolado; essa mesma característica foi observada por Dias (2016) nos genitores. Resultados próximos foram observados por Dias e outros (2017) com a cultivar Embrapa 37; entre os 10 genótipos

trabalhados, 6 apresentaram formato oval e 4 lanceolado. Entretanto, de acordo com Poltronieri e outros (2001) e Franco e outros (2008), as cápsulas da cultivar Embrapa 37 são do tipo cônico e achatado. Esse resultado demonstra a variabilidade genética na cultivar para essa característica.

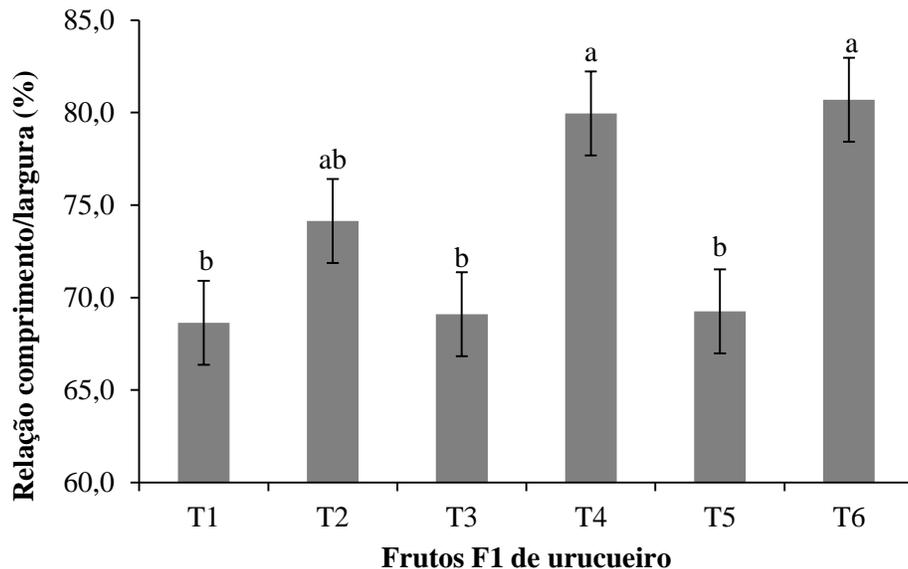


Figura 4.2 – Formato da cápsula (oval $\geq 70\%$ e lanceolada $< 70\%$) em frutos F1 da polinização natural da matriz A (T1), frutos da polinização natural da matriz B (T2), frutos do cruzamento $A^{\text{♀}} \times B^{\text{♂}}$ (T3), frutos do cruzamento $B^{\text{♀}} \times A^{\text{♂}}$ (T4), frutos da autopolinização de A (T5) e frutos da autopolinização de B (T6) de genótipos de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2017. As barras indicam a média \pm erro padrão. As barras seguidas pela

mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O maior peso de cápsulas foi observado nos tratamentos T2 e T4, com 3,09 e 3,07 g, respectivamente, sem diferença entre si; foi observada diferença estatística apenas entre esses e o tratamento T1 (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Parâmetros agrônômicos, peso da cápsula, número de sementes por cápsula, massa das sementes, índice de sementes e massa de 100 sementes em frutos F1 de genótipos de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2017.

Tratamentos	Peso da Cápsula (g)	Nº de sementes p/Cápsula	Massa das sementes (g)	Índice de sementes (%)	Massa de 100 sementes (g)
T1	2,42 b	48,8 a	1,31 ab	54,3 a	2,69 ab
T2	3,09 a	36,8 b	1,08 ab	35,7 b	3,04 ab
T3	2,82 ab	48,1 a	1,50 a	53,5 a	3,12 a
T4	3,07 a	43,8 ab	1,09 ab	35,2 b	2,47 ab
T5	2,86 ab	48,4 a	1,23 ab	43,0 b	2,59 ab
T6	2,55 ab	39,8 b	0,95 b	35,5 b	2,30 b
Média	2,8	44,3	1,19	42,9	2,7

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Frutos F1 da polinização natural da matriz A (T1), frutos F1 da polinização natural da matriz B (T2), frutos F1 do cruzamento A♀ x B ♂ (T3), frutos F1 do cruzamento B♀ x A♂ (T4), frutos F1 da autopolinização de A (T5) e frutos F1 da autopolinização de B (T6).

O número de sementes por cápsula apresentou média de 44,3 g; houve diferença estatística entre os tratamentos T1, T3 e T5 e os tratamentos T2 e T6; estes últimos apresentaram menor valor. Os frutos da planta “A” apresentaram maior número de sementes por cápsulas em relação aos frutos da planta “B”, no entanto, com exceção do tratamento T2, todos os outros apresentaram maior número de sementes por fruto que a média de 38,2 encontrada por Dias e outros (2017) para a cultivar Embrapa 37 na mesma região de estudo. Conforme Poltronieri e outros (2001) e Franco e outros (2008), a cultivar Embrapa 37 possui cerca de 40 sementes por cápsula.

O número de sementes por fruto é uma característica determinada geneticamente e de grande interesse nos programas de melhoramento, pois resulta na maior produtividade por planta e, conseqüentemente, por área cultivada (MANTOVANI e outros, 2013).

A massa das sementes apresentou média de 1,19 g e diferença estatística apenas entre o tratamento T3 e T6; o tratamento T3 apresentou maior massa (1,50 g). Grãos com maior massa são os mais desejáveis para a qualidade do produto, já que o pigmento encontra-se no arilo da semente, com cerca de 5 a 10% da massa total, da qual apenas 30% são representados pelo carotenoide bixina (CARVALHO; CARVALHO; MANTOVANI, 1991).

Os tratamentos T1 e T3 apresentaram melhor índice de sementes, superior a 50%, sendo diferente estatisticamente dos demais tratamentos; os menores resultados foram observados nos tratamentos com o genótipo “B”, sendo inferior a 36%. Resultados inferiores ao deste trabalho foram observados por Nisha e

outros (2012), os quais encontraram 28% da massa total sendo das sementes. Segundo esses autores, os 72% restantes foram alocados no acondicionamento de sementes e na organização da dispersão efetiva.

Essa é uma característica empregada na seleção e melhoramento de outras culturas, pois mede a eficiência do genótipo na alocação de fotoassimilados para os grãos.

A massa de 100 sementes apresentou média de 2,7 g e diferença estatística entre os tratamentos T3 e T6, sendo este último com menor massa (2,30 g); resultados próximos aos observados nos genitores. Dias e outros (2017) encontraram 3,0 g para massa média de 100 sementes com variação entre 2,60 e 3,42 g para a cultivar Embrapa 37 no mesmo local de estudo deste trabalho. De acordo com Poltronieri e outros (2001) e Franco e outros (2008), o número médio de sementes por grama para a cultivar Embrapa 37 é de 39,4, o que corresponde a 2,5 g para 100 sementes, valor próximo ao encontrado no presente estudo.

Sob o ponto de vista da comercialização de sementes pelo produtor, a massa de sementes reflete diretamente na produtividade, visto que a safra é comercializada por tonelada de sementes. Assim, maior massa de sementes implica um maior retorno financeiro ao produtor (MANTOVANI e outros, 2013).

Não existe relação entre a produtividade de sementes por fruto ou a massa de sementes com o teor de bixina presente nas sementes. No que tange à produtividade, é interessante a seleção de genótipos com maior número de sementes por fruto e, também, maior massa de sementes (MANTOVANI e outros, 2013). Entretanto, o cultivo do urucum destina-se exclusivamente à

comercialização do corante presente nas sementes, o que reforça a proposta de São José e outros (1992), para os quais, nos trabalhos científicos, uma forma de avaliar a produção de urucueiros é a partir da produtividade total de bixina por hectare (kg ha^{-1} de bixina); sendo assim, os melhores resultados serão observados nos genótipos com maior produtividade de grãos e com maior teor de bixina.

Os resultados obtidos no estudo trazem boas perspectivas sob o ponto de vista de ganho genético com o cruzamento entre genótipos; outro aspecto importante no melhoramento do urucueiro é a grande variabilidade genética natural. De acordo com Franco e outros (2002), o cruzamento controlado entre plantas e a autofecundação constituem um meio seguro para a obtenção das linhagens puras necessárias nos programas de hibridação.

4 CONCLUSÕES

Flores polinizadas artificialmente apresentam maior percentual de pegamento de frutos em comparação às flores de polinização natural.

O formato da cápsula é uma característica que apresenta comportamento hereditário, os frutos do genótipo “A” formato lanceolado, enquanto os frutos do genótipo “B” apresentam formato oval.

O genótipo “A” apresentou melhores resultados para as características percentual de pegamento, número de sementes p/Cápsula e Massa das sementes.

REFERÊNCIAS

BONFIM, M. S. *et al.* Abelhas (*Hymenoptera: Apoidea*) visitantes das flores de urucum (*Bixa orellana* Linnaeus 1753) em Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, 2015.

CARO, A. *et al.* Pollination services of Africanized honey bees and native *Melipona beecheii* to buzz-pollinated annatto (*Bixa orellana* L.) in the neotropics. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 19, p. 274-280, 2017.

CARVALHO, J. F. R. P.; CARVALHO, C. R.; OTONI, W. C. Regeneração *in vitro* de urucum (*Bixa orellana* L.) a partir de diferentes tipos de explantes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 887-895, 2005.

CARVALHO, P. R. N.; CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B. Estudo da composição de sementes, cachopas, folhas e galhos do urucueiro. In: Seminário Internacional de Corantes Naturais Para Alimento, 2., 1991, Campinas. **Resumos...** Campinas: ITAL, 1991. p. 317.

CORLETT, F. M. F.; BARROS, A. C. S. A.; VILLELA, F. A. Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 148-158, 2007.

DE LUCA, P. A.; VALLEJO-MARÍN, M. What's the 'buzz' about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, 429-435, 2013.

DIAS, N. O. **Seleção de genótipos da cultivar Embrapa 37 para produtividade e qualidade de urucueiros**. 2016. 90 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

DIAS, N. O. *et al.* Morpho-agronomic characterization and estimates of genetic parameters in annatto plant. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, Apr. - Jun., 2017.

- FALESI, I. C. **Urucuzeiro**: recomendações básicas para seu cultivo. Belém. EMBRAPA- UEPAE de Belém; Belém, PA: 1987. 27 p. (Documentos, 3).
- FRANCO, C. F. O. *et al.* **Urucuzeiro**: Agronegócio de Corantes Naturais. João Pessoa: Emepa, 2002. 120p.
- FRANCO, C. F. O. *et al.* **Urucum Sistemas de Produção para o Brasil**. João Pessoa: Emepa, Apta, 2008. 112p.
- JOSEPH, N.; SIRIL, E. A.; NAIR, G. M. Reproductive characterization and preliminary studies on controlled breeding of Annatto (*Bixa orellana* L.). **Plant Systematics & Evolution**, v. 298, p. 239-250, 2012.
- KALA, S. *et al.* Studies on Variability, Correlation and Path Analysis Using Important Seed Traits in *Bixa orellana* (L). **Journal of Tree Sciences**, v. 36, n. 1, p. 93-102, 2017.
- LIMA, L. C. F. Conceitos Conjunturais Sistematizados da Botânica do Urucueiro. In: SÃO JOSE, A. R; REBOUÇAS, T. N. H. **A cultura do urucum no Brasil**, Vitória da Conquista, BA, UESB, 1990. p. 26-29.
- LOMBELLO, R. A.; PINTO-MAGLIO, C. A. F. Cytogenetics and Reproductive Biology of *Bixa orellana* L. (Bixaceae). **Cytologia**, v. 79, n. 3, p. 379-386, 2014.
- MANTOVANI, N. C. *et al.* Avaliação de genótipos de urucum (*Bixa Orellana* L.) por meio da caracterização morfológica de frutos, produtividade de sementes e teor de bixina. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 355-362, 2013.
- MENDES, A. M. da S.; FIGUEIREDO, A. F. de; SILVA, J. F. da. Crescimento e maturação dos frutos e sementes de urucum. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 133-141, 2006.
- NISHA, J.; SIRIL, E. A.; NAIR, G. M. Reproductive characterization and preliminary studies on controlled breeding of Annatto (*Bixa orellana* L.). **Plant Syst Evol**, v. 298, p. 239-250, 2012.

POLTRONIERI, M. C.; COSTA, M. R. **Método de polinização controlada para urucuzeiro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Belém, PA, 2002. 17p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).

POLTRONIERI, M. C. *et al.* **Novas cultivares de urucum**: Embrapa 36 e Embrapa 37. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 21p. (Circular Técnica 22).

REBOUÇAS, T. N. H.; SÃO JOSÉ, A. R. **A cultura do urucum**: práticas de cultivo e comercialização. Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB/SBCN, 1996. 42p.

RIVERA-MADRID, R. *et al.* Preliminary studies toward genetic improvement of annatto (*Bixa orellana* L.). **Sientia Horticultuae**, v. 109, n. 2, p. 165-172, 2006.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Características botânicas e de produção a serem avaliadas na pesquisa científica com urucum (*Bixa orellana* L.). **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, v. 1, n. 1, p. 7-10, 1992.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Cultivo del achiote (*Bixa orellana* L.) en Brasil. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, v. 3, p. 113-119, 1999.

SATYANARAYANA, A.; PRABHAKARA RAO, P. G.; RAO, D. G. Chemistry, Processing and Toxicology of Annatto (*Bixa orellana* L.). **J. Food Sci. Technol.**, v. 40, n. 2, p. 131-141, 2003.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the *software* Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, 2009, Reno. **Anais ...** American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. 1CD-ROM.

CAPÍTULO 5: AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS F1 DE URUCUEIROS

AValiação DE GENÓTIPOS F1 DE URUCUEIROS.

Resumo - O urucueiro é uma planta que vem despertando cada vez mais interesse da indústria, devido à presença de uma película externa que recobre suas sementes, rica em um carotenoide avermelhado denominado bixina. A diversidade de utilização, o baixo custo de produção e sua baixa toxicidade tornam esse pigmento muito atrativo para a substituição de muitos corantes sintéticos. Juntamente ao aumento da demanda, a indústria tem exigindo teor mínimo de 4,0% de pigmento nas sementes, porém a média nacional fica em torno de 3,5%. O melhoramento genético dessa cultura busca genótipos que, além do alto percentual de bixina, apresentem alta produtividade de grãos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial produtivo e selecionar genótipos F1, obtidos a partir do cruzamento entre plantas selecionadas da cultivar Embrapa 37, que possam contribuir para uma futura seleção e o melhoramento genético do urucueiro. O experimento foi conduzido no município de Porto Seguro-BA; como progenitores, foram utilizadas duas plantas, selecionadas em um plantio comercial da cultivar Embrapa 37, com 4 anos de idade, denominadas genótipos A e B. As sementes F1 foram obtidas a partir do cruzamento manual controlado; as mudas foram plantadas no espaçamento de 4 x 3 m, sendo 93, 92, 92 e 89 plantas por tratamento, AxA, AxB, BxA e BxB, respectivamente. Aos 450 dias após o plantio, foi realizada análise qualitativa das plantas, identificando as que apresentavam produção. Foram selecionadas e colhidas 113 plantas com base na carga aparente da produção de monocásios, aspecto de sanidade e vigor das plantas; os cachos colhidos foram descachopados para determinação da umidade nas sementes; massa de cem grãos; teor de bixina; produtividade de grãos e produtividade total de bixina. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 4 tratamentos: AxA, AxB, BxA e BxB; sendo respectivamente 18, 29, 44 e 22 plantas por tratamento. As plantas foram ainda analisadas individualmente com base na estatística descritiva. Os resultados evidenciam que a autofecundação e o cruzamento apresentam impacto positivo nos genótipos F1; foi possível obter 12 plantas com excelentes atributos de produção e teor de bixina.

Palavras-chave: *Bixa orellana* L., seleção, melhoramento genético.

EVALUATION AND SELECTION OF ANNATTO F1 GENOTYPES.

Abstract - Annatto is a plant that is arousing increasing interest from the industry, due to the presence of an external film that covers its seeds, rich in a reddish carotenoid called bixin. The diversity of use, the low cost of production and its low toxicity make this pigment very attractive to replace many synthetic dyes. Along with the increase in demand, the industry has demanded a minimum content of 4.0% of pigment in the seeds, but the national average is around 3.5%. The genetic improvement of this crop seeks genotypes that, besides the high percentage of bixin, present high grain yield. In this context, the objective of this work was to evaluate the productive potential and select F1 genotypes, obtained from the crossing between selected plants of the cultivar Embrapa 37, which may contribute to future selection and genetic improvement of the annatto. The experiment was conducted in the municipality of Porto Seguro-BA; as parents, two selected plants were used in a commercial plantation of the 4-year-old cultivar Embrapa 37, named genotypes A and B. The seeds of genotypes F1 were obtained from the controlled manual crossing; the seedlings were planted at 4 x 3 m spacing, with 93, 92, 92 and 89 plants per treatment, AxA, AxB, BxA and BxB respectively. At 450 days after planting, a qualitative analysis of the plants was performed, identifying those with production. A total of 113 plants were selected and harvested based on the apparent load of monocase production, health aspect and plant vigor. The harvested bunches were decoupled to determine seed moisture; mass of one hundred grains; bixin content; grain yield and total bixin yield. The experimental design was completely randomized with 4 treatments: AxA, AxB, BxA and BxB, respectively 18, 29, 44 and 22 plants per treatment. The plants were further analyzed individually based on descriptive statistics. The results show that self-fertilization and crossbreeding have a positive impact on F1 genotypes. It was possible to select 12 plants with excellent yield attributes and bixin content.

Keywords: *Bixa orellana* L., selection, genetic improvement.

1 INTRODUÇÃO

Bixa orellana L. (família Bixaceae) é uma planta nativa da América Tropical, conhecida por seu pigmento carotenoide, denominado bixina. Esse pigmento é um dos corantes naturais mais amplamente utilizados, principalmente, na indústria de alimentos (NISHA; SIRIL; NAIR, 2012). A busca por uma alimentação mais saudável, o baixo custo de produção e sua baixa toxicidade tornam o urucum uma alternativa na substituição de muitos corantes sintéticos (FABRI; TERAMOTO, 2015).

Os corantes à base de urucum apresentam variadas aplicações, principalmente na indústria alimentícia, cosmética, farmacêutica, têxtil, de tintas, entre outras; é um dos principais corantes naturais utilizados mundialmente (MELLO; LIMA, 1990), ocupa o segundo lugar em importância econômica depois do caramelo (MERCADANTE; STECK; PFANDER, 1997). A proibição do uso de corantes sintéticos na indústria alimentícia torna o urucum uma alternativa viável e sustentável de corantes, correspondendo a 90% dos corantes naturais. Em países como a Itália, não é permitido o uso de corantes sintéticos; em outros países da Europa e os Estados Unidos, somente é permitida uma pequena parte desses produtos, ainda assim, em caso da falta de oferta de corantes naturais (CASTRO e outros, 2009).

A planta do urucum apresenta grande variação fenotípica e também no conteúdo de bixina, sendo que o preço do urucum no mercado é proporcional ao conteúdo de pigmento presente nas sementes (NISHA; SIRIL; NAIR, 2012). Para que os grãos de urucum sejam classificados como tipo exportação, devem

apresentar um teor mínimo de bixina de 4,0%, entretanto muitos produtores não conseguem atingir esse percentual, e, assim, mantém-se a média nacional em torno de 3,5% (FABRI; TERAMOTO, 2015).

Como o rendimento do pigmento e da semente do urucum variam de planta para planta (VALDEZ-OJEDA e outros, 2008), para acelerar os programas de melhoramento, devem ser feitas tentativas para caracterizar os aspectos reprodutivos do urucum, seguidas pelo melhoramento de plantas-mãe selecionadas especificamente (NISHA; SIRIL; NAIR, 2012).

A seleção com base em características importantes de produtividade, como alto rendimento de sementes e conteúdo de bixina, é o pré-requisito para tornar o cultivo um empreendimento economicamente lucrativo (NISHA; SIRIL, 2014).

Sendo uma espécie de polinização cruzada, portanto, de natureza altamente heterozigótica, a produção de frutos é frequentemente baixa e variável e, nem sempre, está correlacionada com o conteúdo de bixina (RIVERA-MADRID e outros, 2006). Embora vários trabalhos tenham analisado o conteúdo de bixina e a variabilidade morfológica do urucum, pouca atenção tem sido dada à triagem e à seleção sistemática e científica de plantas com alto rendimento de sementes e alto teor de bixina (NISHA; SIRIL, 2014).

Nesse contexto, um dos métodos de melhoramento da cultura é combinar em um só indivíduo genes disponíveis que se encontrem em dois ou mais genótipos diferentes. Consiste, basicamente, no cruzamento dos pais selecionados para a obtenção da F1, no plantio em campo para obtenção da F2 e assim por

diante para a formação da próxima geração, sempre seguido de seleção das melhores plantas de F6 a F8, quando se realiza a seleção de plantas individuais para formação das famílias e, conseqüentemente, a utilização como novas cultivares (FRANCO e outros, 2002).

Com base na importância da espécie *Bixa orellana* L. e na exigência de qualidade dos grãos pelo mercado, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial produtivo e selecionar genótipos F1, obtidos a partir do cruzamento entre plantas selecionadas da cultivar Embrapa 37 que possam contribuir para uma futura seleção e o melhoramento genético do urucueiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de abril/2017 a outubro/2019, na Fazenda Sempre Viva, no município de Porto Seguro-BA, região de Mata Atlântica, com altitude de 141 m e coordenadas geográficas 16° 23' de latitude Sul e 39° 20' de longitude Oeste de Greenwich. A região é caracterizada como tropical úmida, sem estação de seca definida, com área de clima AF pela classificação de Köppen. A umidade relativa média do Ar é de 84,8%; a temperatura média anual, de 23,3°C, e o índice pluviométrico, em torno de 1.260 mm.

As plantas utilizadas no trabalho foram previamente selecionadas por Dias (2016) em um plantio comercial da cultivar Embrapa 37 com 4 anos de idade; foram selecionados 2 genótipos com atributos de produção superiores aos demais

(Anexo 1.A) e produção de bixina superior a 220 g planta⁻¹ (122,22 kg ha⁻¹), denominados genótipos A e B.

Para a obtenção dos genótipos F1, utilizou-se a técnica de cruzamento manual controlado baseada na proposta de Poltronieri e Costa (2002), que envolveu a escolha de 20 botões florais no estágio de pré-antese, caracterizada pela queda das sépalas; ficam visíveis no botão floral as pétalas fechadas, tanto na planta doadora como na receptora; esse evento foi observado a partir das 15 horas. Nesse momento, as flores doadoras foram ensacadas com sacos de papel kraft, e as flores receptoras foram emasculadas, retirando-se as pétalas e os estames com uma pinça, e, imediatamente, protegidas com os sacos de papel. Na manhã do dia seguinte, as flores doadoras foram colhidas, retiradas dos sacos de papel e batidas levemente contra uma placa de petri, para coleta dos grãos de pólen. As flores receptoras foram polinizadas passando-se o estigma na placa de petri, para que os grãos de pólen ficassem aderidos; logo após, as flores foram identificadas e cobertas com sacos de papel. Após uma semana, foi verificado o pegamento dos frutos e a retirada definitiva dos sacos de proteção. Os cruzamentos foram: A♀ x B♂; B♀ x A♂; autopolinização de A♀ x A♂ e autopolinização de B♀ x B♂.

As sementes foram colhidas quando as cápsulas apresentaram-se no estágio maduro. As mudas foram produzidas em viveiro da Biofábrica da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia em Vitória da Conquista. Com aproximadamente 7 meses de idade, as mudas foram plantadas em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m no espaçamento de 4 x 3 m, sendo 93, 92, 92 e 89 plantas por tratamento, AxA, AxB, BxA e BxB, respectivamente.

A análise de solo revelou o pH de 6,1 e 5,8 e percentagem de saturação por bases (V) de 59% e 47% à profundidade de 0,20 e 0,40 m, respectivamente (Tabela 5.1). Os tratos culturais foram de acordo com a necessidade da cultura.

Tabela 5.1 – Análise química do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.

Profundidade (cm)	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B.	t	T	V	MO
	H ₂ O	mg/dm ³		Cmolc/dm ³ de solo						%	dag/kg	
01-20	6,1	9	52	2,2	0,4	0	2	2,8	3	5	59	2,4
20-40	5,8	3	26	1,3	0,3	0	2	1,7	2	4	47	1,4

Para P e K, extração HCL 0,05 mol/L + H₂SO₄ 0,0125 mol/l; para Ca, Mg e Al, foi utilizado KCl 1 mol/L; e, para H + Al, foi utilizada solução tampão SMP e MO, oxidação Na₂Cr₂O₇ 2H₂O + 4 mol/L H₂SO₄ 10 mol/L.

Aos 450 DAP, foi realizada análise qualitativa das plantas para identificação das que apresentavam produção. Foram selecionadas e colhidas 113 plantas (identificadas com o número de 1 a 113) com base na sua carga aparente da produção de monocásios, aspecto de sanidade e vigor.

Os cachos colhidos foram levados para a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, onde foram colocadas em estufa para secagem de grãos. Após a secagem, as cápsulas foram descachopadas, limpas com o auxílio de peneira e pesadas para obtenção da produção total da planta, e, então, foi determinada a umidade nas sementes (%); massa de 100 grãos; teor de bixina pelo método do hidróxido de potássio (KOH) descrito por Yabiku e Takahashi (1991);

produtividade de grãos (corrigido para 13% de umidade) e produtividade total de bixina expressa em kg ha⁻¹, conforme metodologia descrita por São José e outros (1992b).

Para a análise de variância dos tratamentos, foi considerado delineamento experimental inteiramente ao acaso com 4 tratamentos: AxA, AxB, BxA e BxB, sendo respectivamente 18, 29, 44 e 22 plantas por tratamento. As plantas foram ainda analisadas individualmente com base em estatística descritiva.

Para a análise estatística, utilizou-se o Software Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2009). Os dados obtidos foram submetidos aos testes de homogeneidade e normalidade; os valores da variável produtividade de bixina foram transformados em \sqrt{x} por não apresentarem normalidade dos dados. Foi realizada a análise de variância (Anova) pelo teste F, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colheita foi realizada aos 15 meses após o plantio, o que demonstrou precocidade no desenvolvimento das plantas. No momento da colheita, todos os tratamentos apresentavam acima de 93% das plantas com frutos, indicação de uniformidade e maturidade das plantas. Em geral, plantas de urucum propagadas por sementes apresentam botões florais com 12 a 14 meses de idade (SÃO JOSÉ e outros, 1992a). Sob condições favoráveis, a primeira colheita é obtida 18 meses após o plantio no campo (KALA e outros, 2015).

A análise de variância mostrou significância para todas as características estudadas, com exceção para o teor de bixina (Apêndice 1D); para esta, todos os tratamentos apresentaram média superior a 5,2% (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Características de produção, teor de bixina, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e produtividade de bixina em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.

Tratamentos	Variáveis			
	Teor de Bixina (%)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	¹ Produtividade de Bixina (kg ha ⁻¹)
AxA	5,2 a	2,26 ab	247,1 ab	(3,5) 13,0 ab
AxB	5,4 a	2,34 a	295,0 ab	(3,9) 15,8 ab
BxA	5,5 a	2,32 ab	304,4 a	(4,0) 16,6 a
BxB	5,3 a	2,20 b	232,2 b	(3,5) 12,4 b

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹Para análise, os dados foram transformados em (\sqrt{x}).

Os teores de bixina apresentaram amplitude entre 3,65% e 6,54% (Figura 5.1), com média de 5,36%, o que demonstrou a elevada taxa de variabilidade genética para essa característica. Esses resultados ainda mostram que a maioria das plantas apresentaram teor de bixina acima de 4,9%, superior ao observado nos genitores, indicação de ganho genético no cruzamento.

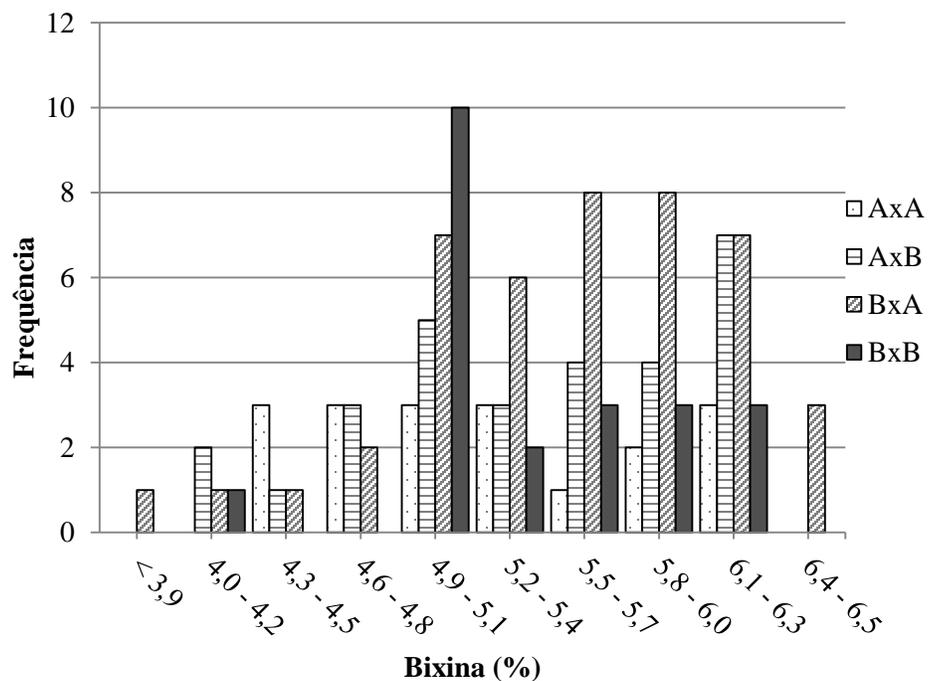


Figura 5.1 – Histograma de frequência do teor de bixina em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.

Em todos os tratamentos, foram observadas plantas que apresentaram teores de bixina superiores a 6,0%; isso indica que o cruzamento entre indivíduos superiores proporciona ganho genético para essa característica e que a hibridação pode ser um meio eficiente no melhoramento genético dessa cultura.

De acordo com Dias e outros (2017), as diferenças no teor de bixina para a mesma cultivar podem ser atribuídas às condições ambientais, ao manejo

cultural e, ainda, ao fator genético. Esses mesmos autores encontraram teores de bixina entre 2,99 e 5,02% para a cultivar Embrapa 37, na mesma condição edafoclimática deste trabalho.

Vale destacar que a indústria tem exigido teor de bixina de, no mínimo, 4,0% e que grande parte dos produtores brasileiros não conseguem atingir esse percentual (SANTANA, 2006).

A massa de 100 grãos apresentou diferença estatística entre os tratamentos AxB e BxB, com média geral de 2,29 g, superior à encontrada nos genitores. O histograma mostra que a maior frequência das plantas apresentou para a característica massa de 100 grãos entre 2,11 e 2,53 g (Figura 5.2).

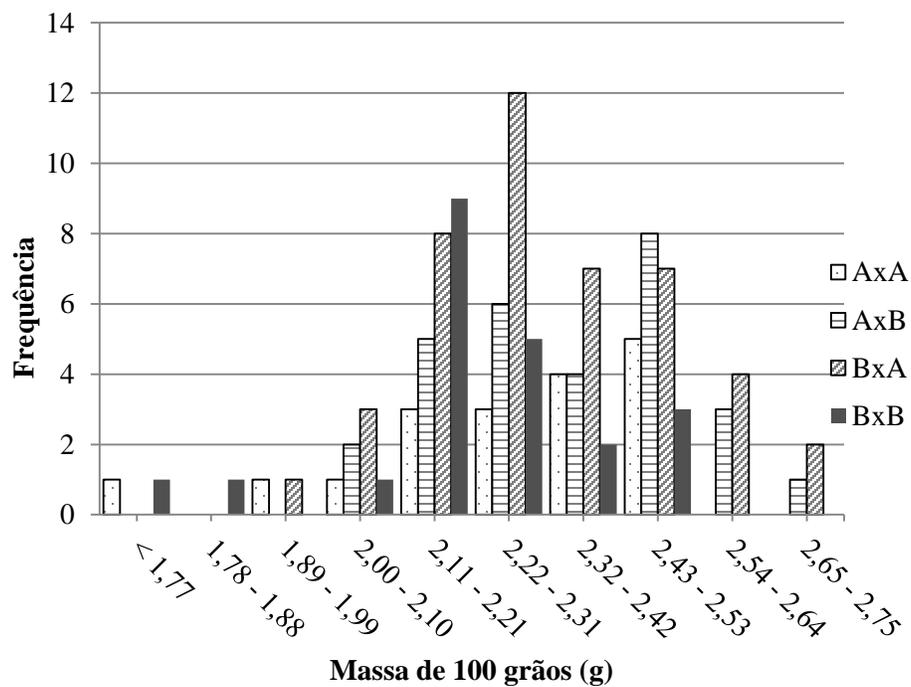


Figura 5.2 – Histograma de frequência da massa de 100 grãos em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.

Os maiores resultados foram observados nos tratamentos AxB e BxA, com valores superiores a 2,65 g. Dias e outros (2017) encontraram para essa mesma característica na cultivar Embrapa 37 valores entre 2,60 e 3,42 g; Mantovani e outros (2013) identificaram massa de 100 grãos com variação entre 1,10 e 2,24 g. Conforme Franco e outros (2008) e Poltronieri e outros (2001),

plantas da cultivar Embrapa 37 produzem em média 39,4 sementes por grama, o que corresponde a 2,5 g para 100 sementes.

A massa de sementes reflete diretamente na produtividade, visto que a safra é comercializada por tonelada de sementes, uma característica de grande relevância na seleção de genótipos mais produtivos, apesar de não existir relação entre a produtividade de sementes por fruto ou a massa de sementes com o teor de bixina presente nas sementes (MANTOVANI e outros, 2013).

A maior produtividade de grãos foi observada no tratamento BxA, com 304,4 kg ha⁻¹, sendo diferente estatisticamente do tratamento BxB (Tabela 5.2).

O histograma de frequência para a produção de grãos mostra a amplitude entre <155,08 e 626,99 kg ha⁻¹ (Figura 5.3), o que demonstra variabilidade para essa característica. O maior número de plantas apresentou produtividade entre 155,09 e 417,25 kg ha⁻¹, sendo que o genótipo BxA possui plantas com produtividade superior a 574,56 kg ha⁻¹.

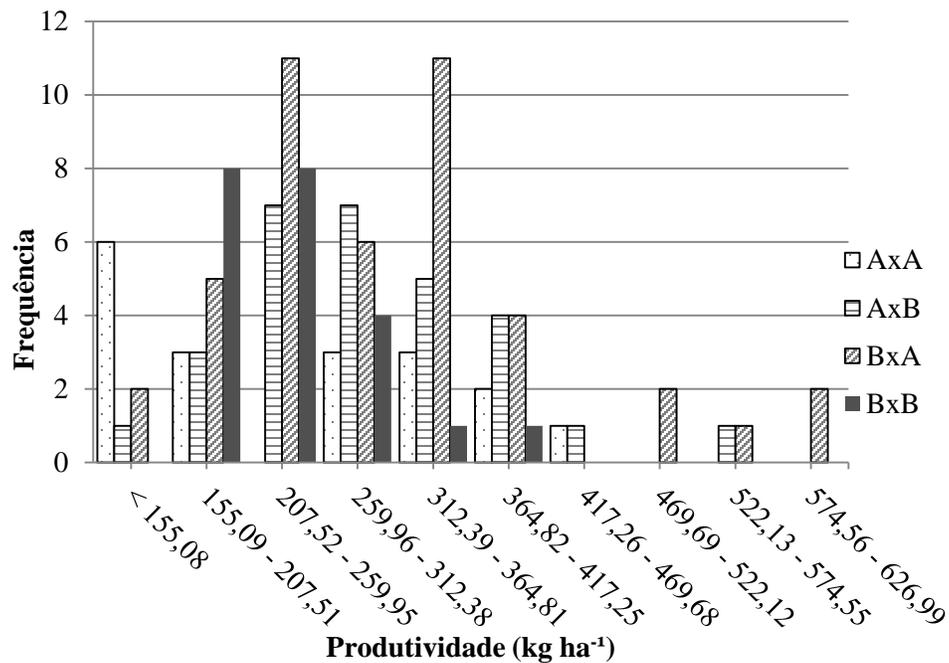


Figura 5.3 – Histograma de frequência da produtividade de grãos em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.

Plantas adultas da cultivar Embrapa 37 produzem em média 2,5 kg de sementes seca/ano, o equivalente a 2.777,5 kg ha⁻¹ (FRANCO e outros, 2008; POLTRONIERI e outros, 2001). Dias (2016) encontrou em um plantio de 4 anos de idade da cultivar Embrapa 37 produtividade entre 561,10 e 2.649,40 kg ha⁻¹,

com média de 1.173 kg ha⁻¹. No presente trabalho, plantas com 1 ano e 3 meses produziram em média 278,8 kg ha⁻¹.

Plantios comerciais de urucum aumentam o número de plantas em produção a cada ano, assim como a produção por planta (FABRI e outros, 2015). O rendimento máximo é obtido entre 4 e 10 anos de idade; a partir daí, ocorre um declínio gradual no rendimento (MATH e outros, 2016). A variação na produção é influenciada pelo espaçamento, condições de cultivo, práticas de manejo e variedade (KALA e outros, 2015).

A produtividade de bixina por hectare das plantas avaliadas apresentou diferença estatística entre os tratamentos BxB e BxA (Tabela 5.2), sendo esse último com produtividade de 16,6 kg ha⁻¹ e média dos tratamentos de 14,9 kg ha⁻¹.

O histograma de produtividade de bixina (Figura 5.4) mostra que a maioria das plantas selecionadas apresentaram resultados entre 7,99 e 22,67 kg ha⁻¹, sendo que o genótipo BxA apresentou plantas com produtividade superior a 31,49 kg ha⁻¹ de bixina. A produtividade encontrada por Dias (2016) nos genitores “A” e “B”, com quatro anos de idade, foi de 127,0 e 124,0 kg ha⁻¹, respectivamente. Essa mesma autora encontrou em outros genótipos da cultivar Embrapa 37, também com quatro anos de idade e na mesma região deste trabalho, produtividades que variaram de 27,0 a 127,0 kg ha⁻¹.

A diferença entre os resultados encontrados por Dias (2016) e o presente estudo pode ser atribuída ao estágio juvenil, no qual as plantas encontravam-se no momento da colheita. Enquanto a diferença registrada entre os tratamentos pode

ser explicada pela variação no teor de bixina e, principalmente, pela variação na produção de grãos, ambos influenciadas pela variabilidade genética natural dessa cultura.

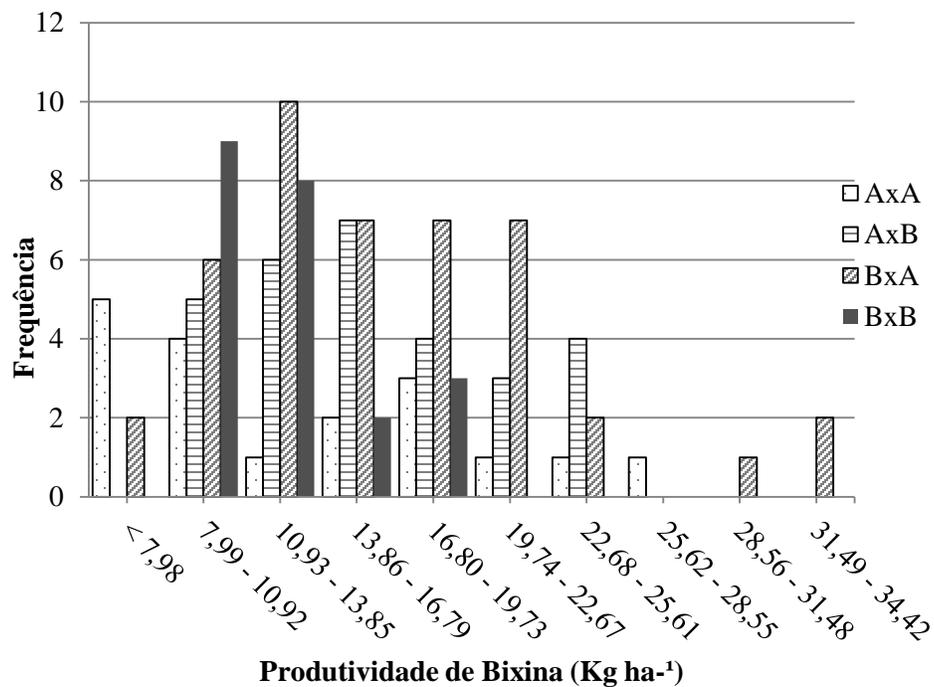


Figura 5.4 – Histograma de frequência da produtividade de bixina em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.

O cultivo do urucum destina-se exclusivamente à comercialização do corante presente nas sementes; o produtor terá melhores resultados a partir do

binômio produtividade de grãos x teor de bixina, o que corrobora a proposta de São José e outros (1992b), para os quais, nos trabalhos científicos, uma forma de avaliar a produção de urucueiros é a partir da produtividade total de bixina por hectare (kg ha^{-1} de bixina), e os melhores resultados serão observados nos genótipos com maior produtividade de grãos e com maior teor de bixina.

Considerando-se a produtividade de bixina por hectare, foram selecionadas 12 plantas (Tabela 5.3), que apresentaram produtividade de bixina superior a 20 kg ha^{-1} ; todas as plantas selecionadas apresentaram teor de bixina superior a 5,5% e produtividade de grãos acima de $329,0 \text{ kg ha}^{-1}$.

Tabela 5.3 – Características de produção, teor de bixina, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP, selecionados no município de Porto Seguro, BA. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.

Identificação	Tratamento	Bixina (%)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (Kg/ha)	Bixina (Kg/ha)
10	AxA	6,2	2,2	375,0	23,4
12	AxA	5,7	2,4	462,9	26,5
18	AxA	6,0	2,2	364,8	21,8
34	AxB	6,2	2,6	407,0	25,4
36	AxB	5,7	2,6	416,8	23,8
37	AxB	6,0	2,3	366,8	21,9
43	AxB	6,2	2,4	393,6	24,6

56	BxA	5,5	2,5	404,4	22,2
66	BxA	5,7	2,3	585,4	33,5
75	BxA	5,7	2,6	394,1	22,5
80	BxA	5,5	2,1	627,0	34,4
91	BxA	6,5	2,2	329,9	21,6

Não foram selecionadas plantas oriundas da autopolinização do genitor “B” (BxB), em função da baixa produção de bixina por hectare. No presente estudo, a produção máxima de sementes e a máxima produção de bixina foram observadas no genótipo 80 (BxA), e o maior teor de bixina, no genótipo 91 (BxA), entretanto, no genótipo 91, a produção de sementes foi baixa; conseqüentemente, foi estimado um rendimento baixo de bixina (21,6 kg ha⁻¹), em relação às outras plantas selecionadas.

Akshatha e outros (2011) e Nisha e Siril (2014) relataram a seleção de genótipos superiores mediante a interação do teor de bixina e a produtividade de grãos; no trabalho desses autores, os genótipos selecionados não apresentaram o maior teor de bixina, entretanto demonstraram máxima produção de grãos, sendo essas características atribuídas aos genitores. Conforme Nisha e Siril (2014), essas diferenças ocorrem devido à variação genotípica da planta ou à interação de genótipo *versus* ambiente. Entretanto, no presente estudo, essa variação entre produtividade de grãos e teor de bixina pode ser atribuída à variação fenotípica, visto que ambos os genótipos possuem os mesmos genitores.

A cultivar Embrapa 37 apresenta variabilidade genética suficiente para permitir a identificação de arranjos vegetais superiores para a produção de

sementes e conteúdo de bixina; estas podem ser empregadas nos programas de melhoramento, a fim de aumentar a produtividade das culturas no curto prazo (DIAS e outros, 2017). Essa grande variabilidade genética reforça a seleção de plantas superiores por meio da análise morfológica e de produtividade.

Os resultados encontrados neste trabalho ratificam a importância de estudar tecnologias que visem a melhorias na produção e qualidade dos grãos, a fim de atender as exigências do mercado, que tendem a ser crescentes, e, assim, promover a sustentabilidade na produção e assegurar aos produtores alta rentabilidade.

4 CONCLUSÕES

Foram encontrados valores para o teor de bixina superior à média nacional, com plantas apresentando resultados superiores a 6,0%.

Foram obtidas 12 plantas com excelentes atributos de produção e teor de bixina, com possibilidades de serem utilizadas em novos programas de melhoramento da cultura.

REFERÊNCIAS

CASTRO, C. B. de *et al.* **A cultura do urucum**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 61p. (Coleção plantar, 64).

DIAS, N. O. **Seleção de genótipos da cultivar Embrapa 37 para produtividade e qualidade de urucueiros**. 2016. 90 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

DIAS, N. O. *et al.* Morpho-agronomic characterization and estimates of genetic parameters in annatto plant. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, Apr. - Jun., 2017.

FABRI, E. G.; TERAMOTO, J. R. S. Urucum: fonte de corantes naturais, **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, 2015.

FRANCO, C. F. O. *et al.* **Urucuzeiro: Agronegócio de Corantes Naturais**. João Pessoa: Emepa, 2002.120p.

FRANCO, C. F. O. *et al.* **Urucum Sistemas de Produção para o Brasil**. João Pessoa: Emepa, 2008. 112p.

KALA, S. *et al.* Edible Dye for the Future: Annatto (*Bixa orellana* L.). **Popular Kheti**, v. 3, n. 3, p. 214-218, 2015.

MANTOVANI, N. C. *et al.* Avaliação de genótipos de urucum (*Bixa Orellana* L.) por meio da caracterização morfológica de frutos, produtividade de sementes e teor de bixina. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 355-362, 2013.

MELLO, A. A. A.; LIMA, L. C. F. A situação da cultura do urucum no Brasil e perspectivas. In: SÃO JOSÉ, A. R; REBOUÇAS, T. N. H. **A cultura do urucum no Brasil**, Vitória da Conquista, BA, UESB, 1990. p. 09-19.

MERCADANTE, A. Z.; STECK, A.; PFANDER, H. Isolation and structure elucidation of minor carotenoids from annatto (*Bixa orellana* L.) seeds. **Phytochemistry**, Oxford, v. 46, n. 8, p. 1379-1383, 1997.

NISHA, J.; SIRIL, E. A. Evaluation and selection of elite annatto (*Bixa orellana* L.) and identification of RAPD markers associated with yield traits. **Braz. J. Bot.** v. 37, n. 1, p. 1-8, 2014.

NISHA, J.; SIRIL, E. A.; NAIR, G. M. Reproductive characterization and preliminary studies on controlled breeding of Annatto (*Bixa orellana* L.). **Plant Syst Evol**, v. 298, p. 239-250, 2012.

POLTRONIERI, M. C.; COSTA, M. R. **Método de polinização controlada para urucuzeiro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Belém, PA, 2002. 17p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).

POLTRONIERI, M. C. *et al.* **Novas cultivares de urucum**: Embrapa 36 e Embrapa 37. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 21p. (Circular Técnica 22).

RIVERA-MADRID, R. *et al.* Preliminary studies toward genetic improvement of annatto (*Bixa orellana* L.). **Sientia Horticulturae**, v. 109, n. 2, p. 165-172, 2006.

SANTANA, K. C. da. **Seleção de Genótipos de urucueiros (*Bixa orellana* L.) da Variedade Bico de Pato no Estado da Bahia**. 2006. 63 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Características botânicas e de produção a serem avaliadas na pesquisa científica com urucum (*Bixa orellana* L.). **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, v. 1, n. 1, p. 7-10, 1992b.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Seleção de urucueiros (*Bixa orellana*) superiores do tipo

cultivado bico de pato na região de Vitória da Conquista, BA. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, v. 1, n. 1, p. 106-113, 1992a.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the *software* Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, 2009, Reno. **Anais ...** American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. 1CD-ROM.

VALDEZ-OJEDA, R. *et al.* Assessing morphological and genetic variation in annatto (*Bixa orellana* L.) by sequence-related amplified polymorphism and cluster analysis. **Hort Sci**, v. 43, n. 7, p. 2013-2017, 2008.

YABIKU, H. Y.; TAKAHASHI, M. Y. Avaliação dos métodos analíticos para determinação da bixina em grãos de urucum e suas correlações. In: SEMINÁRIO DE CORANTES NATURAIS PARA ALIMENTOS, 2, SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE URUCUM, 1991. **Anais...** Campinas: ITAL, 1991. p. 275-279.

**CAPÍTULO 6: ESTIMATIVAS DE
PARÂMETROS GENÉTICOS E CORRELAÇÕES
EM GENÓTIPOS F1 DE URUCUEIROS**

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E CORRELAÇÕES EM GENÓTIPOS F1 DE URUCUEIROS.

Resumo - O urucum é uma cultura que tem despertado grande interesse da indústria, devido ao pigmento de coloração avermelhada que reveste suas sementes, denominado de bixina. A diversidade de utilização, o baixo custo de produção e sua reduzida toxicidade tornam a bixina muito atrativa para substituição de muitos corantes sintéticos. O melhoramento genético dessa cultura busca genótipos que, além do alto percentual de bixina, apresentem alta produtividade de grãos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos e as correlações de uma população de plantas F1 de *Bixa orellana*, com base nas características: teor de bixina, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e produtividade de bixina. O experimento foi conduzido no município de Porto Seguro-BA; como progenitores, foram utilizadas duas plantas selecionadas em um plantio comercial da cultivar Embrapa 37, com 4 anos de idade, denominadas genótipos A e B. As sementes F1 foram obtidas a partir do cruzamento manual controlado; as mudas foram plantadas no espaçamento de 4 x 3 m, sendo 93, 92, 92 e 89 plantas por tratamento, AxA, AxB, BxA e BxB, respectivamente. Aos 450 dias após o plantio, foram selecionadas e colhidas 84 plantas, com base na carga aparente da produção de monocásios, aspecto de sanidade e vigor das plantas; os cachos colhidos foram descachopados para determinação da umidade nas sementes; massa de 100 grãos; teor de bixina; produtividade de grãos e produtividade total de bixina. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 4 tratamentos: AxA, AxB, BxA e BxB; e 21 repetições por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de homogeneidade, normalidade e variância, para determinação dos parâmetros genéticos e correlações. Os resultados permitiram concluir que existe variabilidade genética para as características estudadas e que o aumento na produtividade de bixina pode ser obtido por meio da seleção indireta das características teor de bixina e produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Bixa orellana* L., cruzamento, melhoramento genético, variabilidade genética.

ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS AND CORRELATIONS IN F1 GENOTYPES OF ANNATTO.

Abstract - Annatto is a crop that has aroused great interest in the industry, due to the reddish-colored pigment that coats its seeds, called bixin. The diversity of use, the low cost of production and its low toxicity make bixin very attractive to replace many synthetic dyes. The genetic improvement of this crop seeks genotypes that, in addition to the high percentage of bixin, present high grain yield. In this context, the objective of this work was to estimate genetic parameters and the correlations of a population of F1 plants of *Bixa orellana*, based on the characteristics: content of bixin, mass of 100 grains, grain yield and yield of bixin. The experiment was carried out in the municipality of Porto Seguro-BA; as parents, two selected plants were used in a commercial planting of the cultivar Embrapa 37 with 4 years of age, called genotypes A and B. The F1 seeds were obtained from controlled manual crossing; the seedlings were planted at a spacing of 4 x 3 m, with 93, 92, 92 and 89 plants being planted per treatment, AxA, AxB, BxA and BxB respectively. At 450 days after planting, 84 plants were selected and harvested based on the apparent load of the monocase production, aspect of health and vigor of the plants; the harvested bunches were decoupled to determine the moisture in the seeds; mass of 100 grains; bixin content; grain yield and total bixin yield. The experimental design was entirely randomized with 4 treatments: AxA, AxB, BxA and BxB; and 21 repetitions per treatment. The data obtained were submitted to homogeneity, normality and variance analysis, to determine genetic parameters and correlations. The results allowed us to conclude that there is genetic variability for the studied characteristics and that the increase in bixin productivity can be obtained through the indirect selection of the bixin content and grain productivity characteristics.

Keywords: *Bixa orellana* L., crossbreeding, breeding, genetic variability.

1 INTRODUÇÃO

O urucueiro (*Bixa orellana* L.) é uma planta perene, característica de região amazônica, pertencente à família Bixaceae (LIMA; LOPES; COELHO, 2007). Apesar de ter sua origem na América Tropical, adaptou-se a uma gama de condições edafoclimáticas e está distribuída em uma ampla escala geográfica (NISHA; SIRIL, 2014). Seus frutos são denominados de cápsulas ou “cachopas”, em cujo interior encontram-se de 30 a 50 sementes (OLIVEIRA, 2005); estas são recobertas por um pigmento de coloração vermelho-escuro, opaco e espesso, denominado de bixina e norbixina (MENDES; FIGUEIREDO; SILVA, 2005). Esse pigmento avermelhado, específico da semente, atribui importância comercial à cultura (NISHA; SIRIL; NAIR, 2012).

A bixina é um corante do grupo dos carotenoides, de grande interesse nos mercados nacional e internacional. Constitui um dos principais corantes naturais utilizados mundialmente; os corantes à base de urucum apresentam variadas aplicações, principalmente na indústria alimentícia, cosmética, farmacêutica, têxtil, de tintas, entre outras (MELLO; LIMA, 1990). O interesse, principalmente, na área alimentícia deve-se às exigências do mercado consumidor de substituir os corantes artificiais pelos naturais (CORLETT; BARROS; VILLELA, 2007).

O urucum é uma espécie de polinização cruzada, portanto, de natureza altamente heterozigótica. A produção de frutos, em geral, é baixa, variável e, nem sempre, está correlacionada com o conteúdo de bixina (RIVERA-MADRID e outros, 2006). A seleção com base em características importantes de

produtividade, como alto rendimento de sementes e conteúdo de bixina, é o pré-requisito para tornar o cultivo economicamente rentável (NISHA; SIRIL, 2014).

No melhoramento do urucum, a produtividade e o teor de bixina devem ser priorizados pelos melhoristas e geneticistas, visto que a qualidade terá espaço assegurado no agronegócio da cultura (SANTANA, 2006). Entre as principais características agronômicas de interesse no melhoramento do urucum, podemos destacar a uniformidade de maturação, deiscência ou nível de abertura das cápsulas, tolerância às pragas e doenças, massa de 100 sementes, intensidade de coloração das sementes e percentagem de bixina, características fortemente influenciadas pelo ambiente (FRANCO e outros, 2002).

De acordo com Kala e outros (2017), o interesse recente em corantes naturais intensificou a investigação sobre propriedades bioquímicas das plantas e sementes de urucum e também o interesse na avaliação da variabilidade genética da espécie.

Segundo Nisha e Siril (2014), *Bixa orellana* é uma cultura que possui alta variabilidade genética a ser explorada para aumento do seu potencial produtivo e de qualidade. A obtenção de genótipos com características agronômicas de interesse inicia-se com a manipulação dos recursos genéticos vegetais, sendo a variabilidade genética o ponto de partida de qualquer programa de melhoramento genético de uma espécie. A caracterização dessa diversidade é importante nos estudos de fitomelhoramento (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). De acordo com Cruz (2005), a seleção baseada em vários caracteres tem apresentado superioridade em relação a outros métodos. Para Cruz e Regazzi (1997), a seleção

baseada em um só caráter não é um critério adequado para representar o bom desempenho econômico de uma planta, uma vez que pode culminar no desenvolvimento de tipos economicamente insatisfatórios.

Os parâmetros genéticos orientam o processo de seleção e ganhos genéticos nos diferentes ciclos de seleção; assim, o conhecimento dos parâmetros genéticos de uma população permite sua diferenciação entre os efeitos genéticos e ambientais, o que contribui para a seleção eficiente dos melhores genótipos, com base em suas capacidades (ESPITIA e outros, 2010). A estimativa dos parâmetros genéticos nos programas de melhoramento permite ao melhorista fazer inferências sobre a variabilidade genética e antever o ganho com a seleção. A correlação entre os caracteres de interesse para a seleção possibilita que o melhorista conheça o grau de associação entre caracteres de importância econômica, tendo em vista que a seleção sobre determinado caráter altera o comportamento do outro (CORREA e outros, 2003).

Diante da importância dessa cultura e do seu potencial econômico, o objetivo deste trabalho foi estimar os parâmetros genéticos e as correlações em uma população de plantas F1 de *Bixa orellana*, com base nas características: teor de bixina, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e produtividade de bixina; e analisar quais são os caracteres que podem ser utilizados na seleção de genótipos superiores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de abril/2017 a outubro/2019, na Fazenda Sempre Viva, no município de Porto Seguro-BA, região de Mata Atlântica, com altitude de 141 m e coordenadas geográficas 16° 23' de latitude Sul e 39° 20' de longitude Oeste de Greenwich. A região é caracterizada como tropical úmida, sem estação de seca definida, com área de clima AF pela classificação de Köppen. A umidade relativa média do Ar é de 84,8%, a temperatura média anual, de 23,3°C, e o índice pluviométrico, em torno de 1.260 mm.

As plantas utilizadas no trabalho foram previamente selecionadas por Dias (2016) em um plantio comercial da cultivar Embrapa 37 com 4 anos de idade; foram selecionados 2 genótipos com atributos de produção superiores aos demais (Anexo 1.A) e produção de bixina superior a 220 g planta⁻¹ (122,22 kg ha⁻¹), denominados genótipos A e B.

Para a obtenção dos genótipos F1, utilizou-se a técnica de cruzamento manual controlado baseada na proposta de Poltronieri e Costa (2002), que envolveu a escolha de 20 botões florais no estágio de pré-antese, caracterizada pela queda das sépalas, quando ficam visíveis no botão floral as pétalas fechadas, tanto na planta doadora como na receptora; esse evento foi observado a partir das 15 horas. Nesse momento, as flores doadoras foram ensacadas com sacos de papel kraft, e as flores receptoras foram emasculadas, retirando-se as pétalas e os estames com uma pinça, e, imediatamente, protegidas com os sacos de papel.

Na manhã do dia seguinte, as flores doadoras foram colhidas, retiradas dos sacos de papel e batidas levemente contra uma placa de petri, para coleta dos grãos de pólen. As flores receptoras foram polinizadas passando-se o estigma na placa de petri, para que os grãos de pólen ficassem aderidos; logo após, as flores foram identificadas e cobertas com sacos de papel. Após uma semana, foi verificado o pegamento dos frutos e a retirada definitiva dos sacos de proteção. Os cruzamentos foram: A♀ x B♂; B♀ x A♂; autopolinização de A♀ x A♂ e autopolinização de B♀ x B♂.

As sementes foram colhidas quando as cápsulas apresentaram-se no estágio maduro. As mudas foram produzidas em viveiro da Biofábrica da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista. Com aproximadamente 7 meses de idade, as mudas foram plantadas em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m no espaçamento de 4 x 3 m, sendo 93, 92, 92 e 89 plantas por tratamento, AxA, AxB, BxA e BxB, respectivamente.

A análise de solo revelou o pH de 6,1 e 5,8 e percentagem de saturação por bases (V) de 59% e 47% à profundidade de 0,20 e 0,40 m, respectivamente (Tabela 6.1). Os tratos culturais foram de acordo com a necessidade da cultura.

Tabela 6.1 – Análise química do solo da área experimental, Porto Seguro, BA, 2017.

Profundidade (cm)	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B.	t	T	V	MO
	H ₂ O	mg/dm ³		Cmolc/dm ³ de solo							%	dag/kg

01-20	6,1	9	52	2,2	0,4	0	2	2,8	3	5	59	2,4
20-40	5,8	3	26	1,3	0,3	0	2	1,7	2	4	47	1,4

Para P e K, extração HCL 0,05 mol/L + H₂SO₄ 0,0125 mol/l; para Ca, Mg e Al, foi utilizado KCl 1 mol/L; e, para H + Al, foi utilizada solução tampão SMP e MO, oxidação Na₂Cr₂O₇ 2H₂O + 4 mol/L H₂SO₄ 10 mol/L.

Aos 450 DAP, foi realizada análise qualitativa das plantas para identificação das que apresentavam produção. Foram selecionadas e colhidas 84 plantas com base na carga aparente da produção de monocásios, aspecto de sanidade e vigor das plantas.

Os cachos colhidos foram levados para a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, onde foram colocadas em estufa para secagem de grãos. Após a secagem, as cápsulas foram descachopadas, limpas com o auxílio de peneira e pesadas para obtenção da produção total da planta, e, então, foi determinada a umidade nas sementes (%); massa de cem grãos; teor de bixina pelo método do hidróxido de potássio (KOH) descrito por Yabiku e Takahashi (1991); produtividade de grãos (corrigido para 13% de umidade) e produtividade total de bixina expressa em kg ha⁻¹, conforme metodologia descrita por São José e outros (1992b).

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com 4 tratamentos: AxA, AxB, BxA e BxB; e 21 repetições por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de homogeneidade e normalidade, para verificar a existência de variabilidade entre os genótipos; os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para a análise estatística, utilizou-se o Software AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2010).

Os parâmetros genéticos foram determinados a partir das seguintes expressões (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004), em que QMG corresponde ao quadro médio do genótipo e QMR, ao quadrado médio do resíduo:

a) Variância Fenotípica: $VP = QMG/r$

b) Variância Genética: $VG = (QMG - QMR) /r$

c) Variância Ambiental: $VE = QMR/r$

d) Herdabilidade: $h_b^2 = VG/VP$

e) Coeficiente de Variação Fenotípica: $CVP = (\sqrt{VP/X}) \times 100$

f) Coeficiente de Variação Genotípica: $CVG = (\sqrt{VG/X}) \times 100$

g) Coeficiente de Variação Ambiental: $CVE = (\sqrt{VE/X}) \times 100$

h) Coeficiente de Variação Relativa (Coeficiente “b”) = CVG / CVE

i) Ganho Genético: $GA = i \Delta p h_b^2$, onde i = Intensidade de Seleção (5%) = 2,06 (Constante), Δp = Desvio Padrão da Variância Fenotípica: \sqrt{VP} e h_b^2 = Herdabilidade.

j) $GAM = [(GA/\bar{X}) \times 100]$ - Ganho Genético em porcentagem da média. Tem-se o ganho genético assumindo uma intensidade de seleção de 5% em um ciclo de avaliação.

A estimativa dos parâmetros genéticos e a correlação de Pearson (r) foram calculadas por meio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2006). Aplicou-se o teste de significância de Student (t) nas correlações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Tabela 6.2) mostra que houve efeito significativo dos genótipos para as características produtividade de grãos e produtividade de bixina, demonstração da existência de variabilidade genética na população estudada para essas características, o que é fundamental para a seleção no programa de melhoramento dessa espécie. Pelo fato de que as demais características não apresentaram significância, espera-se que não haja variação genética para elas.

Tabela 6.2 – Análise de variância e estimativa de parâmetros genéticos das características Teor de bixina, Massa de 100 grãos, Produtividade de grãos e produtividade de bixina em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP, selecionados no município de Porto Seguro, BA.

FV	GL	Quadrado Médio			
		Teor de Bixina	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos	Produtividade de Bixina
Tratamentos	3	0,286 ^{ns}	0,112 ^{ns}	142685,189 ^{**}	451,397 ^{**}
Resíduo	80	0,371	0,047	8264,476	27,685
Média		5,33	2,276	295,807	15,863
CV (%)		11,44	9,57	30,73	33,17
Parâmetros Genéticos					
VP		-	-	6794,53	21,50
VG		-	-	6400,99	20,18

VE	-	-	393,55	1,32
CVP (%)	-	-	27,87	29,23
CVG (%)	-	-	27,05	28,32
CVE (%)	-	-	6,71	7,24
h_b^2 (%)	-	-	94,21	93,87
GA	-	-	15996,84	896,50
GAM (%)	-	-	54,08	56,51
CVG/CVE	-	-	4,03	3,91

Varição Fenotípica (VP), Variação Genotípica (VG), Variação Ambiental (VE), Coeficiente de Variação Fenotípica (CVP), Coeficiente de Variação Genética (CVG), Coeficiente de Variação Ambiental (CVE), Herdabilidade (h_b^2), Ganho Genético (GA), Ganho Genético em Percentagem da Média (GAM). **Significativo a 1% pelo teste F, *Significativo a 5% pelo teste F, ^{ns} Não significativo.

A variância fenotípica é formada pela variância genética mais a variância ambiental; os dados mostram que a variância genética foi superior em relação à variância ambiental, na composição da variância fenotípica, para as características estudadas. Esse resultado indica maior influência dos fatores genéticos em relação aos componentes ambientais na expressão dos caracteres (PÚBLIO JÚNIOR e outros, 2018), o que vai facilitar a seleção das características estudadas e é evidenciado pela baixa diferença de valores entre CVP e CVG. Resultados semelhantes foram obtidos por Dias e outros (2017) para outras características de produção, teor de bixina e características morfológicas na cultivar Embrapa 37.

A estimativa de herdabilidade foi significativamente alta para as duas características, com valores superiores a 90%. A herdabilidade tem um lugar importante no melhoramento de árvores, pois fornece um índice do papel relativo

da hereditariedade e do ambiente na expressão de várias características (KALA e outros, 2017). Ainda de acordo com os autores, a seleção baseada em alta herdabilidade será eficaz, e isso oferece a oportunidade de selecionar genótipos com base nessas características.

Segundo Manggoel e outros (2012) e Rashwan (2010), alta herdabilidade com baixos ganhos genéticos indicam o predomínio da ação gênica não aditiva na expressão da característica. Entretanto, neste estudo, as características estudadas apresentaram alta herdabilidade com alto ganho genético, o que sugere o predomínio da ação gênica aditiva na expressão dessas características. Tal resultado indica que devem ser utilizados métodos simples de seleção para obter ganhos em produtividade (PÚBLIO JÚNIOR e outros, 2018).

Os coeficientes de variação fenotípica apresentaram valores ligeiramente superiores aos coeficientes de variação genética. Pouca diferença entre o coeficiente de variação fenotípica e o coeficiente de variação genética, aliada à alta herdabilidade, releva a natureza herdável da variabilidade presente nos genótipos estudados (KALA e outros, 2017).

Os coeficientes de variação ambiental apresentaram valores inferiores a 20%, demonstrando a baixa suscetibilidade dos genótipos aos efeitos do ambiente, para essas características (PÚBLIO JÚNIOR e outros, 2018).

O ganho genético em percentagem da média apresentou valores altos, de acordo com a classificação proposta por Johnson; Robinson; Comstock (1955), com valores superiores a 50%. A alta herdabilidade e ganho genético alto sugerem que a ação gênica para essas características é, predominantemente, do tipo aditiva,

sendo o caráter fortemente influenciado pelo componente genético e, fracamente, pelo fator ambiental. Pode-se, portanto, indicar como método de melhoramento a seleção massal simples e direta com base na performance dos parentais.

Os coeficientes de Variação Relativa (CVG/CVE) apresentaram resultados superiores a 1 (um); isso indica que é favorável à seleção, pois a variação ambiental é menor que a variação genética em relação à média (PÚBLIO JÚNIOR e outros, 2018). Esse resultado mostra que tais características devem ser utilizadas na seleção de plantas pelos programas de melhoramento genético do urucum.

O resultado da correlação linear de Pearson para as variáveis Teor de bixina, Massa de 100 grãos, Produtividade de grãos e produtividade de bixina estão representados na Tabela 6.3. Os resultados demonstram correlação significativa positiva entre a produtividade de bixina e as características Teor de bixina ($r = 0,393^{**}$) e produtividade de grãos ($r = 0,962^{**}$). Essa correlação demonstra que a produtividade de bixina é diretamente proporcional ao teor de bixina nas sementes e à produtividade de grãos.

Tabela 6.3 – Estimativas dos coeficientes de correlação linear de Pearson entre Teor de bixina, Massa de 100 grãos, Produtividade de grãos e produtividade de bixina em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP, selecionados no município de Porto Seguro, BA. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.

Variáveis	Teor de Bixina	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos	Produtividade de Bixina
Teor de Bixina	1,000	-0,243*	0,142 ^{ns}	0,393**
Massa de 100 grãos		1,000	0,161 ^{ns}	0,100 ^{ns}
Produtividade de grãos			1,000	0,962**
Produtividade de Bixina				1,000

**Significativo a 1% pelo teste t, *Significativo a 5% pelo teste t, ^{ns} Não significativo.

Correlação positiva significativa para características de rendimento (produção de bixina total/g de sementes) e produção de sementes também foi verificada por Nisha e Siril (2014).

A massa de 100 grãos apresentou correlação significativa negativa para o teor de bixina, o que indica que sementes com menor massa apresentam maior teor de bixina; provavelmente, em função de as reservas de fotoassimilados serem empregadas na produção de bixina e da menor produção de reservas nas sementes.

Desse modo, a correlação verificada pode indicar que a seleção indireta de plantas com maior teor de bixina e produtividade de grãos poderá ser feita considerando-se a produtividade de bixina por hectare.

De acordo com Nisha e Siril (2014), o estudo de caracteres morfológicos e conteúdo de bixina é frequentemente considerado uma ferramenta útil para determinar a variabilidade genética em urucueiros. Características quantitativas correlacionadas são de grande interesse no programa de melhoramento de

culturas, pois o aprimoramento de um caractere pode causar alterações simultâneas em outros caracteres (DIVAKARA; ALUR; TRIPATI, 2010).

Desde que os genes que governam as características não sejam combinados aleatoriamente, esses podem mostrar alguma correlação. Se a correlação observada for devida a múltiplos efeitos de um mesmo gene, a seleção de uma característica afetará outros caracteres. Portanto, a correlação entre características influencia na eficácia da seleção (DAS e outros, 2010).

4 CONCLUSÕES

Os genótipos avaliados apresentam potencial para a seleção e obtenção de ganhos genéticos adicionais para as características estudadas.

O aumento da produtividade de bixina pode ser obtido por meio da seleção indireta das características teor de bixina e produtividade de grãos.

A massa de 100 grãos é uma característica que deve ser incluída nos critérios de seleção dos programas de melhoramento do urucueiro. No entanto, esse parâmetro pode influenciar de maneira indireta e negativa no teor de bixina, por isso se sugere uma seleção baseada em índices.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Agrostat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Versão 1.0**. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.
- CORLETT, F. M. F.; BARROS, A. C. S. A.; VILLELA, F. A. Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 148-158, 2007.
- CORREA, A. M. *et al.* Estimates of genetics parameters in common bean genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnonology**, v. 3, n. 3, p. 223-230, 2003.
- CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa, UFV, 2005, 394 p.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: Biometria**. Viçosa, UFV, 2006, 382 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Divergência genética. In: CRUZ, C. D.; REGAZZI, J. A.; CARNEIRO, P. C. S. (Ed.). **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. v. 1. p. 377-413.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV, 1997, 130 p.
- DAS, S. *et al.* Genetic variability, character association and path analysis in *Jatropha curcas*. **World Appl Sci J**, v. 8, p. 1304-1308, 2010.
- DIAS, N. O. **Seleção de genótipos da cultivar Embrapa 37 para produtividade e qualidade de urucueiros**. 2016. 90 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.
- DIAS, N. O. *et al.* Morpho-agronomic characterization and estimates of genetic

parameters in annatto plant. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, Apr. - Jun., 2017.

DIVAKARA, B. N.; ALUR, A. S.; TRIPATI, S. Genetic variability and relationship of pod and seed traits in *Pongamia pinnata* (L.) Pierre., a potential agroforestry tree. **Int J Plant Prod**, v. 4, p. 129-141, 2010.

ESPITIA, M. *et al.* Ganancia genética esperada en la selección de acacia (*Acacia mangium* Willd.) en Córdoba (Colombia). **Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica**, Bogotá, v. 13, n. 2, p. 99-107, 2010.

FRANCO, C. F. O. *et al.* **Urucuzeiro: Agronegócio de Corantes Naturais**. João Pessoa: Emepa, 2002. 120p.

JOHNSON, H. W.; ROBINSON, H. F.; COMSTOCK, R. I. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. **Agronomy Journal**, v. 47, p. 314-318, 1955.

KALA, S. *et al.* Studies on Variability, Correlation and Path Analysis Using Important Seed Traits in *Bixa orellana* (L.). **Journal of Tree Sciences**, v. 36, n. 1, p. 93-102, 2017.

LIMA, R. V.; LOPES, J. C.; COELHO, R. I. Germinação de sementes de urucum em diferentes temperaturas e substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1219-1224, 2007.

MANGGOEL, W. *et al.* Genetic variability, correlation and path coefficient analysis of some yield components of ten cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) accessions. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 4, n. 5, p. 80-86, 2012.

MELLO, A. A. A.; LIMA, L. C. F. A situação da cultura do urucum no Brasil e perspectivas. In: SÃO JOSÉ, A. R; REBOUÇAS, T. N. H. **A cultura do urucum no Brasil**, Vitória da Conquista, BA, UESB, 1990. p. 09-19.

MENDES, A. M. da S.; FIGUEIREDO, A. F. de; SILVA, J. F. da. Crescimento e maturação dos frutos e sementes de urucum. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 25-34, 2005.

NISHA, J.; SIRIL, E. A. Evaluation and selection of elite annatto (*Bixa orellana* L.) and identification of RAPD markers associated with yield traits. **Braz. J. Bot.** v. 37, n. 1, p. 1-8, 2014.

NISHA, J.; SIRIL, E. A.; NAIR, G. M. Reproductive characterization and preliminary studies on controlled breeding of Annatto (*Bixa orellana* L.). **Plant Syst Evol**, v. 298, p. 239-250, 2012.

OLIVEIRA, J. S. de. **Caracterização, extração e purificação por cromatografia de compostos de urucum (*Bixa Orellana* L.)**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Curso de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

POLTRONIERI, M. C.; COSTA, M. R. **Método de polinização controlada para urucuzeiro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Belém, PA, 2002. 17p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).

PÚBLIO JÚNIOR, E. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-frade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 806-814, 2018.

RASHWAN, A. Estimates of some genetic parameters using six populations of two cowpea hybrids. **Asian Journal of Crop Science**, v. 2, n. 4, p. 261-266, 2010.

RIVERA-MADRID, R. *et al.* Preliminary studies toward genetic improvement of annatto (*Bixa orellana* L.). **Sientia Horticultuae**, v. 109, n. 2, p. 165-172, 2006.

SANTANA, K. C. da. **Seleção de Genótipos de urucueiros (*Bixa orellana* L.) da Variedade Bico de Pato no Estado da Bahia**. 2006. 63 f. Dissertação

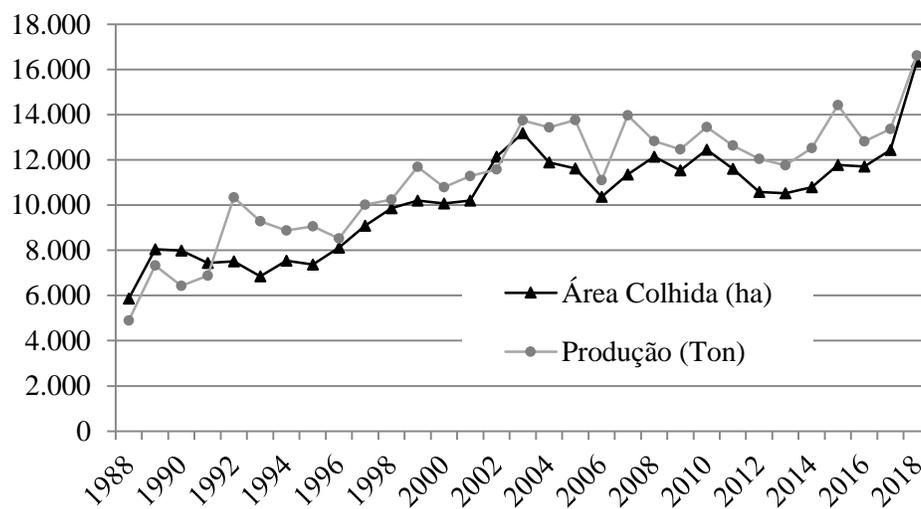
(Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia,
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Características botânicas e de produção a serem avaliadas na pesquisa científica com urucum (*Bixa orellana* L.). **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, v. 1, n. 1, p. 7-10, 1992b.

YABIKU, H. Y.; TAKAHASHI, M. Y. Avaliação dos métodos analíticos para determinação da bixina em grãos de urucum e suas correlações. In: SEMINÁRIO DE CORANTES NATURAIS PARA ALIMENTOS, 2, SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE URUCUM, 1991. **Anais...** Campinas: ITAL, 1991. p. 275-279.

APÊNDICE

APÊNDICE A



Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal (www.ibge.gov.br, 2019).

Figura 1A – Área colhida e produção de urucum no Brasil, no período de 1988 a 2018.

APÊNDICE B

Tabela 1B – Quadrados médios e coeficientes de variação para Altura de planta dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019.

FV	Quadrados Médios							
	59 DAP	154 DAP	284 DAP	383 DAP	497 DAP	656 DAP	840 DAP	
Genótipo (F1)	0,001 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,156 ^{ns}	0,076 ^{ns}	0,048 ^{ns}	0,035 ^{ns}	
Propagação (F2)	0,107 ^{**}	0,147 [*]	0,214 ^{ns}	0,267 [*]	0,350 [*]	0,395 ^{**}	0,375 [*]	
Interação F1 X F2	0,002 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,041 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,014 ^{ns}	
CV (%)	7,39	16,97	18,10	10,50	9,62	8,67	9,73	

^{**}Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo.

Tabela 2B – Quadrados médios e coeficientes de variação para Diâmetro do colo de planta dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019.

FV	Quadrados Médios							
	59 DAP	154 DAP	284 DAP	383DAP	497 DAP	656 DAP	840 DAP	
Genótipo (F1)	0,022 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,046 ^{ns}	41,364 ^{ns}	3,497 ^{ns}	44,947 ^{ns}	58,585 ^{ns}	
Propagação (F2)	0,243 ^{**}	0,888 [*]	1,380 [*]	58,547 ^{ns}	23,514 ^{ns}	6,684 ^{ns}	5,973 ^{ns}	
Interação F1 X F2	0,010 ^{ns}	0,330 ^{ns}	0,171 ^{ns}	15,525 ^{ns}	18,564 ^{ns}	4,603 ^{ns}	29,695 ^{ns}	
CV (%)	10,70	20,05	16,98	11,67	9,00	13,66	11,02	

^{**}Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo.

Tabela 3B – Quadrados médios e coeficientes de variação para Área da copa de plantas dos genótipos A e B de urucueiros, propagados por estacas e sementes. Porto Seguro – BA, 2019.

FV	Quadrados Médios						
	59 DAP	154 DAP	284 DAP	383 DAP	497 DAP	656 DAP	840 DAP
Genótipo (F1)	0,001 ^{ns}	0,023 ^{ns}	1,052 ^{ns}	1,770 [*]	1,320 ^{ns}	2,388 ^{ns}	2,258 ^{ns}
Propagação (F2)	0,009 ^{**}	0,214 ^{**}	1,235 ^{ns}	1,849 [*]	1,957 [*]	3,325 [*]	7,565 [*]
Interação F1 X F2	0,001 ^{ns}	0,072 ^{ns}	1,589 [*]	1,390 ^{ns}	0,380 ^{ns}	0,127 ^{ns}	1,362 ^{ns}
CV (%)	25,74	36,15	31,18	20,86	21,34	16,12	15,28

^{**}Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo.

Tabela 4B – Resultados da comparação de médias para área da copa (m²), provenientes da interação entre genótipos e formas de propagação de urucueiros aos 284 DAP. Porto Seguro – BA, 2019.

Genótipos	Propagação	
	Estaca	Semente
A	1,5520 aB	2,6120 aA
B	1,6560 aA	1,5900 bA

Valores seguidos da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE C

Tabela 1C – Relação entre o comprimento e a largura das cápsulas, em função da propagação de genótipos de urucueiros, aos 350 DAP UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.

Tratamentos	Proporção (%) (Largura/Comprimento)
Estaca A	73 a
Semente A	66 a
Estaca B	66 a

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2C – Relação entre o comprimento e a largura das cápsulas (%), em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 498 e 669 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.

Período	Genótipos		Propagação	
	A	B	Estaca	Semente
498 DAP	73 a	73 a	73 a	72 a
669 DAP	70 a	70 a	70 a	70 a

Valores seguidos da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3C – Quadrados médios e coeficientes de variação das variáveis monocásio por planta, cápsulas/monocásio, nº de sementes p/cápsula, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 350 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2018.

FV	Quadrados Médios									
	Monocásio p/planta	Cápsulas/Monocásio	Nº de Sementes p/cápsulas	Massa de 100 grãos (g)	Teor de Bixina (%)	Produtividade de grãos (kg ha-1)	Produtividade de Bixina (kg ha-1)			
Tratamentos	10,392 ^{ns}	6,457 ^{ns}	36,600 ^{ns}	0,060 ^{ns}	0,632 ^{**}	(2,805) 366,572 ^{ns}	0,815 ^{ns}			
Blocos	14,586 ^{ns}	3,210 ^{ns}	28,267 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,040 ^{ns}	(3,313) 389,206 ^{ns}	0,659 ^{ns}			
Resíduo	23,822	13,350	55,267	0,054	0,051	(6,629) 692,681	1,095			
CV (%)	63,55	46,08	19,98	11,77	5,70	(63,22) 123,11	121,61			

^{**}Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}Não significativo.

Tabela 4C – Quadrados médios e coeficientes de variação das variáveis monocásio por planta, nº de sementes p/cápsula, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiro aos 498 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2018.

FV	GI	Quadrado Médio					
		Monocásio p/planta	Nº de Sementes p/Cápsula	Massa de 100 grãos (g)	Teor de Bixina (%)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Produtividade de Bixina (kg ha ⁻¹)
Genótipo (F1)	1	457,830 *	59,060 ns	0,410 ns	0,030 ns	40998,320 *	91,210 ns
Propagação (F2)	1	24,220 ns	45,090 ns	0,540 ns	0,050 ns	1967,730 ns	6,950 ns
Interação F1 X F2	1	395,250 ns	24,890 ns	0,610 ns	0,010 ns	2837,910 ns	6,150 ns
CV (%)		22,61	14,08	23,45	7,81	47,11	49,45

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}Não significativo,

Tabela 5C - Quadrados médios e coeficientes de variação das variáveis monocásio por planta, cápsulas por monocásio, número de sementes por cápsula, formato da cápsulas, índice de grãos, umidade, massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em função da propagação de genótipos de urucueiros aos 669 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2018.

FV	Quadrado Médio																				
	Monocásio p/planta		Cachopas/ monocásio		Nº de Sementes p/cápsula		Formato da Cachopa		Índice de grãos		Massa de 100 grãos (g)		Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		Produtividade de Bixina (kg ha ⁻¹)		Teor de Bixina (%)				
Genótipo (F1)	(3,545)	257,116	ns	0,373	ns	7,092	ns	2,326	ns	4,656	ns	0,006	ns	(15,682)	4070,375	ns	(1,157)	23,893	ns	0,005	ns
Propagação (F2)	(5,121)	510,959	ns	4,792	ns	12,720	ns	1,557	ns	27,730	ns	0,009	ns	(62,623)	34459,942	ns	(5,629)	235,024	ns	0,181	ns
Interação F1 X F2	(0,415)	7,284	ns	45,331	**	0,062	ns	32,768	ns	1,723	ns	0,192	*	(24,310)	3601,391	ns	(2,224)	29,185	ns	0,403	*
CV (%)	(33,50)	70,82		25,61		6,66		5,68		5,97		6,45		(45,54)	99,38		(46,80)	103,50		6,52	

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}Não significativo.

APÊNDICE D

Tabela 1D - Quadrados médios e coeficientes de variação das variáveis para teor de bixina, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.

FV	Gl	Quadrado Médio			
		Teor de Bixina (%)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Produtividade de Bixina (kg ha ⁻¹) ¹
Tratamentos	3	0,412 ^{ns}	0,114 [*]	34160,450 [*]	(2,052) 117,736 ^{**}
Resíduo	109	0,364	0,037	9692,144	(0,498) 31,537
CV (%)		11,27	8,41	35,31	(18,57) 37,47

^{**}Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}Não significativo.

¹Para análise, os dados foram transformados em (\sqrt{x}).

Tabela 2D – Valores da massa de 100 grãos, teor de bixina, produtividade de grãos e produtividade de bixina, em genótipos F1 de urucueiros aos 450 DAP em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista – BA, 2019.

Identificação	Genitores	Massa de 100 grãos (g)	Teor de Bixina (%)	Produtividade (Kg/ha)	Produtividade de Bixina (Kg/ha)
1	AxA	2,33	4,8	302,23	14,60
2	AxA	2,13	4,4	128,14	5,69
3	AxA	2,44	4,5	122,82	5,55
4	AxA	2,49	4,8	143,88	6,95
5	AxA	1,91	4,4	183,43	8,14
6	AxA	2,42	4,3	300,89	12,94
7	AxA	1,66	5,6	146,38	8,21
8	AxA	2,26	5,2	345,56	17,92

9	AxA	2,02	4,8	152,99	7,27
10	AxA	2,22	6,2	375,00	23,40
11	AxA	2,37	5,7	271,43	15,53
12	AxA	2,41	5,7	462,91	26,48
13	AxA	2,29	5,3	341,26	18,02
14	AxA	2,52	4,9	102,64	5,04
15	AxA	2,39	5,3	178,59	9,43
16	AxA	2,10	6,2	165,81	10,35
17	AxA	2,45	4,8	358,46	17,03
18	AxA	2,20	6,0	364,83	21,78
19	AxB	2,39	4,0	285,70	11,54
20	AxB	2,45	6,2	227,85	14,22
21	AxB	2,14	5,2	354,37	18,37
22	AxB	2,45	4,0	280,36	11,33
23	AxB	2,24	5,0	167,95	8,40
24	AxB	2,51	4,8	346,76	16,47
25	AxB	2,28	6,2	333,98	20,84
26	AxB	2,13	5,6	280,30	15,71
27	AxB	2,48	5,1	234,21	11,92
28	AxB	2,30	5,7	226,97	12,98
29	AxB	2,46	4,9	351,71	17,27
30	AxB	2,15	6,0	288,52	17,22
31	AxB	2,12	6,0	188,77	11,27
32	AxB	2,22	5,6	150,67	8,45
33	AxB	2,48	5,7	242,19	13,85
34	AxB	2,58	6,2	407,03	25,40
35	AxB	2,61	5,5	263,55	14,47
36	AxB	2,57	5,7	416,78	23,84
37	AxB	2,28	6,0	366,76	21,90
38	AxB	2,47	5,0	213,37	10,67
39	AxB	2,08	5,1	320,93	16,34
40	AxB	2,44	5,3	267,83	14,14
41	AxB	2,32	5,3	163,23	8,62
42	AxB	2,34	4,7	527,90	24,65
43	AxB	2,36	6,2	393,64	24,56
44	AxB	2,19	5,7	303,84	17,38
45	AxB	2,00	5,5	259,94	14,27

46	AxB	2,23	4,8	453,07	21,52
47	AxB	2,65	4,4	238,12	10,41
48	BxA	2,45	5,6	202,42	11,35
49	BxA	2,75	6,2	151,36	9,44
50	BxA	2,20	4,9	383,66	18,84
51	BxA	2,30	6,0	236,02	14,09
52	BxA	2,22	5,7	246,86	14,12
53	BxA	2,42	4,2	249,80	10,42
54	BxA	2,33	4,9	161,55	7,95
55	BxA	2,42	5,6	180,15	10,10
56	BxA	2,50	5,5	404,39	22,20
57	BxA	2,43	5,2	565,77	29,34
58	BxA	2,73	5,7	217,94	12,47
59	BxA	2,14	6,1	130,12	7,94
60	BxA	2,33	5,3	260,45	13,75
61	BxA	2,42	5,1	472,18	24,03
62	BxA	2,13	3,6	240,70	8,77
63	BxA	2,27	4,8	274,30	13,03
64	BxA	2,60	4,4	344,33	15,29
65	BxA	2,26	5,5	312,68	17,17
66	BxA	2,26	5,7	585,42	33,49
67	BxA	2,16	5,3	179,38	9,47
68	BxA	2,41	5,5	214,59	11,78
69	BxA	2,48	6,0	358,27	21,39
70	BxA	2,31	6,5	285,72	18,69
71	BxA	2,59	5,1	335,26	17,06
72	BxA	2,27	6,5	319,48	20,89
73	BxA	2,47	5,1	416,33	21,19
74	BxA	2,09	5,3	245,18	12,95
75	BxA	2,61	5,7	394,06	22,54
76	BxA	2,26	6,0	319,52	19,08
77	BxA	2,17	6,2	210,47	13,13
78	BxA	2,57	5,5	267,59	14,69
79	BxA	2,44	5,0	312,78	15,64
80	BxA	2,08	5,5	626,99	34,42
81	BxA	2,45	4,8	214,22	10,18
82	BxA	1,88	6,2	332,55	20,75

83	BxA	2,13	5,4	300,48	16,18
84	BxA	2,23	5,7	238,19	13,62
85	BxA	2,42	5,7	344,79	19,72
86	BxA	2,26	5,7	196,79	11,26
87	BxA	2,24	5,7	230,06	13,16
88	BxA	2,19	5,3	274,25	14,48
89	BxA	2,21	5,2	482,95	25,04
90	BxA	2,01	4,9	344,05	16,89
91	BxA	2,17	6,5	329,88	21,57
92	BxB	2,10	5,7	236,33	13,52
93	BxB	2,34	4,9	168,48	8,27
94	BxB	2,31	4,9	186,30	9,15
95	BxB	2,17	5,3	168,62	8,90
96	BxB	2,10	5,6	191,12	10,72
97	BxB	2,44	5,1	207,53	10,56
98	BxB	2,44	4,9	167,49	8,22
99	BxB	1,78	6,2	314,66	19,63
100	BxB	2,27	4,0	205,47	8,18
101	BxB	2,31	6,2	283,26	17,68
102	BxB	2,53	4,9	172,06	8,45
103	BxB	2,29	5,1	230,49	11,73
104	BxB	2,13	5,7	242,93	13,90
105	BxB	2,37	5,3	255,03	13,47
106	BxB	2,23	5,1	293,29	14,93
107	BxB	2,08	5,6	176,89	9,92
108	BxB	2,12	4,9	271,69	13,34
109	BxB	2,16	4,9	266,75	13,10
110	BxB	2,20	6,0	228,48	13,64
111	BxB	1,66	5,5	209,56	11,50
112	BxB	2,14	4,9	390,47	19,17
113	BxB	2,15	5,7	240,66	13,77

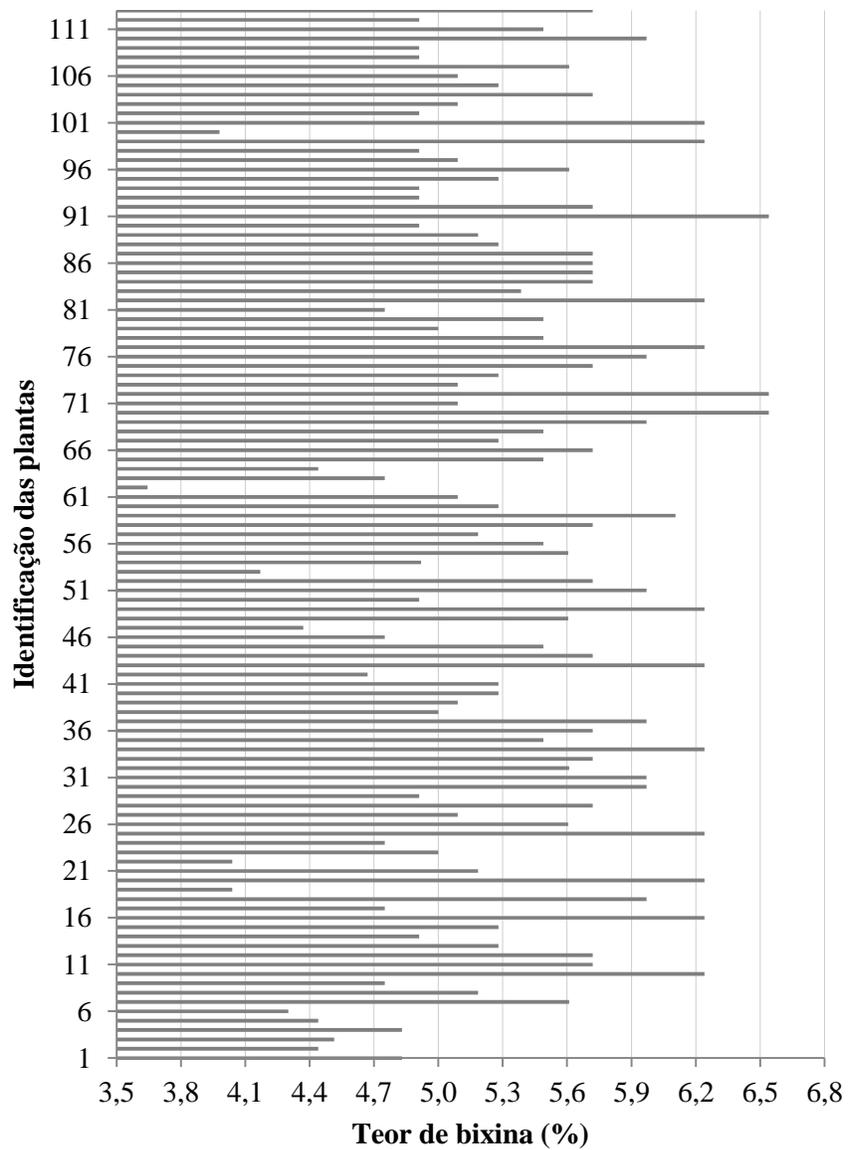


Figura 1D – Teor de bixina em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.

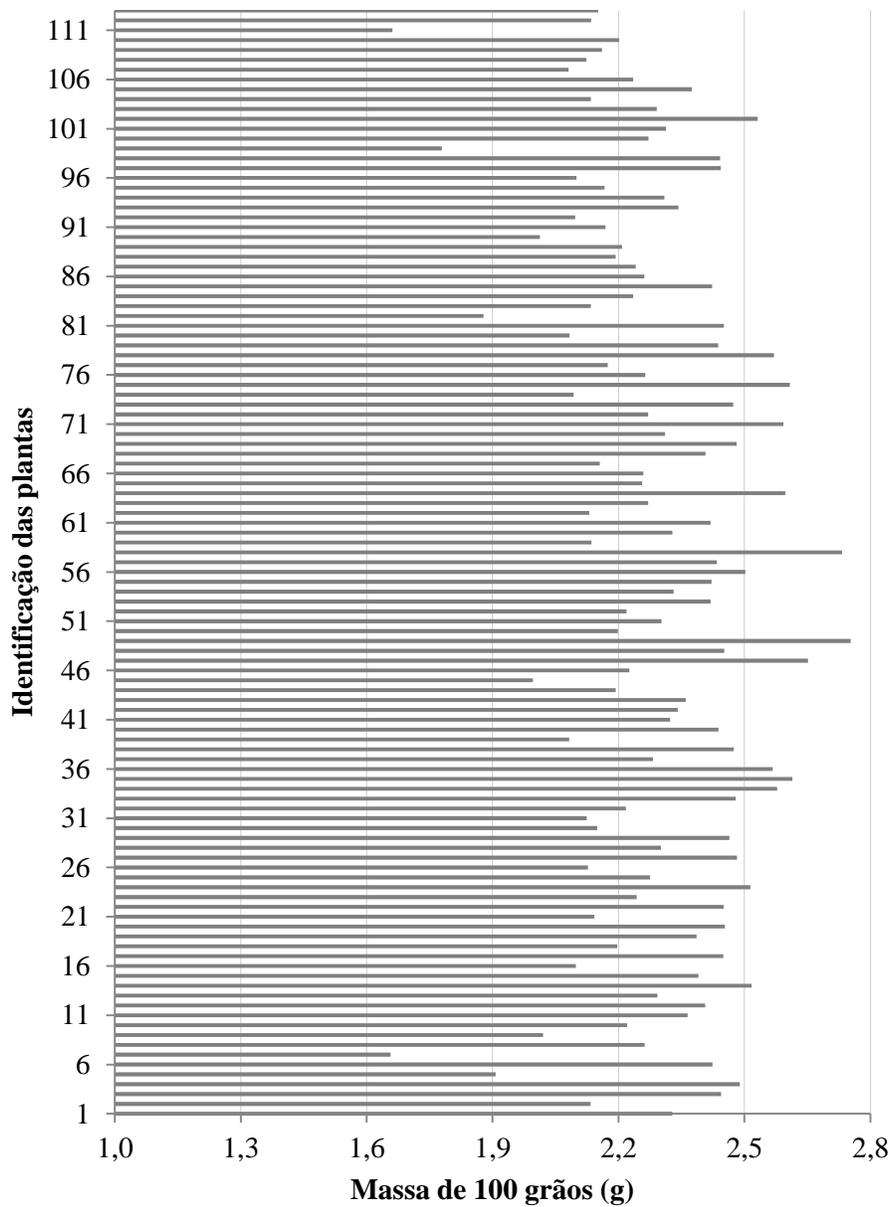


Figura 2D – Massa de 100 grãos em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.

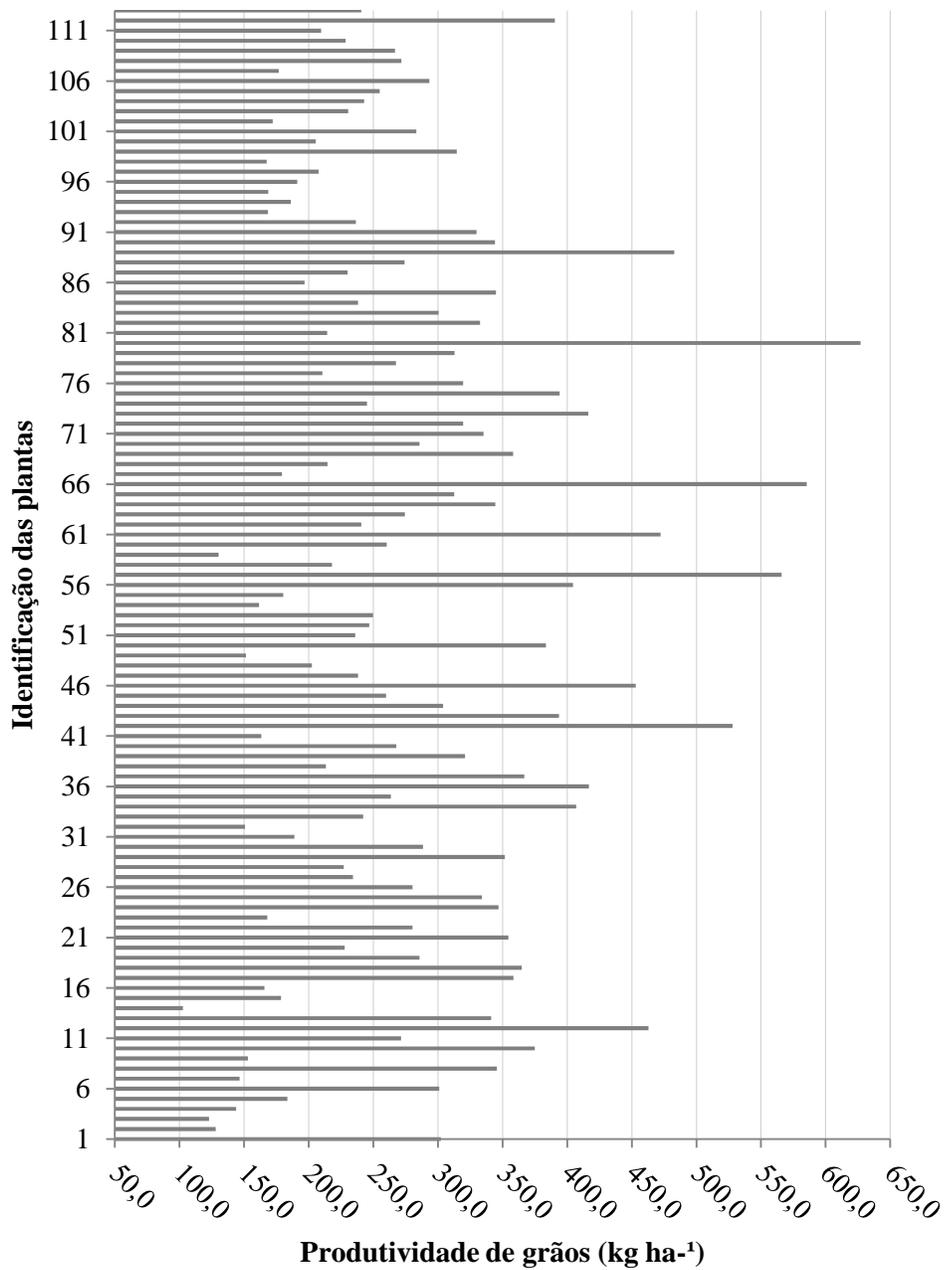


Figura 3D – Produtividade de grãos em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.

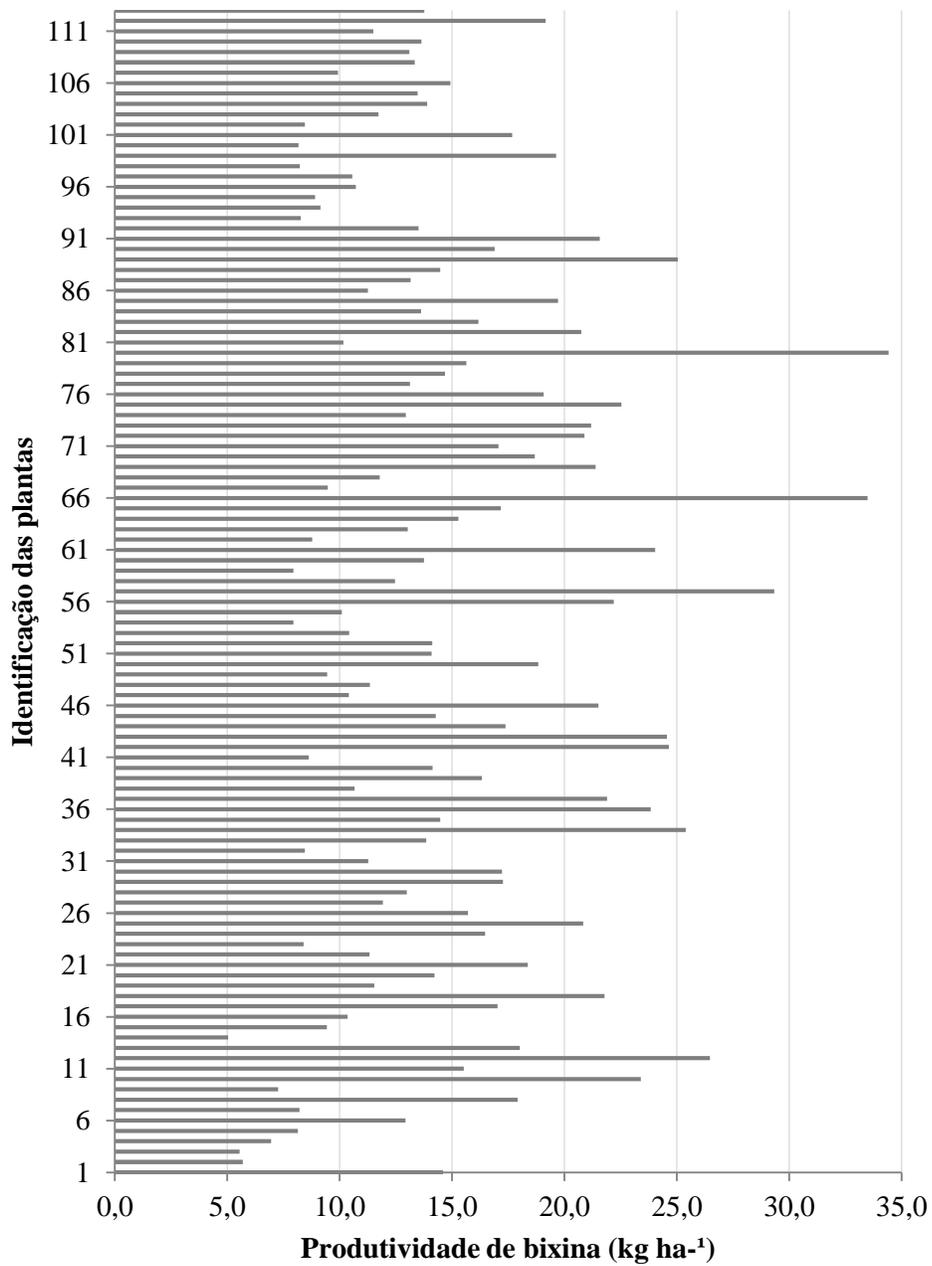


Figura 4D – Produtividade de bixina em genótipos F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.

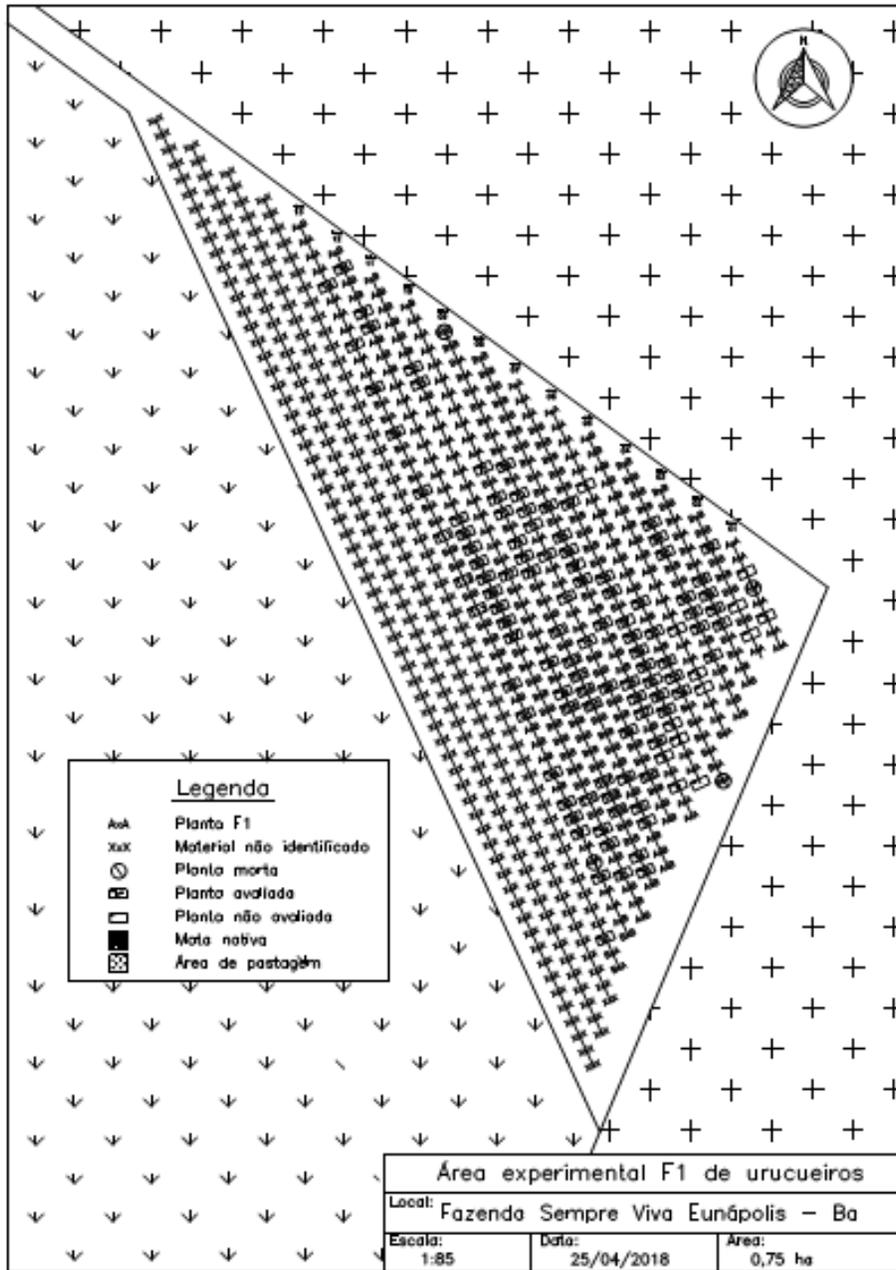
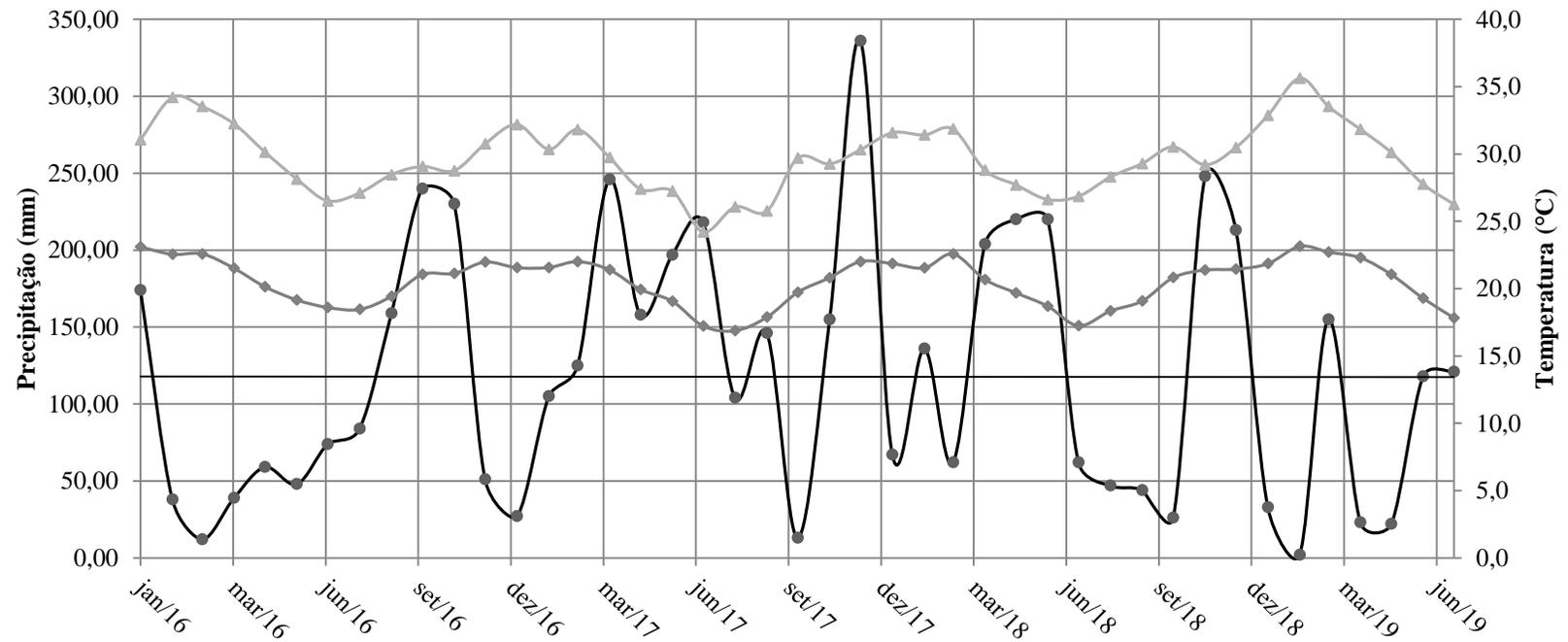


Figura 5D – Croqui do plantio das mudas F1 de urucueiros em Porto Seguro – BA. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.

APÊNDICE E



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

Figura 1E – Médias mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima no município de Porto Seguro – BA, no período de junho/2016 a julho/2019. UESB, Vitória da Conquista - BA, 2019.

ANEXO

Tabela 1A – Características morfológicas e de produção de plantas de urucueiro (*Bixa orellana* L.) da cultivar Embrapa 37 com 4 anos de idade, selecionadas no município de Porto Seguro, BA. Vitória da Conquista, BA, 2019.

Características	Genótipos	
	A	B
Comprimento (mm)	52,989	46,731
Largura (mm)	35,324	35,493
Formato	Lanceolada	Oval
Monocásio p/planta	272,0	260,0
Cápsulas/Monocásio	21,38	18,75
Nº de Sementes p/Cápsula	40,8	40,6
Massa de 100 grãos (g)	2,695	2,595
Massa de grãos p/planta (kg)	4,75	4,75
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	2649,4	2644,0
Teor de Bixina (%)	4,8	4,7
Produtividade de bixina p/Planta (g)	229,1	223,6
Produtividade de Bixina (kg ha ⁻¹)	127,0	124,0

Fonte: Dias (2016)