

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE URUCUM (*Bixa orellana* L.) POR MEIO DA
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE FRUTOS, PRODUTIVIDADE DE SEMENTES E
TEOR DE BIXINA**

**EVALUATION OF ANNATTO (*Bixa orellana* L.) GENOTYPES THROUGH THE MORPHOLOGICAL
CHARACTERISTICS OF FRUITS, SEEDS PRODUCTIVITY AND BIXIN CONTENT**

Nilton César Mantovani¹ Magali Ferrari Grando² Aloisio Xavier³ Wagner Campos Otoni⁴

RESUMO

Bixa orellana L. (urucum) é considerada uma fonte importante de corantes naturais para as indústrias alimentícia, farmacêutica e têxtil, sendo o Brasil um dos maiores produtores e exportadores do corante extraído das sementes desta planta. O objetivo deste trabalho foi a caracterização morfológica de frutos, a avaliação da produtividade de sementes e do teor do carotenoide bixina presente nas sementes recém-colhidas e armazenadas por períodos de 30, 60, 90 e 120 dias, realizada em 10 genótipos de urucum, a fim de fornecer subsídios para a seleção de genótipos superiores para estas características. Houve variação em todas as características avaliadas entre os 10 genótipos. Os frutos, de todos os genótipos, são recobertos por cerdas ou pêlos, apresentam coloração avermelhada, verde, amarela ou vermelha e duas formas básicas, oval ou lanceolada. Os frutos apresentaram comprimentos médios que variaram entre 3,1 a 4,8 cm e larguras entre 2,4 a 3,1 cm. O número médio de sementes por fruto variou de 41,5 a 50,6. A massa de 100 sementes variou de 1,1 a 2,24 g. Houve significativa diferença na concentração de bixina entre os genótipos, sendo possível identificar genótipos com altos níveis deste carotenoide (5,05 %), superior aos já relatados por outros estudos. O teor de bixina decresceu com o aumento no período de armazenamento das sementes.

Palavras-chave: corantes naturais; carotenoides; variabilidade fenotípica.

ABSTRACT

Bixa orellana L. (annatto) is considered an important source of natural colorants for food, pharmaceutical and textile industries and Brazil is one of the largest producers and exporters of this natural dye extracted from this plant. The morphological characterization of fruits, evaluation of seed productivity and the content of carotenoid bixin present in freshly harvested and stored seeds for periods of 30, 60, 90 and 120 days, were performed on 10 genotypes of annatto to provide subsidies for the selection of superior genotypes for these characteristics. There were variations in all evaluated characteristics between the 10 genotypes. The fruit of all genotypes are covered with bristles or hairs, have reddish, green, yellow or red color, and two basic forms, oval or lanceolate. The fruits had average lengths ranging from 3.1 to 4.8 cm, and widths between 2.4 to 3.1 cm. The average number of seeds per fruit ranged from 41.5 to 50.6. The mass of 100 seeds varied from 1.1 to 2.24 g. There was significant difference in the concentration of bixin among genotypes, being possible to identify genotypes with high levels of bixin carotenoid (5.05 %), superior to those already reported by other studies. The content of bixin decreased with the increase in the period of storage of seeds.

Keywords: natural colorants; carotenoids; phenotypic variability.

1. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Centro de Educação Superior Norte Rio Grande do Sul (CESNORS), Linha Sete de Setembro, BR 386, Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). mantovani.nilton@gmail.com
2. Bióloga, Ph.D, Universidade de Passo Fundo (UPF), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Laboratório de Biotecnologia Vegetal, Campus Universitário São José, 99010-970 Passo Fundo, (RS). magali@upf.br
3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Av. P.H. Rolfs s/n, 36570-000 Viçosa (MG). xavier@ufv.br
4. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Departamento de Biologia Vegetal, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n, Campus Universitário, 36570-000 Viçosa (MG). wotoni@ufv.br

Recebido para publicação em 29/09/2010 e aceito em 3/04/2012

INTRODUÇÃO

Bixa orellana L. é uma planta lenhosa da família Bixaceae, originária da América Tropical (JOLY, 2002) e nativa das florestas Amazônica e Atlântica, conhecida no Brasil como urucum, urucu, açafoa, entre outros (MARCHIORI, 2000). As sementes são revestidas externamente por pigmentos avermelhados, constituídos principalmente pelos carotenoides bixina e norbixina (MERCADANTE e PFANDER, 1998; JAKO et al., 2002; KIOKIAS e GORDON, 2003; SOARES et al., 2011), amplamente empregados pelas indústrias alimentícias, farmacêuticas e têxteis (LAURO, 1991; BOUVIER et al., 2003; COSTA et al., 2008).

Desde que as indústrias passaram a substituir os corantes sintéticos pelos naturais, o Brasil se tornou um dos países com maior produção e exportação de sementes e, principalmente, de corantes a base dos pigmentos extraídos das sementes de urucum (MERCADANTE et al., 1997). Em consequência, houve substancial aumento das áreas de cultivo em diferentes regiões do país, principalmente em estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (IBGE, 2007). Com isso, aumentaram também as pesquisas relacionadas com o manejo dos plantios, colheita e pós-colheita.

Os plantios de urucum são estabelecidos, na grande maioria, a partir de plantas propagadas por sementes (SÃO JOSÉ et al., 1999a). Estas plantas, no entanto, apresentam amplas variações na cor, forma e tamanho dos frutos, na produtividade de sementes, no teor de bixina e na tolerância às pragas e doenças. Estas variações são atribuídas à predominância de polinização cruzada entre indivíduos, aos genótipos e às condições de cultivo (REBOUÇAS e SÃO JOSÉ, 1996).

Estudos sobre caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes fazem parte de programas de melhoramento de espécies perenes. Relatos sobre a germinação e vigor de sementes de urucum (LOPES et al., 2008), bem como do potencial fisiológico das sementes (TORRES e BEZERRA NETO, 2009) e da constituição química de cultivares do urucum (OLIVEIRA et al., 1999) têm contribuído para um maior conhecimento da espécie e fornecido informações para a utilização de sementes de alta qualidade para a elevação da produtividade desta cultura. Recentemente foi proposta uma metodologia para polinização artificial, visando ao melhoramento genético do

urucum, em que foram observadas diferenças significativas nos conteúdos de carotenoides totais e bixina em sementes maduras das variantes estudadas (RIVERA-MADRID et al., 2006).

Plantios clonais de alta produtividade representam uma alternativa viável aos de origem seminal e, podem ser estabelecidos mediante a propagação vegetativa de genótipos superiores de urucum, selecionados principalmente para uma combinação de produtividade de sementes e conteúdo de pigmentos e, para tanto, a avaliação destas características é de fundamental importância. Pesquisas centradas na busca por alta produtividade de frutos por planta, sementes por fruto e altos teores de bixina nas sementes possibilitaria a sustentabilidade do agronegócio do urucueiro e um bom retorno para o agricultor.

Este trabalho teve como objetivos a avaliação de dez genótipos de urucum, por meio da caracterização morfológica dos frutos, da produção de sementes por fruto e do teor de bixina contido nas sementes, recém colhidas e armazenadas, a fim de fornecer subsídios para a seleção de genótipos superiores quanto a estas características.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

Foram avaliados dez genótipos de urucum, denominados de 1 a 10, com aproximadamente 12 anos de idade, cultivadas no Horto da Universidade Federal de Viçosa – UFV, MG. As plantas foram produzidas a partir de sementes obtidas do cruzamento artificial entre as variedades “Fruto verde piloso” e “Fruto vermelho liso” (PINHEIRO e ALMEIDA, 1992).

Avaliou-se a morfologia dos frutos (cápsulas), a produção de sementes por fruto, a massa de 100 sementes e o teor de bixina contido nas sementes recém-colhidas ou armazenadas.

Caracterização morfológica dos frutos e avaliação da produção de sementes

Foram coletados, aleatoriamente, frutos maduros de cada um dos dez genótipos de urucum. As características avaliadas foram: coloração dos frutos (vermelho, avermelhado, amarelado ou verde); presença ou ausência de pêlos; comprimento e largura dos frutos (medida com paquímetro no maior diâmetro, em centímetros), determinação da forma dos frutos em função da relação entre o comprimento e a largura (oval= largura igual ou

superior a 70 % do comprimento; lanceolada= largura inferior a 70 % do comprimento); número de sementes por fruto e peso de 100 sementes.

Nas avaliações foram utilizadas cinco repetições por tratamento, sendo cada tratamento um genótipo, com 10 frutos por repetição, totalizando 50 frutos por tratamento. O peso de 100 sementes foi determinado após as avaliações morfológicas. Procedeu-se a secagem dos frutos em estufa a 40 °C até peso constante, extração das sementes, homogeneização do lote de sementes de cada genótipo, preparo das amostras de 100 sementes e pesagem das amostras.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado e repetidos uma vez. Os dados foram coletados em dois anos subsequentes, sendo que para efeito de cálculo, utilizaram-se as médias dos dois anos.

Avaliação do teor de bixina em sementes

Lotes de sementes, extraídas de 20 frutos maduros coletados em diferentes posições da copa de cada um dos 10 genótipos, foram colocados em estufa a 40 °C, até atingirem cerca de 10 % de umidade. Dos lotes de sementes foram retiradas amostras para extração dos pigmentos e conduzida a análise do teor de bixina nas sementes, sem terem sido armazenadas ou armazenadas por diferentes períodos de tempo.

O teor de bixina nas sementes de urucum foi determinado empregando-se a metodologia descrita por Stringheta et al. (1999), que constituiu na extração dos pigmentos das amostras de sementes com solução de KOH (hidróxido de potássio 45 %) e óleo de mamona. A quantificação foi feita mediante leitura de absorbância em espectrofotômetro ($\lambda = 480$ nm), com conversão dos valores em porcentagem de bixina pelo fator de correção 6,97 (% de bixina = absorbância X 6,97).

Para a determinação do teor de bixina nas sementes não armazenadas, dos 10 genótipos, foram utilizadas três repetições (três amostras de 25 g de sementes) por tratamento, sendo cada tratamento um genótipo. Para a análise da influência do período de armazenamento sobre a degradação da bixina, sementes do genótipo 6 (escolhido ao acaso), foram armazenadas em envelopes de papel pardo, em ambiente controlado a 10 % de umidade (URA), temperatura média de 22 °C e na ausência de luz. Foram utilizadas três repetições (três amostras de 25 g de sementes) para cada tratamento, sendo que cada tratamento consistiu de um pe-

ríodo de armazenamento de 30, 60, 90 e 120 dias nas condições descritas acima.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado e repetidos uma vez. Os dados foram coletados em dois anos subsequentes, sendo que para efeito de cálculo, utilizaram-se as médias dos dois anos.

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas através da análise da variância. Foi aplicada uma regressão para os dados quantitativos e o teste de Tukey, a 5 % de probabilidade, para a comparação das médias dos tratamentos qualitativos, utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, UFV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização morfológica dos frutos e produção de sementes

Os dez genótipos avaliados produzem frutos simples, secos, indeiscentes, capsulares, loculicidas, bivalvares, polispérmicos uniloculares e contêm sementes avermelhadas, características marcantes da espécie, conforme também descrito por Marchiori (2000) e Joly (2002). Para a cultivar Bico-de-pato, Franco et al. (2002) observaram que os frutos apresentam deiscência.

Houve variação significativa ($p = 0,0001$) no comprimento e na largura dos frutos dos dez genótipos. O genótipo 10 apresentou frutos com comprimento médio de 4,8 cm, enquanto que os frutos do genótipo 3 apresentaram, em média, 3,1 cm de comprimento. As larguras destes frutos variaram, em média, de 2,4 cm a 3,1 cm nos genótipos 7 e 2, respectivamente (Tabela 1). Do exposto, observa-se que existem variações entre os genótipos avaliados quanto à morfologia dos frutos.

Os genótipos 1, 2, 3, 4 e 5 apresentaram frutos de forma oval, enquanto que os frutos dos genótipos 6 a 10 apresentaram forma lanceolada (Tabela 2). Quanto à cor, os frutos foram classificados como avermelhados, verdes, amarelados ou vermelhos (Tabela 2). Os frutos de todos os genótipos, independentemente da cor, são recobertos por cerdas ou pêlos, diferindo do seu genitor masculino, descrito por Pinheiro e Almeida (1992), como sendo liso (Fruto vermelho liso), o que sugere que esta característica seja uma herança monogênica e dominante.

Com base nas avaliações de cor e forma dos frutos, os dez genótipos de urucum foram reunidos e categorizados em quatro grupos (Tabela 2).

Características morfológicas dos frutos têm sido descritas em diferentes relatos que visam à identificação de variedades, avaliação da produtividade e à seleção de genótipos para a implantação de programas de melhoramento genético do urucum (PINHEIRO e ALMEIDA, 1992). Estudos com diferentes genótipos nacionais relatam a existência de amplas variações, principalmente no que se refere à cor, forma e presença de pêlos

nos frutos. Estes genótipos são classificados em função destas características, como Piave vermelha, Bico-de-pato, Verde amarelo, dentre outros, ou ainda, classificados pelo número de acesso que recebem nos bancos de germoplasma em que são depositados (SÃO JOSÉ et al., 1999b).

Além destas variações observadas na forma e cor dos frutos, que caracterizam os diferentes tipos cultivados de urucum, os relatos encontrados na literatura destacam ainda uma grande variação na produtividade de sementes e nos teores de pigmentos encontrados nestas sementes, independentemente da cor, forma ou pilosidade dos frutos.

Outras características avaliadas nos dez genótipos estudados também apresentaram variações. O número médio de sementes por fruto variou ($p = 0,0001$) de 41,5, no genótipo 1 a 50,6, no genótipo 7 (Tabela 3). Pinheiro e Almeida (1992), ao avaliarem esta mesma característica nos genitores destes dez genótipos, identificaram que o feminino (Fruto verde piloso) produziu, em média, 56,7 sementes por fruto e o genitor masculino (Fruto vermelho liso), 48 sementes por fruto, em média.

TABELA 1: Comprimento e largura médios de frutos de 10 genótipos de urucum (*Bixa orellana* L.).

TABLE 1: Average length and width of the fruits of 10 genotypes of annatto (*Bixa orellana* L.).

Genótipos	Comprimento dos frutos (cm)	Largura dos frutos (cm)
1	3,7 ± 0,30 cd	2,9 ± 0,14 abc
2	3,8 ± 0,22 c	3,1 ± 0,18 a
3	3,1 ± 0,32 d	2,6 ± 0,14 bcd
4	3,6 ± 0,29 cd	2,8 ± 0,26 abcd
5	3,8 ± 0,32 c	3,0 ± 0,10 ab
6	4,7 ± 0,22 ab	2,7 ± 0,18 abcd
7	4,1 ± 0,32 bc	2,4 ± 0,22 d
8	4,5 ± 0,29 ab	2,5 ± 0,16 cd
9	4,6 ± 0,32 ab	2,9 ± 0,22 abc
10	4,8 ± 0,18 a	2,8 ± 0,18 abcd

Em que: Médias ± desvio padrão de cinco repetições de 10 frutos; Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

TABELA 2: Grupos de genótipos de urucum (*Bixa orellana* L.), conforme a cor e forma dos frutos.

TABLE 2: Groups of annatto genotypes (*Bixa orellana* L.), as dictated by color and fruit shape.

Grupo	Cor do fruto	Forma do fruto	Genótipos
I	Avermelhada	Oval	1 – 2 – 3 – 4 – 5
II	Verde	Lanceolada	6
III	Amarelada	Lanceolada	7 – 8 – 9
IV	Vermelha	Lanceolada	10

TABELA 3: Número médio de sementes por fruto e massa de 100 sementes de 10 genótipos de urucum (*Bixa orellana* L.).

TABLE 3: Average number of seeds per fruit and mass of 100 seeds of 10 genotypes of annatto (*Bixa orellana* L.).

Genótipos	Sementes por fruto (Nº)	Massa de 100 sementes (g)
1	41,5± 1,88 b	1,35± 0,20 bcd
2	45,6± 2,55 ab	2,24± 0,40 a
3	46,3± 1,57 ab	1,15± 0,44 cd
4	44,9± 1,11 ab	1,10± 0,09 d
5	44,9± 4,70 ab	1,35± 0,19 bcd
6	49,7± 2,05 a	1,75± 0,07 abcd
7	50,6± 1,53 a	1,98± 0,22 ab
8	48,2± 2,10 a	1,80± 0,52 abc
9	49,2± 3,00 a	1,66± 0,02 abcd
10	41,7± 3,53 b	1,64± 0,11 abcd

Em que: Médias ± desvio padrão de 5 repetições de 10 frutos; Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Neste trabalho, destacam-se os genótipos 6, 7, 8 e 9 como os mais produtivos, quando comparados ao genitor masculino. No entanto, todos os genótipos apresentaram maior número de sementes por fruto que a média de 40,7 relatada para diferentes genótipos avaliados em ensaio no estado da Bahia (SÃO JOSÉ et al., 1999b). Os resultados obtidos no presente estudo trazem boas perspectivas sob o ponto de vista de ganhos com a seleção. Isso porque a alta produtividade de sementes por fruto é de fundamental importância no cultivo de urucum, pois reflete na maior produtividade por planta e, consequentemente, por área cultivada, sendo uma das características de maior interesse nos programas de melhoramento genético da espécie.

O número de sementes por fruto é uma característica determinada geneticamente. No entanto, condições adequadas de cultivo, especialmente no que se refere à disponibilidade hídrica e aos tratamentos culturais adotados como adubação, por exemplo, podem, segundo Rebouças e São José (1996), afetar a produtividade de sementes nos plantios de urucum.

Houve variação também na massa de 100 sementes ($p = 0,00004$), de 1,1 g no genótipo 4 a 2,24 g no genótipo 2 (Tabela 3). As médias nas massas de 100 sementes dos genótipos 2, 6, 7, 8, 9 e 10 não apresentaram diferenças significativas entre si, porém, foram superiores às demais (Tabela 3). Desta forma, foi possível selecionar entre os dez genótipos estudados, aqueles que produzem maior massa de sementes. 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 em maior retorno financeiro ao produtor.

Avaliação do teor de bixina em sementes

Os teores médios de bixina, presentes nas sementes dos 10 genótipos de urucum (Figura 1), variam ($p = 0,0001$), de 3,7 % (genótipo 10 – Fruto vermelho) a 5,05 % (genótipo 6 – Fruto verde).

As médias dos genótipos 1, 2, 4, 5, 6 e 7 não apresentaram diferenças significativas entre si e foram superiores às demais (Figura 1). Esses genótipos apresentam teores de bixina superiores à média relatada para diferentes cultivares nacionais. São José et al. (1999b) identificaram, entre 30 acessos de urucum, de um banco de germoplasma no estado da Bahia, teores de bixina que variaram de 0,96 % a 4,44 %. Franco et al. (2002), ao analisarem também

cultivares nacionais, relataram teores de bixina que variaram de 1,7 % a 4 %. Nesses estudos, os autores também empregaram o método do hidróxido de potássio para a extração dos pigmentos das amostras de sementes.

Os constituintes químicos de dois híbridos de urucum, também denominados de “Fruto verde piloso” e “Fruto vermelho”, foram analisados por Oliveira et al. (1999). Foram identificados teores de bixina de 3,1 % e 4,8 %, respectivamente. No entanto, os autores utilizaram o hidróxido de sódio a 0,01N como solução extratora de pigmentos. Pode haver diferenças no conteúdo de pigmento em sementes de urucum quando são utilizadas diferentes soluções extratoras. Tradicionalmente, os pigmentos das sementes de urucum são quantificados em conjunto, por meio de métodos espectrofotométricos após a extração com solvente apropriado (WILBERG e RODRIGUEZ-AMOYA, 1992). Existem vários métodos para extração desses pigmentos, cada um com suas especificidades em relação à solução extratora e à temperatura de extração. Segundo Povea (1992), o KOH é um dos melhores extratores, pois proporciona cerca de 98 % de eficiência na extração dos pigmentos das sementes de urucum, sendo um dos solventes mais compatíveis com a posterior utilização do corante como aditivo em alimentos industrializados e na própria proteção do pigmento contra degradação.

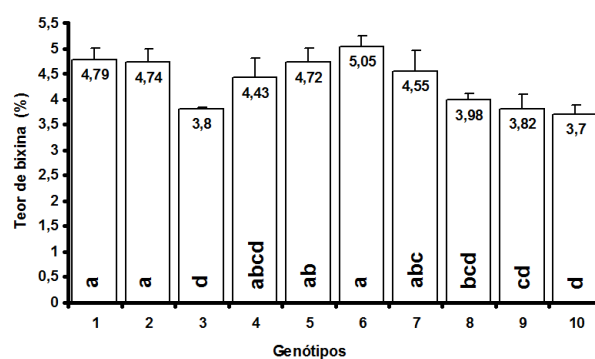


FIGURA 1: Teor de bixina em sementes de 10 genótipos de urucum (*Bixa orellana* L.). Médias acompanhadas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Barras verticais indicam desvios das médias.

FIGURE 1: Bixin content in seeds of 10 genotypes of annatto (*Bixa orellana* L.). Averages followed by the same letter do not differ by Tukey test ($P \leq 0.05$). Vertical bars indicate mean deviations.

Para os quatro grupos de genótipos identificados, as médias dos teores de bixina foram de 4,49 % (Grupo I - Fruto avermelhado), 5,05 % (Grupo II - Fruto verde), 4,11 % (Grupo III - Fruto amarelado) e 3,7 % (Grupo IV - Fruto vermelho). Não existem relatos disponíveis sobre o teor de bixina em sementes dos genitores dos dez genótipos estudados, não sendo possível, portanto, estabelecer comparações entre eles.

Desta forma, foi possível neste trabalho, selecionar entre os dez genótipos estudados, aqueles que produzem sementes com os maiores teores de bixina. Esta é uma das características mais valorizadas do ponto de vista do melhoramento genético da espécie, pois avanços consideráveis têm sido alcançados quando cruzamentos são dirigidos entre indivíduos que expressam superioridade na produtividade de sementes e alto conteúdo de bixina (SÃO JOSÉ et al., 1999a).

Não há relato da existência de 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. No entanto, o teor de pigmentos nas sementes independe das características anteriores, visto que para a extração dos pigmentos são utilizadas amostras de sementes com massa determinada. Como verificado neste trabalho, genótipos com as mais altas produtividades de sementes não apresentaram necessariamente as maiores massas de sementes ou os mais elevados teores de bixina.

O armazenamento das sementes de urucum teve influência na degradação da bixina, alterando, desta forma, o seu teor final no produto extraído. Assim, o teor de bixina decresceu com o aumento no período de armazenamento das sementes (Figura 2). A análise das sementes, armazenadas por 120 dias, mostra que houve uma redução de aproximadamente 23 % do conteúdo de bixina, quando comparadas às sementes recém-colhidas. A taxa de degradação dos pigmentos foi variável entre os tempos de armazenamento.

A estabilidade dos corantes naturais pode ser afetada pela luz e pelo oxigênio, como demonstrado em ensaios com extratos de urucum (PIMENTEL e STRINGHETA, 1999). Porém, em sementes intactas, a temperatura elevada parece ser o fator mais importante de degradação dos pigmentos (PONTE et al., 1999). Como todas as amostras de sementes permaneceram nas mesmas condições de umidade,

temperatura e, também, protegidas da luz, durante todo o período do experimento, as reduções dos teores de bixina, observadas neste trabalho, podem ser atribuídas ao tempo de armazenamento.

Sob o ponto de vista do produtor de sementes de urucum, o ideal seria a comercialização imediata das sementes após a coleta para evitar riscos de perdas no teor de bixina em função do armazenamento das sementes, visto que, a comercialização do produto, é baseada nesta característica. Com relação à armazenagem, para posterior utilização das sementes na produção de mudas, Corlett et al. (2007) observaram que sementes de urucum embaladas a vácuo e armazenadas em refrigerador ou “freezer” apresentaram melhor qualidade fisiológica, por um período de até 270 dias, quando comparadas às sementes armazenadas em condições ambientais.

As variações encontradas na cor, forma e tamanho dos frutos, no número e peso de sementes, e no teor de bixina, entre os genótipos estudados neste trabalho, foram identificadas como variabilidade genética através do emprego de marcadores isoenzimáticos (RODRIGUES, 1995). Vale ressaltar que a análise cariotípica destas mesmas plantas, realizada por Carvalho (2000), indicou que estes genótipos pertencem a uma mesma espécie, *Bixa orellana* L. Outros genótipos de urucum, avaliados por Rebouças e São José (1996), também mostraram variações morfológicas nos frutos e na produtividade de sementes, sendo, estas variações, características marcantes descritas para esta espécie.

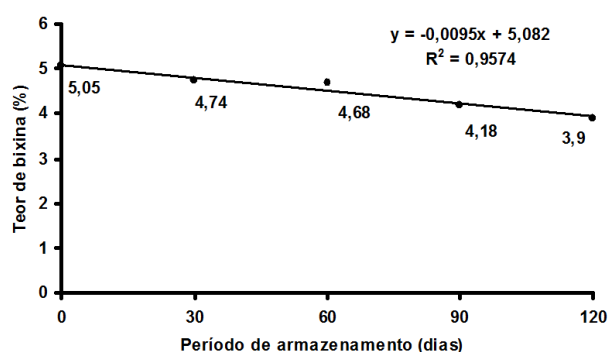


FIGURA 2: Variação no teor de bixina em sementes de urucum (*Bixa orellana* L.), do genótipo 6 (Fruto verde piloso), armazenadas por diferentes períodos de tempo.

FIGURE 2: Variation in bixin content in annatto seeds (*Bixa orellana* L.) of genotype 6 (Fruit green hair), stored for different periods of time.

Variações genéticas existentes entre genótipos de uma mesma espécie são bastante úteis, pois conferem a ela comportamentos distintos em um determinado local. Porém, as variações encontradas entre genótipos de urucum, no que se refere à produção de sementes e ao teor de bixina, representam problemas do ponto de vista da produção de corantes em grande escala. A seleção de genótipos superiores para estas características poderá contribuir para a orientação de futuros cruzamentos visando à obtenção de híbridos heteróticos e o melhoramento da espécie.

No que se refere aos resultados encontrados neste trabalho, pode-se inferir que cruzamentos promissores podem ser obtidos entre os genótipos identificados com alta produtividade de sementes por fruto e aqueles que apresentam maior massa de sementes e teores de bixina nestas sementes. Neste ponto, vale mencionar que Morais et al. (1999) relataram o início de um programa de melhoramento genético do urucum no Sudoeste da Bahia. Neste foram conduzidos cruzamentos entre genótipos da variedade Bico-de-pato que apresentavam variações expressivas em diversas características como forma e tamanho dos frutos, número de frutos por planta, número de sementes por fruto e teor de bixina nas sementes. No entanto, não existem relatos acerca de heterose ou da variabilidade fenotípica nas progênies resultantes dos cruzamentos realizados.

Outro aspecto relevante é que metodologias adequadas de propagação vegetativa do urucum, necessárias para a fixação de combinações híbridas desejadas, têm sido desenvolvidas a partir de técnicas de cultura de tecidos, quer sejam a partir de material adulto ou juvenil (PAIVA NETO et al., 2003a, b; CARVALHO et al., 2005; CRUZ, 2007; MANTOVANI, 2007; MATOS, 2009) e também de alporquia (MANTOVANI et al., 2010). Do exposto, pode-se vislumbrar a clonagem dos melhores genótipos obtidos no presente trabalho.

CONCLUSÕES

- As avaliações de características morfológicas dos frutos possibilitam a classificação dos genótipos em grupos de acordo com a cor e forma do fruto.

- As características de produção de sementes, massa de sementes e dos teores de bixina permitem selecionar plantas superiores de urucum.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior) pela concessão da bolsa de doutorado e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUVIER, F.; DOGBO, O.; CÂMARA, B. Biosynthesis of the food and cosmetic plant pigment bixin (annatto). *Science*, New York, v. 300, n. 5628, p. 2089-2091, June 2003.
- CARVALHO, J. F. R. P. **Análise cariotípica e indução *in vitro* de poliploidia em urucum (*Bixa orellana* L.)**. 2000. 124 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- 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. et al. Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 29, n. 2, p. 148-158, 2007.
- COSTA M. G. C. et al. Genetic improvement through *in vitro* propagation in Annatto (*Bixa orellana* L.) In: THANGADURAI, D. et al. (eds.) **Crop improvement an biotechnology**. Tamil Nadu: Bioscience Publications, 2008, p. 39-55.
- CRUZ, A. C. F. **Propagação *in vitro* do urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) a partir de explantes juvenis e adultos**. 2007. 81 p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- FRANCO, C. F. de O. et al. **Urucuzeiro: agronegócios de corantes naturais**. João Pessoa: Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A. 2002. 120 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <(http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20 de maio de 2007.
- JAKO, C. Probing carotenoid biosynthesis in developing seed coats of *Bixa orellana* (Bixaceae) through expressed sequence tag analysis. *Plant Science*, New York, v. 163, p. 141-145, 2002.
- JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002. 777 p.
- KIOKIAS, S.; GORDON, M. H.

- Antioxidant properties of annatto carotenoids. **Food Chemistry**, New York, v. 83, p. 523-529, 2003.
- LAURO, G. J. A primer on natural colors. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 36, n. 11, p. 949-953, 1991.
- LOPES, J. C.; LIMA, R. V.; MACEDO, C. M. P. Germinação e vigor de sementes de urucu. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 19-25, jan./mar. 2008.
- 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. 405-412, jul./set., 2010.
- MANTOVANI, N. C. **Propagação vegetativa e cultivo in vitro de *Bixa orellana* L. e *Ginkgo biloba* L.** 2007. 135 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: das bixáceas às rosáceas**. Santa Maria: Editora UFSM, 2000. 240 p.
- MATOS, E. M. **Morfogênese in vitro a partir de segmentos de hipocótilos e de raízes de urucum (*Bixa orellana* L.)**. 2009. 78 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- MERCADANTE, A. Z.; PFANDER, H. Carotenoids from annatto: a review. **Recent Research Developments in Agricultural and Food Chemistry**, New York, v. 2, p. 79-91, 1998.
- MERCADANTE, A. Z.; STECK, A.; PFANDER, H. Isolation and identification of new apocarotenoids from annatto (*Bixa orellana*) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, New York, v. 45, n. 4, p. 1050-1054, 1997.
- MORAIS et al. Melhoramento genético del achiote en Brasil. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v. 3, p. 109-112, 1999.
- OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J.; ALMEIDA, E. C. Determinação dos constituintes químicos de dois cultivares do urucum (*Bixa orellana* L.). **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v. 3, p. 91-95, 1999.
- PAIVA NETO, V. B. et al. Somatic embryogenesis from immature zygotic embryos of annatto (*Bixa orellana* L.). **In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant**, New York, v. 39, n. 6, p. 629-634, Nov./Dec. 2003a.
- PAIVA NETO, V. B.; MOTA, T. R.; OTONI, W. C. Direct organogenesis from hypocotyl-derived explants of annatto (*Bixa orellana* L.). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Netherlands, v. 75, n. 2, p. 159-167, Nov. 2003b.
- PIMENTEL, F. A.; STRINGHETA, P. C. Influência da luz e do oxigênio sobre a estabilidade do norbixinato de potássio em presença de maltodextrina. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v. 3, p. 21-26, 1999.
- PINHEIRO, A. L.; ALMEIDA, E. C. de. Avaliação de um híbrido artificial obtido entre duas variedades de urucum (*Bixa orellana* L.) em Viçosa – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v. 1, n. 1, p. 31-35, ago./set. 1992.
- PONTE, M. X.; SILVA, K. S. M.; JUNIOR, W. P. Estudo da fotodegradação da bixina em sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v. 3, p. 11-16, 1999.
- PÓVOA, M. E. B. Extração do corante de urucum (*Bixa orellana* L.) com diversos solventes. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v. 1, n. 1, p. 153-157, ago./set. 1992.
- REBOUÇAS, T. N. H.; SÃO JOSÉ, A. R. **A cultura do urucum: práticas de cultivo e comercialização**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB/SBCN, 1996. 42 p.
- RIVERA-MADRID, R. et al. Preliminary studies toward genetic improvement of annatto (*Bixa orellana* L.). **Scientia Horticulturae**, New York, v. 106, p. 165-172, 2006.
- RODRIGUES, J. P. F. **Análise de isoenzimas em progênies de meio-irmãos de urucum (*Bixa orellana* L.)**. 1995. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- SÃO JOSÉ, A. R. et al. Colecta y conservacion de germoplasma de achiote (*Bixa orellana* L.) en el estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v. 3, p. 17-20, 1999b.
- SÃO JOSÉ, A. R. et al. Cultivo del achiote (*Bixa orellana* L.) en Brasil. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v. 3, p. 113-119, 1999a.
- SOARES, V. L. et al. Unraveling new genes associated with seed development and metabolism in *Bixa orellana* L. by expressed sequence tag (EST) analysis. **Molecular Biology Reporter**, New York, v. 38, n. 2, p. 1329-1340, 2011.
- STRINGHETA, P. C. et al. Determination of the contents of bixin in seeds of annatto (*Bixa orellana* L.) under different temperatures. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v.

3, p. 47-52, 1999.

TORRES, S. B.; BEZERRA NETO, F. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de urucum. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p.55-58, 2009.

WILBERG, V. C.; RODRIGUEZ-AMOYA, D. B. Quantificação de carotenóides de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.) por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v.1, n.1, p. 145-152, ago./set. 1992.