

## COLORIMETRIA DO FRUTO COMO INDICADOR DO TEOR DE BIXINA EM SEMENTES DE URUCUM

Danielle Acco Cadorin<sup>1</sup>, Maria Cristina Copello Rotili<sup>2\*</sup>, Daiana Karoline Kaiser<sup>3</sup>,  
Laura Cristiane Nascimento de Freitas<sup>3</sup>, Marlene de Matos Malavasi<sup>4</sup>, Ubirajara Contro Malavasi<sup>4</sup>,  
João Alexandre Lopes Dranski<sup>5</sup>

SAP 18422      Data envio: 20/02/2018      Data do aceite: 18/05/2018  
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 2, abr./jun., p. 191-196, 2018

**RESUMO** - O estudo objetivou relacionar a colorimetria do epicarpo dos frutos com o teor de bixina em sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). A bixina é utilizada em diversos segmentos industriais, como farmacêutico, têxtil, de cosméticos e alimentício. Os frutos foram colhidos de árvores adultas e classificados visualmente em quatro estádios de maturação com base na coloração externa do epicarpo. Após a segregação visual, mensurou-se a coloração do fruto com um analisador digital de cores. A caracterização inicial se deu através da morfometria das sementes e da determinação do teor de água. O experimento seguiu delineamento inteiramente ao acaso, contendo quatro repetições. Frutos verdes e marrom-claro fechados apresentaram sementes com maior tamanho e teor de bixina. Para obtenção de bixina as sementes podem ser colhidas quando o fruto estiver fechado, com coloração visual verde e/ou marrom-claro ou com valores de reflectância no intervalo de 93-162; 61-144 ou 35-62 nm nas escalas vermelho, verde ou azul, respectivamente, do espectro de cores.

**Palavras-chave:** analisador de cor, *Bixa orellana*, carotenoide, corante natural, época de coleta.

### COLORIMETRY OF THE FRUIT AS INDICATOR OF BIXIN CONTENT IN URUCUM SEEDS

**ABSTRACT** - The objective of this study was to correlate fruit epicarp colorimetry with bixin content in urucum seeds (*Bixa orellana* L.). Bixin is used in several industrial segments, such as pharmaceuticals, textiles, cosmetics and food. The fruits were harvested from adult trees and were classified visually in four maturation stages based on the external color of the epicarp. After visual segregation, the color of the fruit was measured with a digital color analyzer. The initial characterization was through seed morphometry and determination of water content. The experiment was completely randomized, with four replicates. Green fruits and light brown seeds showed larger seeds and bixin content. To obtain bixin the seeds can be harvested when the fruit is closed, with green and / or light brown or with reflectance values in the range of 93-162; 61-144; Or 35-62 nm on the red, green or blue scales, respectively, of the color spectrum.

**Key words:** color analyzer, *Bixa orellana*, carotenoid, natural dye, collecting season.

#### INTRODUÇÃO

A *Bixa orellana* L. ou urucum, é uma planta nativa brasileira, da região amazônica, conhecida popularmente por urucum. É amplamente utilizada na indústria alimentícia e cosmética, por ser um corante natural. Pertence à família Bixaceae, possui porte arbustivo, frutos do tipo cápsulas deiscentes, que contém de 30 a 40 sementes (SHILPI et al., 2006).

O urucum é popular por conter carotenoides avermelhados no pericarpo de suas sementes, em especial a bixina, que confere coloração avermelhada às mesmas. Devido a esta característica, as sementes de urucum são mundialmente utilizadas como corante natural. A bixina é utilizada em diversos segmentos industriais, como

farmacêutico, têxtil, de cosméticos e principalmente alimentício (COSTA; CHAVES, 2005; FABRI; TERAMOTO, 2015; SOUZA; FARIA, 2014).

O Brasil é responsável por 57% da produção mundial de urucum, que se concentra principalmente no estado de São Paulo. A propagação da espécie ocorre, sobretudo por sementes, método de propagação simples e de baixo custo em relação à estaquia ou micropropagação (SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, 2015).

Desse modo, torna-se oportuno identificar e relacionar o estágio de desenvolvimento em que as sementes apresentam maior concentração de bixina com características de fácil e prática identificação no campo, a fim de assegurar a produção e redução de custos com a

<sup>1</sup>Professora doutora, Curso de Agronomia, Uniguauçu - FAESI (Faculdade de Ensino Superior), São Miguel do Iguauçu, Paraná, Brasil. E-mail: [danikadorin@hotmail.com](mailto:danikadorin@hotmail.com).

<sup>2</sup>Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. E-mail: [mcrotili@hotmail.com](mailto:mcrotili@hotmail.com). \*Autora para correspondência.

<sup>3</sup>Bióloga, Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

<sup>4</sup>Professor doutor, Curso de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. E-mail: [mmalavasi@hotmail.com](mailto:mmalavasi@hotmail.com).

<sup>5</sup>Professor doutor, Curso de Agronomia, Centro Universitário Dinâmica das Cataratas (UDC), Foz de Iguauçu, Paraná, Brasil.

colheita. A definição do momento da colheita de sementes florestais é geralmente pautada em indicativos visuais, como a mudança de cor dos frutos e sementes, tamanho, odor, deiscência de frutos, entre outros (PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993). Dentre estas características, a coloração do fruto tem sido o marcador fenotípico mais utilizado (GUIMARÃES; BARBOSA, 2007; AVILA et al., 2009; HERZOG et al., 2012; MOLIZANE et al., 2013) em razão da facilidade de identificação a campo.

A análise visual da cor, apesar de sua praticidade, pode tornar-se subjetiva e imprecisa, visto que cada colhedor pode ter uma percepção diferente da mesma cor. Uma opção mais segura e menos subjetiva pode ser a utilização de instrumentos de medição de cor como o colorímetro digital (LEÓN et al., 2006).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho relacionar a colorimetria do epicarpo dos frutos de urucum com a produção de bixina em suas sementes.

## MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de urucum foram obtidas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação, em abril de 2015. A colheita foi realizada manualmente, em três indivíduos adultos situadas no município de Goioerê (PR), sob as coordenadas geográficas 24°10'43" S, 53°00'56" O e altitude média de 452 m. Todos os estádios de maturação dos frutos estavam presentes em cada árvore e foram misturados para compor as amostras.

Os frutos foram transportados para o Laboratório de Sementes e Mudas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus* Marechal Cândido Rondon e classificados visualmente em quatro estádios de maturação: frutos verdes e fechados; frutos marrom-claro fechados; frutos marrom-escuro fechados e frutos marrom-escuro abertos (Tabela 1).

**TABELA 1** - Coloração dos frutos de urucum em diferentes estádios de maturação.

| Estádio de maturação | Coloração do epicarpo   | Caracterização visual       | Carta de Munsell* |
|----------------------|---|-----------------------------|-------------------|
| 1                    |   | Fruto verde fechado         | 2,5 GY 7/8        |
| 2                    |  | Fruto marrom-claro fechado  | 7,5 YR 4/4        |
| 3                    |  | Fruto marrom-escuro fechado | 5 YR 4/4          |
| 4                    |  | Fruto marrom-escuro aberto  | 5 YR 4/4          |

\*MUNSELL, A. H. Munsell color charts for plants tissues. Maryland: Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, 1976.

Após a segregação visual, a coloração predominante no epicarpo dos frutos foi descrita utilizando a carta de Munsell (MUNSELL, 1976) e, em seguida, mensurado o índice de reflectância em espectro vermelho, verde e azul. Os valores médios de reflectância (nm) foram obtidos a partir de quatro repetições de 20 frutos de cada estádio de maturação, tomados na região equatorial, utilizando o analisador digital de cores (modelo ACR-1023 da Instrutherm®).

As sementes originadas de cada estádio de maturação foram extraídas manualmente do interior dos frutos e imediatamente avaliadas. As análises morfológicas consistiram na determinação do comprimento (mensurado na região perpendicular a micrópila) e diâmetro (mensurado na região central adjacente a micrópila) de quatro repetições de 15 sementes, utilizando-se paquímetro digital (mm).

O teor de água foi determinado pelo método da estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas utilizando-se quatro repetições de 25 de sementes e os resultados expressos em porcentagem (base úmida). A massa seca das sementes foi determinada a partir da mesma amostra, com base no peso seco das sementes após a secagem em estufa e os resultados expressos em mg por semente.

Para a determinação do teor e conteúdo de bixina das sementes de urucum, foi utilizada metodologia adaptada de Pedrosa et al. (1999), utilizando 10 g de sementes intactas de cada estádio de maturação. Inicialmente as sementes foram secas em estufa a  $50^{\circ}\text{C}$  até atingir peso constante. Após a secagem, as amostras foram moídas e pesadas quatro repetições de 0,1 g. Cada amostra foi transferida, com o auxílio de porções de clorofórmio, para um balão volumétrico com capacidade de 50 mL e o volume completado com clorofórmio. Uma alíquota de 5,0

mL da solução anterior foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, completando o volume com clorofórmio. Em seguida procedeu-se a leitura de absorbância em espectrofotômetro a 465 nm, utilizando clorofórmio como prova em branco.

Para o cálculo do teor de bixina, a seguinte fórmula foi utilizada:

$$Tb = (A_{465} \times 100 \times 50) \div (M_a \times 5 \times C_e)$$

Em que:

$T_b$  = % de bixina

$A_{465}$  = valor da absorbância a 465 nm

$M_a$  = massa da amostra

$C_e$  = coeficiente de extinção da bixina a 465 nm ( $C_e = 3200$ )

Com posse dos valores de teores de bixina, calculou-se o conteúdo de bixina por semente (mg/semte). O experimento seguiu delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos constituídos por quatro estádios de maturação dos frutos, com quatro repetições.

**TABELA 2** - Comprimento, diâmetro, biomassa seca e teor de água em sementes de urucum em diferentes estádios de maturação do fruto.

| Estádio de maturação do fruto | Comprimento    | Diâmetro       | Biomassa seca  | Teor de água  |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|                               | ----- mm ----- | ----- mm ----- | ----- mg ----- | ----- % ----- |
| Verde fechado                 | 5,96 a*        | 4,08 a         | 18,06 b        | 72,35 a       |
| Marrom-claro fechado          | 5,73 a         | 4,34 a         | 24,66 a        | 50,28 b       |
| Marrom-escuro fechado         | 4,43 b         | 3,26 b         | 24,38 a        | 6,92 c        |
| Marrom-escuro aberto          | 4,22 b         | 3,24 b         | 24,52 a        | 10,32 c       |
| CV (%)                        | 4,01           | 5,04           | 5,28           | 7,84          |

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

Mendes et al. (2005) verificaram comportamento semelhante ao analisarem as variáveis morfológicas de sementes de urucum, onde nos primeiros estádios foram encontrados valores máximos de comprimento (5,7 mm) e diâmetro (4,4 mm), havendo decréscimo destes valores ao final do processo de maturação. Os autores reportaram que o decréscimo no tamanho, tanto em diâmetro quanto em comprimento é explicado pela perda de água, decorrente do processo natural de desidratação após a maturidade fisiológica da semente.

O teor de água declinou gradativamente com o avanço da maturação, sendo esta redução mais pronunciada em sementes de frutos marrom-claro fechados (50,28%) para frutos marrom-escuro fechados (6,92%).

Amaral et al. (2000) avaliando o processo de maturação da mesma espécie, verificaram que o maior grau de umidade foi obtido em sementes de frutos verdes (85%), com posteriores decréscimos até o final do processo de maturação (10,4%), momento em que os frutos se encontravam em deiscência e com a coloração do

Os dados foram verificados quanto à normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Quando atendidos os pressupostos da Anova, procedeu-se a análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o software Assisat 7.7 (SILVA, 2002). Os dados de teor e conteúdo de bixina foram avaliados por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com uso do mesmo software.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo dos estádios de maturação dos frutos ( $p < 0,05$ ) sobre o tamanho, a massa de matéria seca e o grau de umidade das sementes.

O comprimento e o diâmetro apresentaram comportamento semelhante ao longo do processo de maturação, sendo as maiores dimensões verificadas em sementes de frutos verdes e marrom-claro fechados. Sementes de frutos marrom-escuro fechados e abertos apresentaram redução em suas dimensões, fato que dever ter sido motivado pela acentuada perda de vapor de água decorrente do processo natural de dessecação (Tabela 2).

epicarpo marrom-escuro, assemelhando-se aos resultados encontrados neste estudo.

Em nosso trabalho os frutos no último estágio de maturação, marrom-escuro aberto, apresentou um índice de umidade maior que o estágio de maturação anterior, isto foi provavelmente devido que na época da colheita as cápsulas estavam semiabertas ou abertas, sendo uma época que ocorriam chuvas frequentes, fazendo que as sementes estivessem mais úmidas.

Resultados divergentes foram encontrados por Kato et al. (1992) e Mendes et al. (2005) que estudando a maturação de sementes de urucum em oito e doze épocas de colheita em Belém-PA e Manaus-AM, verificaram teor de água variando de 85,0% e 84,9% (primeira colheita) a 49,9% e 59,7%, respectivamente, no último período de colheita. Segundo estes autores, o alto teor de água das sementes ao final da maturação pode ser um mecanismo adaptativo de sobrevivência desta espécie, uma vez que as mesmas possuem curta longevidade, necessitando germinar prontamente ao se desligarem da planta-mãe.

O máximo acúmulo de matéria seca ocorreu em sementes de frutos marrom-claro fechados (24,66 mg), permanecendo estável até o final da maturação (Tabela 2). É válido mencionar que o máximo acúmulo se processou no momento que as sementes ainda mantinham elevado grau de umidade (50,28%), sendo este comportamento justificado pela importância da água no processo de transferência dos fotoassimilados da planta para semente.

Segundo Marcos Filho (2015) a água é requerida em alta quantidade para permitir que haja o fluxo das substâncias de reserva do metabolismo primário da planta-mãe para a semente em desenvolvimento e, tende a diminuir substancialmente a partir do momento em que a deposição de matéria seca atinge o valor máximo.

Complementarmente, o máximo acúmulo de matéria seca se deu quando as sementes possuíam também as maiores dimensões. Mendes et al. (2005) também observaram que estas duas características se

correlacionaram durante o processo de maturação de sementes de urucum, sendo que a maior deposição de matéria seca se deu nos estádios iniciais, quando as sementes também possuíam maior tamanho.

Com relação à produção de bixina, a maior quantidade deste pigmento nas sementes foi registrada nos estádios iniciais de maturação (frutos verdes e marrom-claro fechados). Verifica-se que o maior teor de bixina foi registrado em sementes de frutos verde fechados (2,81%), sendo estatisticamente igual ao encontrado em sementes de frutos marrom-claro fechados (1,64%) e superior aos abertos (1,61%). Para o conteúdo de bixina por mg de semente, os maiores valores foram verificados em sementes de frutos marrom-claro fechados (0,669 mg), sendo estes superiores aos encontrados em sementes de frutos marrom-escuro fechados (0,399 mg) e abertos (0,394 mg) (Tabela 3).

**TABELA 3** - Teor e conteúdo de bixina em sementes de urucum em diferentes estádios de maturação.

| Estádio de maturação do fruto | Teor de bixina |    | Conteúdo de bixina |
|-------------------------------|----------------|----|--------------------|
|                               | ----- % -----  |    | ----- mg -----     |
| Verde fechado                 | 2,81           | a* | 0,51               |
| Marrom-claro fechado          | 2,71           | ab | 0,67               |
| Marrom-escuro fechado         | 1,64           | b  | 0,40               |
| Marrom-escuro aberto          | 1,61           | b  | 0,39               |

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Kruskal-Wallis.

Resultados semelhantes foram obtidos por Kato et al. (1992) que encontraram as maiores porcentagens de bixina (acima de 2,5%) em sementes de urucum colhidas entre 30 e 51 dias após o florescimento, que correspondeu aos estádios iniciais de maturação. Entretanto, Dornelas et al. (2015) encontraram valores máximos de bixina, em torno de 1,62%, no último estágio de maturação (150 dias após a antese).

Alguns autores também relataram valores de bixina em seus trabalhos, como por exemplo, Santana et al. (2008), que encontraram valores médios do carotenoide de 2,63% e Pedrosa et al. (1999) que constataram valores de bixina de 3,37%. De acordo com Pedrosa et al. (1999),

sementes de urucum com teores de bixina acima de 2,5% são consideradas de ótima qualidade.

O índice de reflectância apontou diferenças significativas entre os estádios de maturação dos frutos e nas três escalas de cores do instrumento ( $P < 0,05$ ). Verifica-se que todos os espectros de cores (vermelho, verde e azul) permitiram estratificar a maturação dos frutos de urucum em três estádios, sem diferenciar frutos marrom-escuros fechados e abertos (Tabela 4). De forma semelhante, a descrição da cor do fruto pela cartela de cores de Munsell também não diferenciou as cores do epicarpo nestes estádios de maturação, sendo a única mudança marcante nesta fase, a deiscência do fruto.

**TABELA 4** - Valores médios de reflectância dos frutos de urucum em três espectros de cores (vermelho, verde e azul) e em diferentes estádios de maturação.

| Estádios de maturação | Vermelho       | Verde    | Azul    |
|-----------------------|----------------|----------|---------|
|                       | ----- nm ----- |          |         |
| Verde fechado         | 161,90 a*      | 143,93 a | 61,88 a |
| Marrom-claro fechado  | 92,73 b        | 61,15 b  | 35,20 b |
| Marrom-escuro fechado | 61,72 c        | 42,08 c  | 29,68 c |
| Marrom-escuro aberto  | 55,65 c        | 39,53 c  | 28,00 c |
| CV (%)                | 5,87           | 6,02     | 5,65    |

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). CV (%) = coeficiente de variação.

O analisador digital de cores permite distinguir áreas sujeitas a variação de cor. Desse modo, para a colheita de sementes de urucum com máximo teor de bixina, esta técnica pode ser utilizada de forma segura a partir de valores de reflectância entre 92,7 nm a 161,9 nm, para o espectro vermelho, de 61,1 nm a 143,9 nm para o espectro verde e de 35,2 nm a 61,8 nm para o espectro azul, considerando o fruto fechado e com coloração visual verde e/ou marrom-claro.

## CONCLUSÃO

Para obtenção do máximo teor de bixina as sementes de urucum podem ser colhidas quando o fruto estiver fechado, com coloração visual verde e/ou marrom-claro ou com valores de reflectância no intervalo de 93-162; 61-144; ou 35-62 nm nas escalas vermelho, verde ou azul, respectivamente, do espectro de cores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, L.I.V.; PEREIRA, M.F.D.A.; CORTELAZZO, A.L. Germinação de sementes em desenvolvimento de *Bixa orellana*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.12, n.3, p.273-285, 2000.
- AMARAL, L.I.V.; PEREIRA, M.F.D.A.; CORTELAZZO, A.L. Formação das substâncias de reserva durante o desenvolvimento de sementes de urucum (*Bixa orellana* L. - Bixaceae). **Revista Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v.15, n.1, p.125-132, 2001.
- AVILA, A.L.D.; ARGENTA, M.D.S.; MUNIZ, M.F.B.; POLETO, I.; BLUME, E. Maturação fisiológica e coleta de sementes de *Eugenia uniflora* L. (pitanga), Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.19, n.1, p.61-68, 2009.
- BATTISTUS, A.G.; FUCHS, F.; SOUSA, R.F.B.; MALAVASI, M.M.; DRANSKI, J.A.L.; RAMPIM, L.; BULEGON, L.G.; GUIMARAES, V.F.; MIORANZA, T.M.; MÜLLER, M.A.; LIMA, P.R. Physiological maturity of seeds and colorimetry of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). **African Journal of Agricultural Research**, África do Sul, v.9, n.1, p.3018-3024, 2014.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. New York: Springer, 2013. 392p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.
- CARVALHO, N.M; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.
- COSTA, C.L.S.; CHAVES, M.H. Extração de pigmentos das sementes de *Bixa orellana* L.: uma alternativa para disciplinas experimentais de química orgânica. **Química Nova**, São Paulo, v.28, n.1, p.149-8152, 2005.
- DRANSKI, J.A.L.; PINTO JÚNIOR, A.S.; STEINER, F.; ZOZ, T.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M.; GUIMARÃES, V.F. Physiological maturity of seeds and colorimetry of fruits of *Jatropha curcas* L. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.4, p.158-165, 2010.
- DORNELAS, C.S.M.; ALMEIDA, F.A.C.; FIGUEIREDO NETO, A.; SOUSA, D.M.M.; EVANGELISTA, A.P. Desenvolvimento na maturação de frutos e sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). **Revista Scientia Plena**, São Cristóvão, v.11, n.1, p.1-8, 2015.
- FABRI, E.G.V.; TERAMOTO, J.R.S. Urucum: Fonte de corantes naturais. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v.33, n.1, p. 140-140, 2015.
- GUIMARÃES, D.M.; BARBOSA, J.M. Coloração dos frutos como índice de maturação para sementes de *Machaerium brasiliense* Vogel (Leguminosae - Fabaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl.2, p.567-569, 2007.
- HERZOG, N.F.M.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Morfometria dos frutos e germinação de sementes de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.4, p.1359-1366, 2012.
- INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normas climatológicas do Brasil de 1961 - 1990**. Brasília, 2015.
- KATO, O.R.; FIGUEIREDO, F.J.C.; BELFORT, A.J.L.; NOGUEIRA, O.L.; BARBOSA, W.C. Época de colheita de sementes de urucu: emergência e teor de corantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.9, p.1291-1302, 1992.
- LABORIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington, Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.
- LEÓN, K.; MERY, D.; PEDRESCHI, F.; LEÓN, J. Color measurement in L\*a\*b units from RGB digital images. **Food Research International**, Ontário, v.39, n.10, p.1084-1092, 2006.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 560p.
- MENDES, A.M.S.; FIGUEIREDO, A.F.; SILVA, J.F. Crescimento e maturação dos frutos e sementes de urucum. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.1, p.133-141, 2006.
- MOLIZANE, D.M.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A.R.; BARBEDO, C.J. Maturação de sementes de *Aechmea bromeliifolia* (Rudge) Baker e *Vriesea paraibica* Wawra (Bromeliaceae). **Hoehnea**, São Paulo, v.40, n.4, p.619-625, 2013.
- MUNSELL, A. H. **Munsell color charts for plants tissues**. Maryland: Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, 1976. v.2.

- PEDROSA, J.P.; CIRNE, L.E.M.R.; MAGALHÃES NETO, J.M. Teores de bixina e proteína em sementes de urucum em função do tipo e do período de armazenagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.121-123, 1999.
- PEREIRA, T.S. Caracterização de plântulas de *Bixa orellana* L. - urucu (Bixaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.17, n.2, p.243-248, 1995.
- PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; AGUIAR, I.B. **Maturação e dispersão de sementes**. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Sementes florestais tropicais. Brasília: Abrates, 1993. p.215-274.
- SANTANA, K. C.; GUEDES, P. A.; REBOUÇAS, T. N. H.; JOSÉ, A. R. S.; LEMOS, O. L.; VILA, M. T. R.; SOUZA, M. J. L. Teores de bixina em urucum (*Bixa orellana*) 'Piave Vermelha', em diferentes acondicionamentos e temperaturas. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.2, n.1, p.19-22, 2008.
- SILVA, F.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.
- SHILPI, J.A.; TAUFIQ-UR-RAHMAN, Md.; UDDIN, S.J. Preliminary pharmacological screening of *Bixa orellana* L. leaves. **Journal Ethnopharmacology**, v.108, n.2, p.264-271, 2006.
- SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. Disponível em: <http://sna.agr.br/demanda-por-corantes-naturais-aquece-mercado-brasileiro-de-urucum>. Acesso em: 13 jun. 2018.
- SOUSA, E.M.P.; FARIA, L.J.G. Extração e estabilidade do corante urucum (*Bixa orellana* L.) em base cosmética. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.2, p.195-204, 2014.