

Karoline Paulino Costa

Fava-d'anta: extrativismo, produção e flavonoides

Montes Claros
2020

Karoline Paulino Costa

Fava-d'anta: extrativismo, produção e flavonoides

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Ernane Ronie Martins

Montes Claros
Dezembro de 2020

C837f
2021

Costa, Karoline Paulino.

Fava-d'anta: extrativismo, produção e flavonoides / Karoline Paulino Costa. Montes Claros, 2020.

57 f.: il.

Tese (doutorado) - Área de concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Ernane Ronie Martins.

Banca examinadora: Jordany Aparecida de Oliveira Gomes, Cláudia Pombo Sudré, Charles Martins Aguiar, Rúbia Santos Fonseca.

Inclui referências: f. 17-18; 27-29; 40-42; 52-53.

1. *Dimorphandra mollis*. 2. Etnobotânica. 3. Cerrados. 4. Rutina. I. Martins, Ernane Ronie. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 633.88



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

ATA DE DEFESA DE TESE

Aos 21 dias do mês de dezembro de 2020, às 13h30min, sob a Presidência do Professor Ernane Ronie Martins, D. Sc. (Orientador - ICA/UFMG) e com a participação dos Professores Rúbia Santos Fonseca, D. Sc. (ICA/UFMG), Charles Martins Aguilar, D. Sc. (ICA/UFMG), a Pós-Doutoranda Jordany Aparecida de Oliveira Gomes, D. Sc. (Unesp) e a Doutora Cláudia Pombo Sudré, D. SC. (UENF), reuniu-se, por videoconferência, a Banca de tese de **Karoline Paulino Costa**, aluna do Curso de Doutorado em Produção Vegetal. A tese intitulada: "Fava-d'anta – extrativismo, produção e flavonoides", foi considerada **APROVADA**. E, para constar, eu, Professor Ernane Ronie Martins, Presidente da Banca, lavrei a presente ata, que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Ernane Ronie Martins, Presidente**, em 21/12/2020, às 18:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jordany Aparecida de Oliveira Gomes, Usuário Externo**, em 21/12/2020, às 18:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cláudia Pombo Sudré, Usuário Externo**, em 21/12/2020, às 19:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Charles Martins Aguilar, Professor do Magistério Superior**, em 22/12/2020, às 07:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rúbia Santos Fonseca, Membro**, em 22/12/2020, às 14:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0488901** e o código CRC **23FCD6CA**.

*Aos meus pais Rosana e Donizete.
Aos meus irmãos Katia, Kamila, Carlos e à sobrinha Lorena.
Ao meu companheiro de jornada, Gean.
Aos verdadeiros amigos.
A Deus.*

AGRADECIMENTOS

Finaliza-se mais um ciclo de minha vida, agradeço aos meus pais, Rosana e Donizete, que sempre me apoiaram e não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos Katia, Kamila, Carlos e à minha sobrinha Lorena, por estarem presente em todos os momentos. Ao meu companheiro de vida, Gean, agradeço pela presença, compreensão e apoio durante todos esses anos.

Ao meu orientador Ernane e à professora Lourdes, pela orientação, durante os anos de UFMG e, mais que isso, pelos ensinamentos de vida. Agradeço pela amizade e por confiarem em mim.

Aos meus amigos, em especial, Thaise, Júlio, Francine, Gabrielly e Silvanete pelo companheirismo e conhecimento compartilhado.

Aos colegas de laboratório, do PET-Agronomia e turma R/2010 pela convivência.

A todos os servidores que permitiram o desenvolvimento dos trabalhos.

Aos produtores rurais e à ONG SaveCerrado por permitirem a realização do trabalho em suas áreas. Em especial, à família do Seu Santino e dona Cristina sempre calorosa e pelas lições de vida que aprendi em cada visita.

Ao ICA/UFMG, SESU-PET, CAPES, CNPq, FAPEMIG, PROEX/UFMG e APUBH pelos recursos financeiros e estruturas físicas disponibilizados para a condução dos trabalhos.

À UNIMONTES pela disponibilização dos dados climáticos.

Aos membros da banca de avaliação pela disponibilidade.

A todos que colaboraram de forma direta ou indireta para a concretização de mais esta etapa.

A Deus!

Muito obrigada!

Fava-d'anta: extrativismo, produção e flavonoides

RESUMO

A fava-d'anta ou favela é uma árvore nativa do Cerrado que apresenta alto teor de flavonoides nos seus frutos, que são coletados por extrativistas e vendidos a terceiros que os repassam para a indústria. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar aspectos etnobotânicos do extrativismo, produção e qualidade de fava-d'anta em área do Norte de Minas Gerais. Para o levantamento dos aspectos extrativistas, 20 coletores foram entrevistados utilizando questionário semiestruturado. A avaliação da capacidade de produção foi feita em cinco áreas, utilizando 10 parcelas de 20 x 50 m, totalizando 1 ha por área. O número total de plantas, a produção por planta e seu respectivo diâmetro à altura do peito (DAP) foram registrados, considerando todas as árvores das parcelas. A produtividade das áreas foi medida nos anos de 2018, 2019 e 2020. Para o acompanhamento do crescimento dos frutos, foram efetuadas oito coletas, entre os meses de abril e julho de 2018, em que se verificaram a matéria seca e a biometria, sendo determinado o teor dos flavonoides rutina e quercetina por cromatografia líquida de alta eficiência, em cada coleta. A curva de secagem dos frutos foi construída, a partir da avaliação em quatro sistemas de secagem em campo: área cimentada – “calçadão” para a captação de água da chuva, solo, sombrite e sobre lona plástica. Nas entrevistas, observou-se que a maioria dos extrativistas são casados e 47% frequentaram a escola até a 4ª série. Em média, 18 anos é o tempo que estão envolvidos com a coleta e 90% deles envolve outros familiares nesse processo. A cor e o tamanho são os principais critérios utilizados, para identificar o momento para a coleta de frutos, que são comercializados com preço médio de R\$ 0,43 e R\$ 0,78 por kg de fruto fresco e seco, respectivamente. As principais dificuldades apontadas pelos entrevistados são as atividades de coleta e secagem dos frutos. O número médio de plantas por hectare é de 28, no entanto menos da metade é produtiva, sendo observada correlação significativa ($r = 0,40$) entre o DAP e a produção de frutos das árvores. A produtividade média foi de 6,60 kg de frutos frescos por hectare, considerando os três anos de avaliação, com rendimento de 45,6% de matéria seca. O teor de rutina ($13,80\% \pm 4,5$) não teve correlação significativa com a data de coleta (considerando apenas frutos colhidos frescos), enquanto o teor de quercetina reduziu com a idade dos frutos. Os frutos secos no calçadão apresentaram estabilização de peso antes dos demais sistemas de secagem. Com base nos resultados, nota-se a necessidade de repasse de informações aos extrativistas, principalmente em relação à conservação e usos da espécie. A capacidade de produção apresenta variação entre áreas e entre anos de coleta, exigindo grandes áreas de coleta para garantir renda para as famílias extrativistas. A qualidade dos frutos, considerando o teor de rutina, não varia durante o crescimento dos frutos.

Palavras-Chave: *Dimorphandra mollis*. Etnobotânica. Cerrado. Rutina.

Fava-d'anta - extractivism, production and flavonoids

ABSTRACT

The fava-d'anta or favela is a tree native to the Cerrado that has a high content of flavonoids in its fruits, which are collected by extractivists and sold to third parties who pass them on to the industry. Thus, the objective of the study was to evaluate ethnobotanical aspects of extractivism, production and quality of fava-d'anta in area of north of Minas Gerais. To survey the extractive aspects, 20 collectors were interviewed using a semi-structured questionnaire. The evaluation of the production capacity was carried out in five areas, using 10 plots of 20 x 50 m, totaling 1 ha per area. The total number of plants, production per plant and their respective diameter at breast height (DBH) were recorded, considering all trees in the plots. The productivity of the areas was measured in the years 2018, 2019 and 2020. To the monitoring of the growth of the fruits, eight collections were carried out among April and July 2018, in which the dry matter and biometrics were verified, and the content of the flavonoids rutin and quercetin was determined by high performance liquid chromatography, in each collection. The drying curve of the fruits was constructed, based on the evaluation of four drying systems in the field - cemented area - "boardwalk" for the capture of rainwater, soil, shade and on plastic canvas. In the interviews, it was observed that most extractivists are married and 47% attended school until the 4th grade. On average, 18 years is the time they are involved with the collection and 90% of them involve other family members in this process. Color and size are the main criteria used to identify the moment for collecting fruits, which are sold at an average price of R\$ 0.43 and R\$ 0.78 per kg of fresh and dried fruit, respectively. The main difficulties pointed out by the interviewees are the activities of collecting and drying the fruits. The average number of plants per hectare is 28, however less than half is productive, being observed a significant correlation ($r = 0.40$) between DAP and fruit production of the trees. The average productivity was 6.60 kg of fresh fruits per hectare, considering the three years of evaluation, with a yield of 45.6% of dry matter. The rutin content ($13.80\% \pm 4.5$) had no significant correlation with the date of collection (considering only freshly picked fruits), while the quercetin content decreased with the age of the fruits. The dried fruits on the boardwalk showed weight stabilization before the other drying systems. Based on the results, it is noted a need to pass on information to extractivists, especially regarding the conservation and uses of the species. The production capacity shows variation between areas and between years of collection, requiring large collection areas to guarantee income for extractive families. The quality of the fruits, considering the rutin content, does not vary during the growth of the fruits.

Keywords: *Dimorphandra mollis*. Ethnobotany. Cerrado. Rutin.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura básica dos flavonoides.....	15
Figura 2 – Biossíntese da rutina.....	15
4 ARTIGOS.....	19
4.1 Artigo 1 – Aspectos etnobotânicos da fava-d’anta.....	19
Figura 1 – Localização das comunidades Cabeceira do Catulé (CC), Larga de São Domingos (LSD), Liasa (LI), Ribeirão do Lavrado (RL), Água Doce (AD), Panela Pequena (PP) e Pannels (PN), situados na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, ao Norte de Minas Gerais, Brasil. Fonte: dados coletados a campo e mapa elaborado no Argics.....	21
Figura 2 – Diagrama climático do período de 26 de maio a 09 de junho de 2018, na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros em Minas Gerais.....	22
Figura 3 – Preços de venda (barra preta) da fava-d’anta, nas safras dos anos 2018, 2009 e 1997 e preços corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) em municípios do Norte de Minas Gerais. Fonte: Dados do autor, Nunes et al. (2012), Gomes (1998), Banco Central do Brasil. .	25
Figura 4 – Número de dias para a estabilização da matéria seca dos frutos de <i>Dimorphandra mollis</i> Benth. considerando os sistemas de secagem – área cimentada, sombrite, lona plástica e solo – no município de Bonito de Minas, Minas Gerais. Fonte: Dados do autor.....	26
4.2 Artigo 2 – Biometria, coloração e teor de flavonoides de frutos de fava-d’anta como indicadores do momento de coleta	30
Figura 1: Fluxograma dos passos realizados para a segmentação das partes maduras e imaturas dos frutos de <i>Dimorphandra mollis</i> Benth	34
Figura 2: Cromatogramas e espectros de absorção na região do ultravioleta dos padrões de rutina, isoquercetina e quercetina e extrato metanólico de <i>Dimorphandra mollis</i> analisados por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos. A: Cromatograma obtido a partir da coinjeção dos padrões de rutina (200 mg L ⁻¹) e quercetina (40 mg L ⁻¹). B: Cromatograma obtido da injeção do padrão de isoquercetina (200 mg L ⁻¹). C: Cromatograma obtido a partir da injeção do extrato metanólico (1000 mg L ⁻¹). D: Espectro na região do ultravioleta (350 nm) do padrão de rutina. E: Espectro de na região do ultravioleta (365 nm) do padrão de quercetina. F: Espectro de na região do ultravioleta (330 nm) do padrão de isoquercetina	37
Figura 3: Correlações entre variáveis biométricas (Comp = comprimento, Esp = Espessura, MS = Massa seca), data de coleta (Coleta), os teores de quercetina (TQuer), rutina (TRut) e flavonoides (TFlav) e a proporção dos frutos correspondentes ao imaturo (Imaturo_Perc, Imaturo_B, Imaturo_G e Imaturo_R) e seco (Seco_B, Seco_G e Seco_R) de frutos de <i>Dimorphandra mollis</i> coletados entre abril e julho de 2018, na Área de Proteção Ambiental do rio Pandeiros, no Norte de Minas Gerais. * A existência de linhas entre as variáveis indica presença de correlação significativa. ** Linhas verdes representam	

correlação positiva e linhas vermelhas correlações negativas. Quanto mais próxima de 0 for o coeficiente de correlação, mais fina e clara é a linha38

Figura 4: Rendimento de rutina (A) e quercetina (B) e Teores de rutina (C) e quercetina (D), em função da massa seca do fruto de *Dimorphandra mollis*, coletados no Norte de Minas Gerais e analisados por cromatografia Líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos. ** Significativo a 1% de probabilidade.....39

4.3 Artigo 3 - Produtividade e estrutura diamétrica de *Dimorphandra mollis* Benth.....43

Figura 1 – Mapa de localização de cinco áreas (A1, A2, A3, A4 e A5), na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, no Norte de Minas Gerais, onde foram avaliadas a produtividade de *Dimorphandra mollis* Benth. nos anos de 2018, 2019 e 2020.....45

Figura 2 – Distribuição em classes de diâmetros e quociente 'q' de D'Liocourt de indivíduos de *Dimorphandra mollis*, em cinco áreas de Cerrado (A1, A2, A3, A4 E A5), localizadas na Área de Preservação Ambiental do Rio Pandeiros– MG47

Figura 3 – Ocorrência de plantas de *Dimorphandra mollis* Benth., em parcelas distribuídas em cinco áreas localizadas na Área de Preservação Permanente (APA) do Rio Pandeiro. A figura foi obtida, com base em mapas de índice NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), gerados a partir de imagens captadas com drone sobre as áreas avaliadas. * Quanto mais próximo de 0 for pixel (vermelho na imagem), indica ausência de vegetação. ** Linhas pretas representam a delimitação das parcelas. *** Círculos em azul representam a localização de todas as plantas observadas.....49

Figura 4 – Probabilidade de árvores de *Dimorphandra mollis* apresentarem produção de frutos em função do DAP (diâmetro a 1,30 m de altura).....51

LISTA DE TABELAS

4.2 Artigo 2 – Biometria, coloração e teor de flavonoides de frutos de fava-d’anta como indicadores do momento de coleta30

Tabela 1: Equação de regressão e limites de quantificação (LQ) e detecção (LD) obtida, a partir da análise dos padrões de rutina e quercetina (pureza > 95%, Sigma-Aldrich), em faixa linear de concentração (mg L⁻¹), em cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos33

Tabela 2: Equações de regressão obtidas, a partir da leitura de absorbância do padrão de rutina, para a quantificação de flavonoides em frutos de *Dimorphandra mollis*.....33

Tabela 3: Variação da biometria em frutos de *Dimorphandra mollis*, em função de oito coletas realizadas entre os meses de abril e julho do ano de 2018, ao longo do desenvolvimento dos frutos, no município de Bonito de Minas – MG35

Tabela 4: Teores de rutina (TR), quercetina (TQ) e de flavonoides totais (TF), em frutos de *Dimorphandra mollis*, em função de oito coletas realizadas entre os meses de abril e julho do ano de 2018, ao longo do desenvolvimento dos frutos, no município de Bonito de Minas – MG, Brasil36

Tabela 5: Estimativas de coeficientes de regressão múltipla entre teores de flavonoides (TFlav), rutina (TRut) e quercetina (TQuec), rendimento de rutina (RRut) e quercetina (RQuec) e parâmetros colorimétricos de frutos de *Dimorphandra mollis*, coletados no Norte de Minas Gerais.....40

4.3 Artigo 3 - Produtividade e estrutura diamétrica de *Dimorphandra mollis* Benth.....43

Tabela 1 – Densidade e padrão de distribuição de *Dimorphandra mollis* Benth. em áreas localizadas na Área de Preservação Ambiental (APA) do Rio Pandeiros49

Tabela 2 – Produtividade (kg de fruto seco por hectare – FS/ha) de *Dimorphandra mollis*, no período de 2018 a 2020, na Área de Preservação Ambiental do Rio Pandeiros, MG50

SUMÁRIO

Z		
1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
	REFERÊNCIAS	17
4	ARTIGOS	19
4.1	ARTIGO 1 – ASPECTOS ETNOBOTÂNICOS DA FAVA-D’ANTA.....	19
4.2	ARTIGO 2 – BIOMETRIA, COLORAÇÃO E TEOR DE FLAVONOIDES DE FRUTOS DE FAVA-D’ANTA COMO INDICADORES DO MOMENTO DE COLETA.....	30
4.3	ARTIGO 3 - PRODUTIVIDADE E ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE <i>DIMORPHANDRA MOLLIS</i> BENTH.....	43
5	CONCLUSÕES	54
	ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	55
	ANEXO B – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA.....	56

1 INTRODUÇÃO

A fava-d'anta é uma planta nativa do Cerrado, também conhecida por favela ou faveiro. São relatadas duas espécies de interesse comercial pelas características químicas de seus frutos, a *Dimorphandra gardneriana* Tul. e *D. mollis* Benth. (GOMES, 1998). A rutina e quercetina são os principais constituintes químicos dos frutos da fava-d'anta, que é a principal fonte brasileira desses compostos, que podem ser encontrados também em plantas como o trigo sarraceno (*Faopyrum esculentum* Moech, *F. tataricum*) e a árvore japonesa *Sophora japonica* L. No entanto o material extraído da fava-d'anta apresenta maior efetividade no combate a radicais livres quando comparado ao material de origem japonesa (SANRISIL, [s.d.]). Entre os anos de 2011 e 2020, o Brasil exportou 1808,5 toneladas de rutina e seus derivados, ao preço médio de US\$ 32,49 o kg (BRASIL, 2020), o que indica que os bioflavonoides têm importância na balança de exportação Brasileira.

Os frutos de fava-d'anta são obtidos exclusivamente por meio do extrativismo. Os extrativistas são responsáveis pela coleta, porém a falta de aplicação das técnicas corretas pode resultar em coleta predatória, afetando as populações da espécie ao longo do tempo. A coleta ocorre entre os meses de maio e agosto, a depender da região (CALDEIRA JÚNIOR; PAULA; SANTOS, 2008; FILIZOLA, 2013). Além da coleta, os extrativistas são responsáveis pela secagem dos frutos, ponto relatado pelos envolvidos como uma das principais dificuldades da cadeia produtiva (NUNES et al., 2012). Além da época de coleta dos frutos, a região de ocorrência também pode afetar nas características químicas. Segundo estudo de Santos (2006), que avaliou frutos de dez regiões de Minas Gerais, frutos coletados na região de Pandeiros tendem a ter maior teor de rutina.

O Rio Pandeiros é o alvo de proteção da Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pandeiros, que foi criada em 1995 pela Lei nº 11.901. Por fazer parte de uma unidade de conservação, as comunidades da região podem fazer uso dos recursos naturais existentes, contudo devem respeitar a sustentabilidade (MINAS GERAIS, 1995). Para que a sustentabilidade desse recurso seja preservada, os extrativistas, elo fundamental para que a indústria tenha o produto para ser processado, devem ser valorizados e precisam entender a importância do produto que coletam.

Para atender à demanda comercial pelos frutos da fava-d'anta, além de levantar informações sobre os envolvidos na coleta do produto, é fundamental avaliar a capacidade produtiva das áreas. Segundo Caldeira Júnior, Paula e Santos (2008), o comportamento fenológico da fava-d'anta está correlacionado com as condições climáticas locais. Essa variação fenológica, decorrente das variáveis climáticas, irá influenciar em produtividade, épocas de produção e quantidade de frutos produzidos em função do local de inserção da área produtiva.

Diante dessas informações, nota-se que a fava-d'anta apresenta relevância econômica e social às comunidades dos locais de sua ocorrência, o que a fez ser relatada entre as "Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial" (BRASIL, 2016). Além disso, também está entre as espécies em estudo visando ser incluída na Política de Garantia do Preço Mínimo para a Sociobiodiversidade (PGPMBIO) (VIANA, 2015). Assim, relatos sobre os extrativistas, a produtividade e a qualidade, visando ao maior rendimento de rutina (principal flavonoide de interesse), são necessários, para que a cadeia produtiva seja pensada de forma justa para todos os envolvidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Relatar os aspectos extrativistas, de produção e teor de flavonoides em *Dimorphandra mollis* Benth. na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, em Minas Gerais.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar diagnóstico etnobotânico e socioeconômico sobre extrativistas e o extrativismo de *D. mollis* na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, em Minas Gerais;
- Avaliar a produtividade de frutos de *D. mollis* na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, em Minas Gerais;
- Quantificar o teor de flavonoides totais, rutina e quercetina em frutos de *D. mollis* em diferentes estádios de desenvolvimento;
- Avaliar o tempo de secagem de frutos de *D. mollis* submetidos a quatro sistemas em campo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Pertencente à família Fabaceae, *Dimorphandra mollis* Benth. é popularmente conhecido por nomes como fava-d'anta, favela e falso barbatimão. Ratter *et al.* (2003), em estudo considerando áreas do Cerrado, relataram que 74% das áreas avaliadas têm ocorrência de *D. mollis*, árvore que pode alcançar 15 metros de altura. O fuste possui casca grossa, e seu caule geralmente é cilíndrico e tortuoso. As folhas são alternas, pecioladas, sem estípulas, com folíolos alternos e opostos. Com flores hermafroditas de coloração amarelo-clara, as inflorescências da espécie são terminais, formadas por espigas que resultam em corimbos que irão sustentar os frutos (SILVA, 1986). As plântulas de *D. mollis* são do tipo epígeo-foliácea, cuja diferenciação do primeiro eófilo ocorre, em média, aos 25 dias. São descritos de 10 a 18 eófilos, com filotaxia oposta, sendo que a abscisão do cotilédone ocorre, em média, 40 dias (OLIVEIRA, 1999).

Sudré *et al.* (2011), ao caracterizar a divergência fenotípica de frutos de *Dimorphandra*, verificaram que o comprimento e o diâmetro médio dos frutos é de 13,16 e 2,97 cm, respectivamente. No entanto o comprimento dos frutos pode variar de 18,02 a 10,49 cm, enquanto, para diâmetro, os valores observados foram de 3,64 a 2,44 cm. Em relação à caracterização das sementes, os autores descreveram o comprimento médio de 1,7 cm e diâmetro e espessura de 5,5 e 3,8 mm, respectivamente. O número de sementes normais por frutos pode variar de 0 a 21 e de não desenvolvidas entre 0 e 13 (FERREIRA *et al.*, 2001). De acordo com Chaves e Usberti (2003), as sementes de *D. mollis* apresentam características ortodoxas, cujo grau de umidade e a longevidade apresentam correlação inversa, possibilitando o armazenamento por longos períodos.

Os frutos de *D. mollis* apresentam como período ideal de coleta os meses de abril e maio. A fenologia da espécie é correlata com as condições climáticas, apresentam alta sincronia populacional e indicação de comportamento de bienalidade de produção de frutos (CALDEIRA JÚNIOR; PAULA; SANTOS, 2008).

Solos arenosos apresentaram-se melhor para a germinação de sementes de *D. mollis*, todavia solos com maior fertilidade proporcionam o melhor desenvolvimento das plântulas, segundo estudo realizado por Fagundes, Camargos e Costa (2011). A germinação de sementes de fava-d'anta também é influenciada pela salinidade, sendo que abaixo de -0,8 Mpa ocorre a redução da IVG (índice de velocidade de germinação). Esse efeito pode ser minimizado a partir do uso de polietilenoglicol como condicionante osmótico (TAVARES *et al.*, 2014).

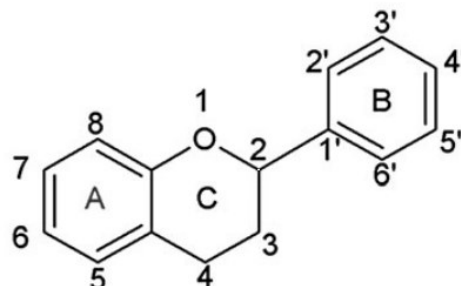
A fava-d'anta é uma espécie que depende da prática do extrativismo para a obtenção da matéria-prima. Segundo Nunes *et al.* (2012), é uma espécie que se apresenta como uma opção socioeconômica para os envolvidos na cadeia extrativista. As mulheres, em sua maior parte, auxiliam na coleta, secagem, ensacamento e venda dos frutos. A idade da maior parte dos coletores está entre 35 e 49 anos; para os comerciantes, essa faixa vai de 50 a 65 anos, sendo que o analfabetismo predomina entre os coletores. O preço de venda descrito pelos autores ficou em R\$ 0,40 por kg de fruto verde e R\$ 0,70 por kg de fruto seco, sendo os frutos secos preferidos pelos compradores. O consumo da fava-d'anta por animais, como antas, cervos e alguns roedores, demonstra, também, sua importância ecológica (BIZERRIL; RODRIGUES; HASS, 2005).

A importância socioeconômica da espécie está atrelada principalmente à demanda pela indústria dos bioflavonoides presentes nos frutos, com destaque para a rutina e quercetina (FILIZOLA, 2013). De acordo com o Ministério das Relações Exteriores, a rutina e seus derivados estão entre os principais produtos exportados para a Rússia, que, em termos financeiros, corresponderam a US\$ 1.038.514 em exportações no ano de 2006 (BRASIL, 2008). O preço médio de exportação de rutina e seus derivados entre os anos de 2010 e 2019 foi de US\$ 35,54 por kg (BRASIL, 2020).

Diante da sua importância comercial e social, a *D. mollis* está entre as espécies relevantes descritas na publicação do Ministério do Meio Ambiente, “Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial”. Além disso, também está entre as espécies em estudo visando ser incluída na Política de Garantia do Preço Mínimo para a Sociobiodiversidade (PGPMBIO) (VIANA, 2015).

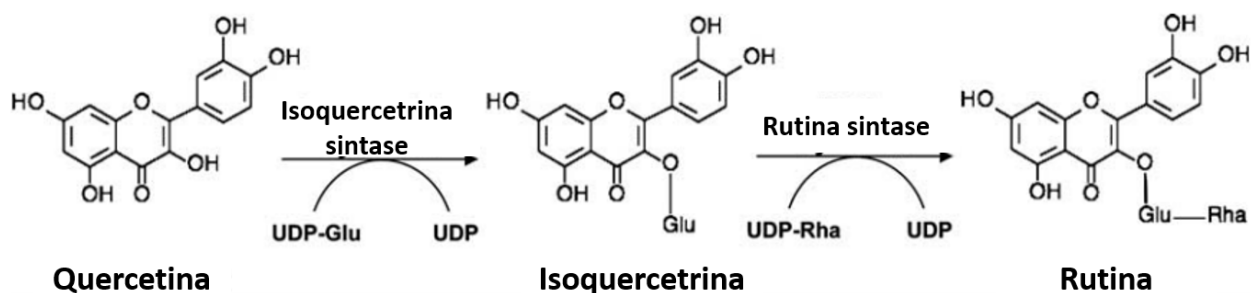
Os flavonoides são metabólitos secundários, formados a partir de fenóis simples. Um esqueleto de 15 carbonos, formando dois anéis aromáticos, conectados por uma ponte de três carbonos, corresponde à estrutura básica dos flavonoides (FIGURA 1) (KUBALT, 2016). São subdivididos em classes, dentre as quais estão flavonas, flavonóis, flavanonas, flavanonois. Na subclasse dos flavonóis, está a quercetina, uma aglicona que dará origem à rutina (PANCHE; DIWAN; CHANDRA, 2016). A quercetina é a molécula-base, a partir da qual irá ser formada a rutina, sendo a isoquercetina uma das moléculas intermediárias do processo.

Figura 1 – Estrutura básica dos flavonoides



Fonte: PANCHE; DIWAN; CHANDRA, 2016.

Figura 2 – Biossíntese da rutina



Fonte: Adaptado de LUCCHI; MAZZAFERA, 2009.

A rutina, bioflavonoide de interesse, presente nos frutos da fava-d’anta, apresenta potencial de aplicação em diferentes áreas, como tem sido relatado por diferentes estudos. A atividade antioxidante

(KAMALAKKANNAN; PRINCE, 2006) é uma das principais ações atribuídas à rutina. Patil, Somashekarappa e Rajashekhar (2012) demonstraram que a rutina apresenta potencial, para reduzir a mortalidade induzida por radiação, em estudos realizados com ratos. A estimulação da atividade osteoblástica é outro indicativo de benefício da rutina (HYUN *et al.*, 2014) a qual também melhora a função endotelial, em decorrência do aumento da produção de óxido nítrico endotelial, que possui efeito vasculoprotetor (UGUSMAN *et al.*, 2014). Niture, Ansari e Naik (2014) relataram que a rutina é um possível modulador diabético. Resultados descritos por Na *et al.* (2014) apontam os benefícios da rutina quanto ao tratamento de distúrbios neurodegenerativos.

Em relação à variação da constituição química, Santos (2006) aponta que entre os materiais estudados, o proveniente de Pandeiros está entre os que apresentaram maiores teores de rutina. A Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pandeiros, segundo o Instituto Estadual de Florestas (IEF), contém área nos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho, com total de 396.060,407 hectares; foi criada pela Lei nº 11.901 de 1995, sendo o rio de Pandeiro o seu alvo de proteção. Essa área faz parte das unidades de conservação de uso sustentável, sendo seu uso permitido, desde que seja respeitada a sustentabilidade dos recursos naturais. Essas áreas são protegidas e, por isso, tornam-se fundamentais para a execução de pesquisas científicas de interesse biológico.

REFERÊNCIAS

- BIZERRIL, M. X. A.; RODRIGUES, F. H. G.; HASS, A. Fruit consumption and seed dispersal of *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae) by the lowland tapir in the Cerrado of Central Brazil. **Brazilian Journal of biology**, v. 65, n. 3, p. 407–413, 2005.
- BRASIL. Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços. Exportação e Importação Geral: Rutosídeo (rutina) e seus derivados. In: **Comex Stat** [site]. 2020. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral/23206>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Estudos e documentos de comércio exterior: como exportar** –Cex: 157. Brasília, DF: Ministério das Relações Exteriores; Departamento de Promoção Comercial, 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: Região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, 2016.
- CALDEIRA JÚNIOR, C. F.; PAULA, T. O. M.; SANTOS, A. M. S. Fenologia da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, n. 4, 2008.
- CHAVES, M. M. F.; USBERTI, R. Previsão da longevidade de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth.). **Brazilian Journal of Botany**, v. 26, n. 4, p. 557–564, 2003.
- FAGUNDES, M.; CAMARGOS, M. G.; COSTA, F. V. A qualidade do solo afeta a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae: Mimosoideae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, p. 908–915, 2011.
- FERREIRA, R. A. *et al.* Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de *Dimorphandra mollis* Benth.-faveira (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica (Brazilian Journal of Botany)**, 2001.
- FILIZOLA, B. C. **Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável da Fava d'anta**. Brasília: Embrapa ; ISPN, 2013.
- GOMES, L. J. **Extrativismo e comercialização da fava danta (*Dimorphandra* sp.) estudo de caso na região de cerrado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1998.
- HYUN, H. *et al.* Effects of watercress containing rutin and rutin alone on the proliferation and osteogenic differentiation of human osteoblast-like MG-63 cells. **The Korean Journal of Physiology & Pharmacology**, v. 18, n. 4, p. 347–352, 2014.
- KAMALAKKANNAN, N.; PRINCE, P. S. M. Rutin improves the antioxidant status in streptozotocin-induced diabetic rat tissues. **Molecular and cellular biochemistry**, v. 293, n. 1–2, p. 211, 2006.
- KUBALT, K. The role of phenolic compounds in plant resistance. **Biotechnology and Food Science**, v. 80, n. 2, p. 97-108, 2016.
- LUCCI, N.; MAZZAFERA, P. Rutin synthase in fava d'anta: purification and influence of stressors. **Canadian journal of plant science**, v. 89, n. 5, p. 895-902, 2009.
- MINAS GERAIS. **Lei n.º 11.901, de 01 de setembro de 1995**. Declara de proteção ambiental as áreas de interesse ecológico situadas na Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros. 1995.
- NA, J.Y. *et al.* Rutin alleviates prion peptide-induced cell death through inhibiting apoptotic pathway activation in dopaminergic neuronal cells. **Cellular and molecular neurobiology**, v. 34, n. 7, p. 1071-1079, 2014.
- NITURE, N. T.; ANSARI, A. A.; NAIK, S. R. Anti-hyperglycemic activity of rutin in streptozotocin-induced diabetic rats: an effect mediated through cytokines, antioxidants and lipid biomarkers. **Indian J Exp Biol.**, v. 52, n. 7, p. 720-7, 2014.

NUNES, J. D.; NERY, O. S.; FIGUEIREDO, L. S.; COSTA, C. A.; MARTINS, E. R. O extrativismo da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) na região do Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 370–375, 2012.

OLIVEIRA, D. M. T. Morfologia de plântulas e plantas jovens de 30 espécies arbóreas de Leguminosae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 13, n. 3, p. 263–269, 1999.

PANCHE, A. N.; DIWAN, A. D.; CHANDRA, S. R. Flavonoids: an overview. **Journal of nutritional science**, v. 5, 2016.

PATIL, S. L.; SOMASHEKARAPPA, H. M.; RAJASHEKHAR, K. P. Radiomodulatory role of Rutin and Quercetin in Swiss Albino mice exposed to the whole body gamma radiation. **Indian journal of nuclear medicine: IJNM: the official journal of the Society of Nuclear Medicine**, India, v. 27, n. 4, p. 237, 2012.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh journal of botany**, v. 60, n. 1, p. 57, 2003.

SANRISIL. **Comparamos a Rutina, Isoquercetina e Quercetina. Veja os resultados.**

SANTOS, E. A. M. **Obtenção de rutina de *Dimorphandra* sp.**: do processamento dos frutos à obtenção de extrato enriquecido. 2006. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, [Belo Horizonte], 2006.

SILVA, M. F. **Dimorphandra (Caesalpinaceae)**. Flora neotropical. New York: The New York Botanical Garden, 1986. p. 1–126.

SUDRÉ, C. P. *et al.* Coleta, caracterização e divergência fenotípica de frutos de fava-d'anta. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 1–8, 2011.

TAVARES, W. DE S. *et al.* The chemical exploration of *Dimorphandra mollis* (Fabaceae) in Brazil, with emphasis on insecticidal response: A review. **Journal of scientific & industrial research. C. Biological sciences**, v. 73, p. 465–468.

UGUSMAN, A. *et al.* Role of rutin on nitric oxide synthesis in human umbilical vein endothelial cells. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

VIANA, J. P. **Operacionalização da Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Sociobiodiversidade 2009-2013: há espaço para crescer.** Brasília: IPEA, 2015. (Texto para Discussão, n. 2104).

4 ARTIGOS

4.1 Artigo 1 – Aspectos etnobotânicos da fava-d’anta

Este artigo foi elaborado conforme as normas da Biodiversidade Brasileira.

Caracterização da cadeia coletora da fava-d’anta na APA do Rio Pandeiros

Resumo

A rutina é o principal constituinte químico dos frutos de fava-d’anta, espécie presente nas áreas de Cerrado. Seus frutos são obtidos pelo extrativismo e, após coletados, devem ser secos para serem vendidos. Assim, objetivou-se inicialmente com este estudo realizar diagnóstico sobre os aspectos do extrativismo de *Dimorphandra mollis* na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros. As entrevistas, utilizando questionário semiestruturado, foram realizadas em sete comunidades. Foi observado que a atividade de coleta dos frutos é realizada por todos os membros da família e que a maior parte dos entrevistados frequentaram a escola até a quarta série escolar. Entre as atividades relacionadas à cadeia produtiva, a dificuldade de secagem dos frutos é o principal relato dos entrevistados. Diante disso, outro objetivo do presente estudo foi investigar o processo de secagem dos frutos, visando conhecer as dificuldades e indicar uma metodologia que facilite e acelere o processo. Assim, foram avaliados quatro sistemas: área cimentada para a captação de água da chuva, direto sobre o solo, sobre tela tipo sombrite suspensa do solo e sobre lona plástica. De acordo com a avaliação da curva de secagem, quando foi realizada em área cimentada, levou 4,9 dias para a estabilização do peso, sendo esse o menor tempo observado. Assim, foi possível concluir que a atividade extrativista da fava-d’anta na APA do Rio Pandeiros é uma atividade familiar, sendo os envolvidos de baixa renda e escolaridade, e os frutos, quando secos em área cimentada, têm redução no tempo necessário para a secagem.

Palavras-chave: *Dimorphandra mollis* Benth. Extrativismo. Rutina. Secagem.

Introdução

A rutina é um bioflavonoide de interesse farmacêutico com ação neuroprotetora, podendo ser aliada no tratamento e prevenção de doenças relacionadas a lesões cerebrais, como Alzheimer e Parkinson (Javed *et al.*, 2012; Khan *et al.*, 2009). Efeito vasculoprotetor (Diwan *et al.*, 2017; Shen *et al.*, 2002) e redução de disfunções, como síndrome do ovário policístico (Hu *et al.*, 2017), diabetes (Wang *et al.*, 2015) e tumores de leucemia (Lin *et al.*, 2011), foram relacionadas com essa substância.

A china é o principal fornecedor mundial de rutina (Gupta *et al.*, 2014), sendo a *Sophora japonica* L. a principal fonte desse metabólito, com teor de rutina entre 8 e 20%, considerando flores e botões florais, respectivamente (He *et al.*, 2016). Dados do Comércio exterior do Brasil apontam que, em média, entre 2011 e 2020 foram exportados 1808,5 t de rutina e seus derivados, com preço médio de US\$ 32,49 por kg (BRASIL, 2020). Esses valores apontam a importância econômica dos bioflavonoides encontrados na fava-d'anta. No Brasil, a *Dimorphandra mollis* e *Dimorphandra gardneriana*, ambas popularmente conhecidas por fava-d'anta, são espécies que apresentam rutina em seus frutos, com interesse comercial e sem diferenciação para a indústria (Gomes, 1998). Ratter *et al.* (2003), em estudo sobre as áreas do Cerrado, relataram que, em 74% dessas áreas, ocorrem as espécies *D. molli* e *D. gardneriana*.

O processo de extrativismo da fava-d'anta é a única forma de obtenção dos frutos, com coletas concentradas entre os meses de abril a agosto (Filizola, 2013), podendo variar de acordo com a região. Os frutos coletados, na maior parte das vezes, são secos antes da comercialização e, conforme Nunes *et al.* (2012), esse processo está entre as maiores dificuldades relatadas pelos extrativistas na produção da espécie. Os extrativistas são parte fundamental na cadeia produtiva da fava-d'anta, de modo que o levantamento de informações etnobotânicas, considerando as especificidades locais, torna-se necessário, para planejar e entender a cadeia extrativista nacional e evitar a extinção da espécie pela sua exploração inadequada.

O teor de rutina, em frutos de fava-d'anta, proveniente do extrativismo na região de Pandeiros, tende a ser maior, segundo estudo de Santos (2006), que avaliou frutos de dez regiões de Minas Gerais. A Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pandeiros, com um total de 396.060,407 hectares, foi criada pela Lei nº 11.901 de 1995, sendo o rio de Pandeiro o seu alvo de proteção. Essa área faz parte das unidades de conservação de uso sustentável, sendo seu uso permitido, desde que seja respeitada a sustentabilidade dos recursos naturais (Minas Gerais, 1995).

Diante disso, o objetivou-se com este estudo realizar levantamento de informações sobre o extrativismo de *Dimorphandra mollis*, na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, em Minas Gerais, além de investigar aspectos da secagem de frutos, relatada como uma das principais dificuldades na produção da espécie.

Material e Métodos

Levantamento dos aspectos extrativistas da fava-d'anta na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros

O estudo foi desenvolvido em comunidades localizadas na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, em Minas Gerais. Após a identificação inicial dos extrativistas envolvidos na coleta da fava-d'anta, 20 coletores foram contactados e informados do objetivo do estudo, com o apoio de morador local. O “Termo de consentimento livre e esclarecido” (TCLE), previamente registrado no Sistema Nacional de Informação sobre Ética em Pesquisa (Número do Parecer - 2596673), envolvendo Seres Humanos e submetido ao comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), foi apresentado e assinado pelos entrevistados.

As comunidades visitadas foram: Pannels, Água Doce, Panela Pequena, Liasa, Cabeceira do Catulé, Larga de São Domingos e Ribeirão do Lavrado (Fig. 1). O questionário utilizado na condução das entrevistas foi semiestruturado (Verdejo, 2003), com questões sobre a estrutura familiar, procedimentos de coleta e comercialização dos frutos e conservação da espécie. As respostas foram registradas a partir das informações repassadas pelos extrativistas.

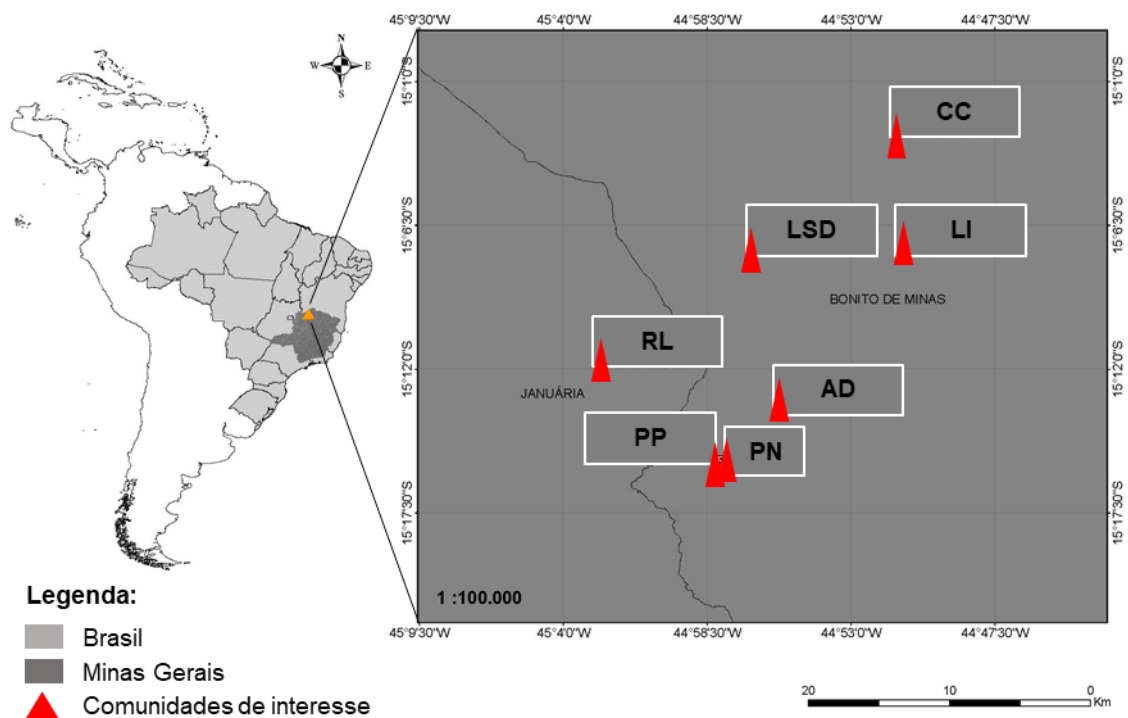


Figura 1 – Localização das comunidades Cabeceira do Catulé (CC), Larga de São Domingos (LSD), Liasa (LI), Ribeirão do Lavrado (RL), Água Doce (AD), Panela Pequena (PP) e Pannels (PN), situadas na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, ao Norte de Minas Gerais, Brasil. Fonte: dados coletados a campo e mapa elaborado no Argics.

Para verificar se os valores de comercialização da fava-d'anta tiveram aumento real em relação à inflação, os valores de comercialização descritos por Nunes *et al.* (2012) e Gomes (1998) foram corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor. Para isso, foi utilizada a calculadora do cidadão do Banco Central do Brasil (BACEN, [s.d.]).

Curva de secagem dos frutos

A partir das informações obtidas por meio das entrevistas, observou-se que a secagem dos frutos era uma das principais dificuldades relatadas pelos extrativistas. Baseado nessa informação, foi realizado o estudo sobre a secagem dos frutos.

A curva de secagem dos frutos foi avaliada, com base em quatro sistemas em campo: área cimentada ("Cisterna calçadão" para captação de água da chuva), direto sobre o solo (método usual), sobre tela tipo sombrite (suspensa do solo) e sobre lona plástica. Os sistemas foram montados em propriedade rural na APA do Rio Pandeiros sob as mesmas condições climáticas, as quais foram registradas pela estação meteorológica da comunidade de Água Doce. A variação de temperatura no período de secagem pode ser observada na Figura 2.

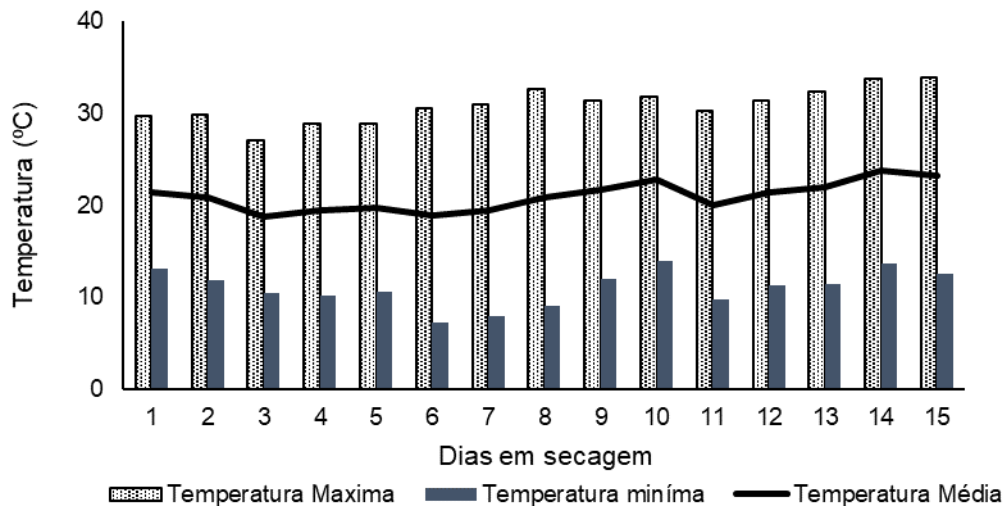


Figura 2 – Diagrama climático do período de 26 de maio a 09 de junho de 2018, na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros em Minas Gerais

Fonte: Estação meteorológica da comunidade de Água Doce, em Bonito de Minas, Minas Gerais, pertencente à Universidade Estadual de Montes Claros.

Foram utilizadas 10 repetições, em cada um dos quatro sistemas utilizados, sendo que cada parcela inicialmente apresentava peso aproximado de 1 kg. As amostras foram pesadas diariamente por 15 dias consecutivos. Com base nesses dados, foram utilizados modelos de regressão linear com resposta platô, para determinar o número de dias necessários para ocorrer a estabilização do peso da matéria seca dos frutos, considerando o seguinte modelo:

$$y_i = \{\beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i \text{ se, } X_i \leq X_c \quad P + \epsilon_i \text{ se, } X_i > X_c, \quad i = 1, \dots, 15 \quad (1)$$

Sendo y_i a resposta (matéria seca); X_i , o número de dias de secagem; X_c o número de dias para estabilização da matéria seca; P o coeficiente de variação no platô (matéria seca constante); β_0 o ponto de intercessão; β_1 o coeficiente angular e; ϵ_i é o erro aleatório. O número de dias necessário, para a estabilização da matéria seca, foi estimado de acordo com o seguinte modelo, $X_c = (\hat{P} - \beta_0) / \beta_1$, em que β_0 , β_1 e \hat{P} são valores obtidos a partir do modelo 1 (SANTANA *et al.*, 2016).

Após o período de secagem em campo, foi determinado o rendimento de matéria seca, considerando a seguinte fórmula:

$$\text{Rendimento de matéria seca (\%)} = Pf \times 100Pi$$

Sendo P_i - Peso inicial dos frutos; P_f - Peso final (após estabilização da matéria seca, considerando a resposta do modelo anterior).

Resultados e Discussão

Etnobotânica

Os extrativistas entrevistados predominantemente são casados (95%), com idade média de 45 anos, com intervalo de idade entre 24 a 68 anos. Entre eles, 47% frequentaram a escola até a 4ª série e, em média, 18 anos é o tempo que estão envolvidos com a coleta da fava-d'anta, variando entre 1 a 39 anos o tempo de envolvimento com a atividade. Aproximadamente 90% dos extrativistas envolvem outros familiares na coleta da fava, que ocorre de abril a julho, sendo a cor dos frutos ("ainda verde") e a espessura ("não fino") os principais critérios utilizados para avaliar o momento adequado para coleta.

O preço médio dos frutos relatado pelos entrevistados foi de R\$ 0,43 e R\$ 0,78 por kg de fruto fresco e seco na safra 2017, respectivamente, sendo que por extrativista e por safra são coletados, em média, 396 kg de frutos secos. Considerando as informações relacionadas ao tempo de coleta, verificou-se que por dia são trabalhadas 7 horas, em média, na coleta da fava-d'anta e por hora trabalhada são coletados 20,4 kg de frutos frescos. Isso mostra que por dia são coletados, em média, 146 kg de frutos frescos, equivalendo a uma renda de R\$ 62,78 pela venda dos frutos frescos, ou R\$ 51,92, caso os frutos fossem vendidos após a secagem. Em relação ao uso, 58,80% dos entrevistados não sabem qual a finalidade dos frutos, sendo que os demais, quando questionados sobre isso, apontaram sua utilização para "*alimento pro gado*" e para "*fazer remédio*". Entre as dificuldades relatadas pelos entrevistados está a própria operação de coleta da fava-d'anta em campo e o processo de secagem. No tocante ao plantio de mudas, 94% dos entrevistados nunca plantaram ou fizeram mudas de fava-d'anta.

Nunes *et al.* (2012) retrataram perfil de extrativistas de fava-d'anta semelhante ao observado no município de Bonito de Minas, sendo eles predominantemente casados, com baixo grau de escolaridade e com participação de outros familiares na coleta. Mendes *et al.* (2014), Lima (2008), Gomes & Carvalho (2012) descrevem perfil de extrativista de regiões distintas do Brasil, mas o baixo grau de escolaridade é predominante em todos os trabalhos, o que demonstra que essa realidade é comum entre os envolvidos nas atividades extrativistas, mesmo em se tratando de espécies vegetais diferentes. Essa realidade se reflete no índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), que tem como uma de suas variáveis o

grau de escolaridade da população, sendo que, em 2010, para Bonito de Minas, esse índice estava em 0,537, o que é considerado baixo, segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil e coloca o município na posição 851º, estando à frente de apenas dois municípios do estado de Minas Gerais (ATLAS, 2010). Considerando que Bonito de Minas está entre os três municípios com as menores rendas per capita do estado de Minas Gerais (PNUD, 2016) e que sua população está situada predominantemente na zona rural (IBGE, 2010), a prática do extrativismo dos frutos da fava-d'anta se tornou uma atividade de importância socioeconômica para os envolvidos, pois é fonte de renda para os coletores.

A coleta dos frutos acontece entre os meses de abril e agosto (Filizola, 2013), sendo que Gomes (1998) aponta que Minas Gerais é o primeiro estado a ofertar a fava-d'anta, com início no mês de abril. Assim, nota-se que o período de coleta dos frutos relatado pelos coletores (abril a julho) vai ao encontro à literatura e ao relatado por Caldeira Júnior, Paula e Santos (2008) que descreveram que o período ideal de coleta vai de abril a maio, no Norte de Minas. Nunes *et al.* (2012) registraram, em suas entrevistas, que o período de coleta se inicia em maio, tendo pico de produção em junho. Considerando que a fenologia das espécies se altera, em relação à sua localização geográfica (Newstrom *et al.*, 1994), bem como é esperada essa variação, no período de coleta nas distintas localidades, é ponto positivo para a cadeia produtiva que receberá os frutos em períodos diferentes do ano.

O preço de venda da fava-d'anta, coletada na safra de 2018, sofreu acréscimo de R\$ 0,03 e R\$ 0,08 ao preço dos frutos verdes e secos, respectivamente, nos últimos 10 anos, considerando os valores apresentados por Nunes *et al.* (2012) como praticados na safra de 2009. Os valores corresponderam, em 2018, a R\$ 308,88 de renda complementar, considerado os 396 kg de frutos secos coletados, em média, por extrativista. Em 2006/2007, Afonso *et al.* (2008) apresentaram preços de R\$ 1,20 por kg de fruto seco, comercializado pela Cooperativa de Produtores Rurais e Catadores de Pequi de Japonvar, diretamente à empresa Merck. Nota-se que a presença de intermediário entre a empresa e o extrativista faz com que o valor repassado para os coletores seja menor.

O interesse comercial pela rutina, presente nos frutos da fava-d'anta, não garante o equilíbrio entre os valores de comercialização pelas indústrias e o repassado para os extrativistas, que são peças fundamentais para a obtenção da matéria-prima. De acordo com o Ministério das Relações Exteriores, a rutina e seus derivados estava entre os principais produtos exportados para a Rússia, correspondendo a US\$ 1.038.514,00, em 2006 (BRASIL, 2008) e, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Insumos Farmacêuticos, até setembro de 2018 o Brasil havia exportado 2.112 kg de rutina por US\$ 170.933, 00, o que corresponde a US\$ 80,93 por kg do bioflavonoide (ABIQUIFI, 2018),

A garantia por um preço mínimo, para a comercialização dos frutos de fava-d'anta, passou a ser objeto de estudo da Política de Garantia do Preço Mínimo para a Sociobiodiversidade (PGPMBIO) (Viana, 2015). Além disso, foi incluída entre as “Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial”, publicação do Ministério do Meio Ambiente do Brasil (BRASIL, 2016). Com a inclusão da espécie nos programas de garantia de preço, busca-se melhor remuneração para os extrativistas, que são a base da cadeia produtiva.

O preço de venda dos frutos frescos, em 2018, foi superior ao corrigido pela inflação entre 1998 e 2018, considerando o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (IPCA). O índice de correção do período de 07/1997 a 07/2018 foi de 3,43, enquanto entre 07/2009 a 07/2018 foi de 1,70, segundo a

metodologia de correção de valores do Banco Central do Brasil (BACEN, [s.d.]). No entanto nota-se que o valor repassado para os extrativistas ainda é ínfimo em relação ao preço praticado na exportação da rotina (Figura 3).

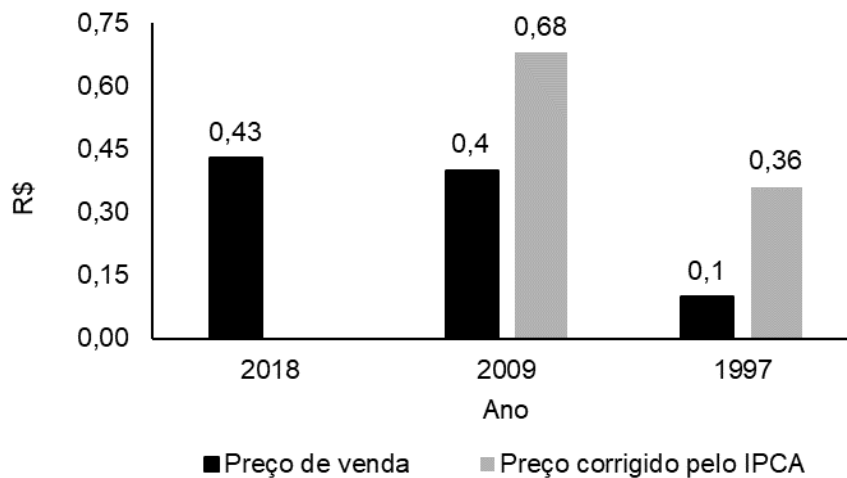


Figura 3 – Preços de venda (barra preta) da fava-d'anta, nas safras dos anos 2018, 2009 e 1997 e preços corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) em municípios do Norte de Minas Gerais. Fonte: Dados do autor, Nunes *et al.* (2012), Gomes (1998), Banco Central do Brasil.

Considerando as dificuldades relatadas pelos extrativistas, 90 % deles informaram que a coleta e secagem são as principais dificuldades. A dificuldade na coleta está relacionada ao procedimento de buscar o material vegetal nas áreas e à altura das plantas que necessitam de materiais auxiliares para alcançar os frutos. A utilização de ferramentas, como ganchos e podões, foi relatada. Nunes *et al.* (2012) e Gomes (1998) também relatam o uso de facão e foice para derrubadas dos frutos, no entanto apontam uma redução de produção no ano seguinte.

Secagem

Entre as dificuldades relatadas pelos entrevistados, está o processo de secagem dos frutos, os quais necessitam ser revolvidos durante os dias de secagem. Entre os sistemas avaliados em campo, a secagem em área cimentada foi a que primeiro apresentou a estabilização da matéria seca dos frutos (4,9 dias de secagem), enquanto os frutos secos no solo, método habitual de secagem, demandaram mais tempo (6,7 dias) para perda da água do material vegetal (Figura 4).

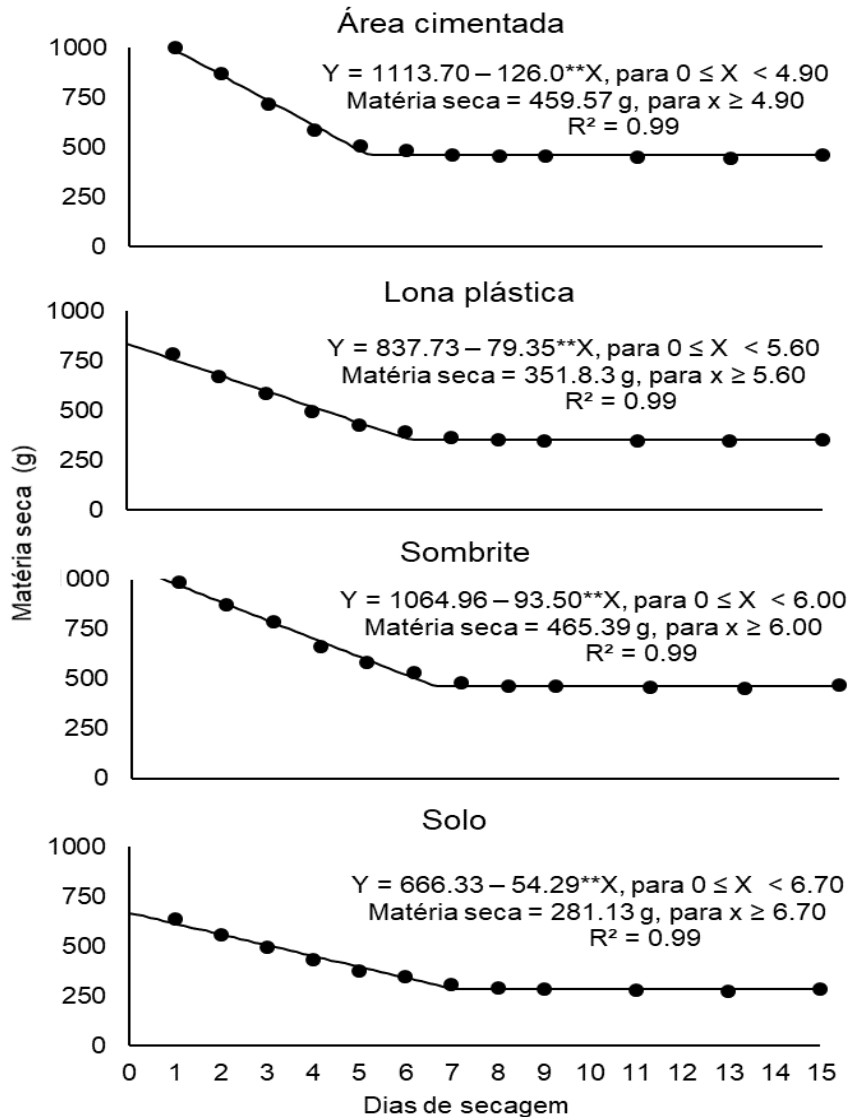


Figura 4 – Número de dias para a estabilização da matéria seca dos frutos de *Dimorphandra mollis* Benth. considerando os sistemas de secagem – área cimentada, sombrite, lona plástica e solo – no município de Bonito de Minas, Minas Gerais. Fonte: Dados do autor.

A porcentagem de umidade perdida pelos frutos, no processo de secagem, correspondeu, em média, a $54,40\% \pm 1,15$, considerando todos os sistemas avaliados, o que corresponde ao rendimento de 45,6 % de matéria seca. O kg de fruto fresco de fava-d'anta irá fornecer 0,456 kg de fruto seco, demonstrando que não é viável o processo de secagem pelos extrativistas, pois o kg de frutos frescos, vendido por R\$0,43 após secagem, será comercializado por apenas R\$ 0,35. Isso deixa claro que, mesmo demandando maior volume de trabalho, os extrativistas não recebem remuneração para isso.

A área cimentada, utilizada na secagem dos frutos, a Cisterna Calçadão e disponível em várias propriedades na região, são espaços que têm por finalidade a captação de água durante o período de chuvas da região. Tais estruturas têm 200 m^2 e área cimentada e ficam ociosas no período seco, tendo sido construídas com recursos governamentais. No entanto, apesar de não haver essa estrutura em todas as propriedades, deve haver estímulo ao seu compartilhamento entre extrativistas próximos à área

de secagem de fava-d'anta, pois o período de coleta dos frutos não coincide com o período chuvoso da região.

Gomes (1998), descrevendo o procedimento adequado de secagem dos frutos de fava-d'anta, aponta que a secagem espalhando a fava diretamente no solo não é recomendada. Assim, não se recomenda a secagem dos frutos no solo, pois, além da contaminação, leva maior tempo para a secagem. Segundo esse autor, a secagem dos frutos leva de 8 a 12 dias, no entanto, no presente trabalho, o tempo máximo necessário, para atingir a estabilização do peso, foi de 6,7 dias (secagem em solo). Porém ressalta-se que as variações, nas condições climáticas, sobretudo, temperatura e umidade relativa do ar, influenciam diretamente no tempo de secagem dos frutos.

Diante do observado, na condução do presente trabalho, nota-se que os extrativistas envolvidos diretamente na coleta dos frutos são os que recebem menor remuneração, ao mesmo tempo que exercem a atividade principal da cadeia, a obtenção da matéria-prima. Os apontamentos deste trabalho, ao relatar a carência de informação dos extrativista quanto à importância da espécie, indicam o caminho inicial para a condução de trabalhos que devem passar pela conscientização dos extrativistas quanto à relevância da espécie. Além disso, trabalhos que tenham como base a conservação da espécie também se fazem necessários.

Conclusão

A atividade extrativista de *Dimorphandra mollis*, na área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, é uma atividade familiar, sendo as famílias envolvidas diretamente na coleta e secagem de baixa renda e escolaridade. A secagem dos frutos foi uma das dificuldades relatadas pelos entrevistados. De acordo com a avaliação da secagem dos frutos, quando é feita sobre área cimentada, esse processo ocorre de forma mais rápida, porém o valor pago pelo seco não justifica o processo de secagem feito pelo extrativista.

Referências

ABIQUIFI. Associação Brasileira da Indústria de Insumos Farmacêuticos. Disponível em: <http://abiquifi.org.br/abiquiflashes/abiquiflashes-062/>. Acesso em: 27 maio 2019.

Afonso SR, Angelo, H.; Almeida, A. N. **Caracterização da produção de pequi em Japonvar**, MG. Floresta, 45(1): 49–56, 2008.

ATLAS. Atlas do desenvolvimento humano no Brasil. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>. Acesso em: 27 maio 2019.

BACEN. **Calculadora Cidadão**: correção de valores. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>. Acesso em: 24 jul. 2019.

BRASIL. Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços. Exportação e Importação Geral - Rutotidio (rutina) e seus derivados. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral/23206>. Acesso em: 15 set. 2020

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. 2008. Estudos e documentos de comércio exterior - como exportar, Rússia, Cex: 157. Coleção. 83p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2016. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro**: Região Centro-Oeste. Brasília, DF: MMA.

CALDEIRA JÚNIOR, C. F.; PAULA, T. O. M.; SANTOS, A. M. S. Fenologia da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, n. 4, 2008.

Diwan V, Brown L, Gobe GC. The flavonoid rutin improves kidney and heart structure and function in an adenine-induced rat model of chronic kidney disease. **Journal of Functional Foods**, 33:85–93, 2017.

Filizola BC. 2013. **Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável da Fava-d'anta**. 76p.

Gomes LJ. 1998. **Extrativismo e comercialização da fava danta (*Dimorphandra* sp.) estudo de caso na região de cerrado de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras. 158p.

Gomes VLB, Carvalho RSC. Trabalho Extrativista e condições de vida dos trabalhadores/famílias na Ilha Combú-Pará. **Argumentum**, 4(2): 208–224, 2012.

Gupta N, Chauhan RS, Pradhan JK. 2014. Rutin: A Bioactive Flavonoid. p. 51–57. *In: Handbook of Medicinal Plants and Their Bioactive Compounds*.

He X, *et al.* Local and traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of *Sophora japonica* L.: A review. **Journal of ethnopharmacology**, 187:160–182, 2016.

Hu T, *et al.* Brown adipose tissue activation by rutin ameliorates polycystic ovary syndrome in rat. **The Journal of nutritional biochemistry**, 47:21–28, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bonito de Minas**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/bonito-de-minas.html>. Acesso em: 24 jul. 2019.

Javed H, *et al.* Rutin prevents cognitive impairments by ameliorating oxidative stress and neuroinflammation in rat model of sporadic dementia of Alzheimer type. **Neuroscience**, 210:340–352, 2012.

Khan MM, *et al.* Rutin protects the neural damage induced by transient focal ischemia in rats. **Brain research**, 1292:123–135, 2009.

Lima ILP. 2008. **Etnobotânica quantitativa de plantas do Cerrado e extrativismo de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) no Norte de Minas Gerais: implicações para o manejo sustentável**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília. 106p.

Lin J, *et al.* Rutin inhibits human leukemia tumor growth in a murine xenograft model in vivo. **Environmental toxicology**, 27(8):480–484, 2011.

Mendes MF, Neves SMAS, Silva JDSV, Neves RJ, Silva TP. Perfil dos agricultores familiares extrativistas da região Sudoeste matogrossense, Pertencente à bacia do alto Paraguai-Brasil. **Boletim de Geografia**, 32(3): 94–109, 2014.

Minas Gerais. **Lei n.º 11.901, de 01 de setembro de 1995**. Declara de proteção ambiental as áreas de interesse ecológico situadas na Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros. Disponível em <https://uc.socioambiental.org/pt-br/arp/2823#direitos>. Acesso em 15 set. 2018.

Newstrom LE, Frankie GW, Baker HG. A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, 26(2):141-159, 1994.

Nunes, J. D., Nery, O. S., Figueiredo, L. S., Costa, C. A., Martins, E. R. O extrativismo da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) na região do Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 14(2):370–375, 2012.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). 2016. Desenvolvimento humano nas macrorregiões brasileiras. Relatório Técnico. 55p.

Ratter JÁ, Bridgewater S, Ribeiro JF. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh journal of botany**, 60(1): 57–109, 2003.

Santana T, Scalon J, Bittencourt T, Santana AD. Modelo von Bertalanffy com resposta em platô para descrever curvas de crescimento de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Biometria**, 34:646–655, 2016.

Santos EAM. 2006. **Obtenção de rutina de Dimorphandra sp.: do processamento dos frutos à obtenção de extrato enriquecido**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). 78 p.

Shen SC, *et al.* In vitro and in vivo inhibitory activities of rutin, wogonin, and quercetin on lipopolysaccharide-induced nitric oxide and prostaglandin E2 production. **European journal of pharmacology**, 446(1–3): 187–194, 2002.

Verdejo ME. 2003. **Diagnóstico rural participativo**: guia prático. Centro Cultural Poveda. 118 p.

VIANA JP. 2015. **Operacionalização da Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Sociobiodiversidade 2009-2013**: Há espaço para crescer. Texto para Discussão. 28p

Wang YB, Ge ZM, Kang WQ, Lian ZX, Yao J, Zhou CY. Rutin alleviates diabetic cardiomyopathy in a rat model of type 2 diabetes. **Experimental and therapeutic medicine**, 9(2): 451–455, 2015.

4.2 Artigo 2 – Biometria, coloração e teor de flavonoides de frutos de fava-d'anta como indicadores do momento de coleta

Este artigo foi elaborado conforme as normas da revista Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants.

Biometria e coloração de frutos de fava-d'anta como indicadores do momento de coleta

Resumo

A fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.), nativa do Cerrado, tem os frutos colhidos, antes da maturação, para a extração de flavonoides na indústria farmacêutica. A rutina, flavonoide predominante nos frutos, apresenta ação protetora do sistema nervoso e de vasos capilares. O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre os parâmetros biométricos, coloração e o teor de rutina, para a determinação do ponto ótimo de coleta de frutos de *D. mollis*. Para determinar o ponto de coleta ideal, foram feitas oito coletas ao longo do desenvolvimento dos frutos. Os frutos coletados foram avaliados em relação à biometria (comprimento, espessura e massa seca), coloração (partes imaturas e secas), teor de rutina e quercetina e presença de isoquercetina. O comprimento médio dos frutos ($14,2 \pm 2,1$ cm) não variou entre as coletas, porém houve variação na massa seca ($4,3 \pm 2,9$ g; $16,1 \pm 6,1$ g) e espessura ($4,2 \pm 1,4$ mm; $8,8 \pm 4,2$ mm) entre a primeira e oitava coleta. Os frutos avaliados possuíam partes imaturas como predominantes. Os teores de rutina ($13,8 \pm 4,5\%$) e quercetina ($0,013 \pm 0,014$) não variaram entre as coletas, assim, o rendimento final de rutina (0,63 g) e quercetina (0,00059 g), na última coleta, foi maior que nas demais. A isoquercetina foi detectada em todas as amostras analisadas. Conclui-se que, para garantir maior rendimento de rutina nos frutos de fava-d'anta, devem ser coletados imaturos, mas com tons mais amarelados e com maior massa seca e espessura.

Palavras-Chave: *Dimorphandra mollis*, quercetina, isoquercetina, flavonoides.

1 Introdução

Os flavonoides são metabólitos secundários, que constituem o grupo mais diversificado dos compostos fenólicos, compreendendo as flavonas, flavanonas, isoflavonas, flavonois, flavanois e antocianinas (Panche *et al.*, 2016). A composição química e a quantidade dos metabólitos secundários podem variar em relação a fatores, como incidência luminosa (Świgło *et al.*, 2007) e estágio de desenvolvimento, tendendo a reduzir quanto mais avançada está a maturação (Hu *et al.*, 2018).

Na subclasse dos flavonois está a rutina, um heterosídeo glicosilado, que tem a quercetina como precursora e a isoquercetina como molécula intermediária (Lucci e Mazzafera, 2009a). A rutina possui importantes propriedades farmacológicas, atua na proteção de vasos sanguíneos (Diwan *et al.*, 2017; Shen *et al.*, 2002), na regulação de disfunções como síndrome do ovário policístico (Hu *et al.*, 2017), no controle de diabetes (Wang *et al.*, 2015) e redução de tumores de leucemia (Lin *et al.*, 2011). Além disso, tem demonstrado potencial no tratamento de enfermidades atreladas a danos cerebrais, como Alzheimer e Parkinson (Javed *et al.*, 2012; Khan *et al.*, 2009), pela sua ação neuroprotetora.

As principais fontes de rutina para a comercialização são as espécies conhecidas popularmente como trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench, *Fagopyrum tataricum*), a árvore japonesa *Sophora japonica* L. e a fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* e *Dimorphandra gardneriana*) (Becho *et al.*, 2009), sendo a China o principal país exportador de rutina (Gupta *et al.*, 2014). Entre as espécies utilizadas, para a comercialização de rutina, a *Dimorphandra mollis* destaca-se por sua ocorrência natural em áreas de Cerrado, estando presente em mais de 74% desse bioma (RATTER *et al.*, 2003).

Os frutos da *Dimorphandra mollis* despertam o interesse da indústria pela constituição química, por ser abundante em flavonoides, principalmente a rutina (Gomes, 1998; Hubinger *et al.*, 2009). A isoquercetina, substância intermediária da biossíntese de rutina, destaca-se também com potencial de aplicação industrial, por apresentar potencial para tratamento de doenças respiratórias (Fernandez *et al.*, 2005). Em relação à absorção pelo organismo, a isoquercetina apresenta maior biodisponibilidade em relação à quercetina e rutina (Lee *et al.*, 2013).

Apesar do interesse da indústria pelos frutos de fava-d'anta, um dos entraves é a obtenção dos frutos. Os frutos da fava-d'anta são obtidos pelo extrativismo, sendo coletados entre os meses de abril e agosto, a depender da localização da área de ocorrência das árvores (Filizola, 2013). Por se tratar de frutos obtidos exclusivamente pelo processo de extrativismo, orientações são fundamentais, para que a coleta seja feita de forma que a espécie seja preservada, e o rendimento do composto de interesse seja maximizado. Assim, objetivou-se determinar o ponto ótimo, para a coleta de frutos de *Dimorphandra mollis*, considerando dados biométricos, colorimétricos correlacionados ao teor de flavonoides.

2 Material e Métodos

2.1 Área do estudo e material vegetal

Os frutos de *Dimorphandra mollis* foram coletados na área de preservação ambiental (APA) do Rio Pandeiros, em Minas Gerais, Brasil (latitude: 15°13'34.85"S, longitude: 44°54'53.14"O). As coletas

foram realizadas entre os meses de abril e julho de 2018, que corresponde ao período de frutificação da espécie na região. Foram realizadas oito coletas, com intervalo de 15 dias.

Os frutos foram acompanhados, durante seu desenvolvimento, entre os meses de abril e julho de 2018. Foram marcados 12 corimbo, em árvores distintas da área, de modo a garantir que os frutos avaliados durante oito coletas fossem advindos do mesmo corimbo.

2.2 Biometria

Os frutos coletados foram encaminhados ao Laboratório de Plantas Medicinais e Aromáticas do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros – MG, Brasil, onde as análises biométricas e químicas foram realizadas. Os dados de comprimento (cm) e espessura (mm) foram determinados com o auxílio de régua graduada e paquímetro digital, respectivamente. A massa fresca foi obtida em balança de precisão (0,001g) e, após a secagem dos frutos em estufa de circulação forçada de ar (65 °C) até peso constante, foram pesados novamente em balança de analítica para a obtenção da massa seca (g).

2.3 Preparo do extrato para a análise de flavonoides

Os frutos foram moídos em moinho analítico de facas e transferidos (0,05 g) para tubo cônico tipo Falcon e acrescidos de metanol (5 mL, 80% v/v). O sistema foi deixado em repouso por 24h ao abrigo da luz e centrifugado (4000 rpm) por 10 minutos, sendo o sobrenadante recolhido e utilizado nas análises (LUCCI; MAZZAFERA, 2009).

2.4 Análise de rutina, quercetina e isoquercetina

A análise dos flavonoides (rutina, quercetina e isoquercetina) foi realizada em cromatógrafo (CLAE-DAD) Shimadzu. As fases móveis utilizadas foram acetonitrila (grau HPLC) (A) e água ultrapura acidificada (0,5% v/v) com ácido fosfórico (B). O tempo de corrida foi de 45 minutos com o seguinte gradiente: a composição inicial de 80% B e 20% A, seguida do gradiente linear para 70% B e 30% A em 10 min; 10-25 min, de 70 a 78% de B e 30 a 22% de A; 25-30 min, de 78 a 80% B e 22 a 20% A; seguido de 15 minutos de pós-corrida com a composição inicial. O volume de injeção foi de 20 µL, com fluxo de 0,90 mL.min⁻¹ (Zhai et al. 2018). Os cromatogramas foram registrados a 190 a 450 nm, e a integração para quantificação de rutina a 350 nm e quercetina e 365 nm. Para a identificação dos metabólitos de interesse, foram utilizados o tempo de retenção (TR) e o espectro na região do ultravioleta, que foram comparados com dados obtidos, a partir da injeção dos padrões de rutina e quercetina (pureza > 95%, Sigma-Aldrich) com os mesmos parâmetros das amostras. O padrão de isoquercetina (pureza > 95%, Sigma-Aldrich) foi injetado (500 ppm) e o tempo de retenção foi o critério para confirmação, juntamente com o espectro de Uv-Vis (330 nm) nas amostras analisadas. O *software* utilizado para registro e análise dos cromatogramas e espectros foi o *LC solution*.

A partir da injeção dos padrões de rutina e quercetina, em faixa linear de concentração, foram obtidas as equações de regressão (curva de calibração) para a quantificação desses flavonoides nos

extratos (Tabela 1). Os limites de quantificação (LQ) e de detecção (LD) para os compostos, nas condições de trabalho utilizadas, foram calculados, sendo $LQ = (3,3 \times S_{xy}) / \alpha$ e $LD = (10 \times S_{xy}) / \alpha$, em que S_{xy} corresponde ao coeficiente angular e α ao erro-padrão da equação de regressão (Tabela 1).

Tabela 1: Equação de regressão e limites de quantificação (LQ) e detecção (LD) obtida, a partir da análise dos padrões de rutina e quercetina (pureza > 95%, Sigma-Aldrich), em faixa linear de concentração (mg L^{-1}), em cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos

Padrão	Concentração	Equação	r^2	LD (mg L^{-1})	LQ (mg L^{-1})
Rutina	40 a 1800	$Y = 34946X - 194510$	0,97	0,09	0,26
Quercetina	0,10 a 3,20	$Y = 58733X - 1284,6$	0,99	$1,36 \times 10^{-6}$	$4,13 \times 10^{-6}$

* Y = Área absoluta do pico; X = Concentração do composto no extrato (mg L^{-1})

2.5 Quantificação de flavonoides totais

Para a determinação do teor de flavonoides totais nos frutos, nos mesmos extratos preparados anteriormente (50 μL), foram adicionados de metanol (2 mL, 70%), de cloreto de alumínio (133 μL , 5% m/v) e de metanol (8,60 mL, 70% v/v). A reação permaneceu em repouso por 30 minutos e a absorbância lida a 425 nm em espectrofotômetro (Micronal) (Mendes *et al.* 2005). A equação de regressão, para a quantificação dos flavonoides, foi realizada com padrão de rutina.

Tabela 2: Equações de regressão obtidas, a partir da leitura de absorbância do padrão de rutina, para a quantificação de flavonoides em frutos de *Dimorphandra mollis*

Padrão	Concentração (mg mL^{-1})	Equação	R^2
Rutina	0,005 a 0,03	$Y = 28,451X - 0,0047$	0,99

* Y = Absorbância; X = Concentração do composto (mg L^{-1})

2.6 Análise de imagens

Os frutos coletados foram fotografados sob iluminação com lâmpadas fluorescentes brancas utilizando câmera fotográfica digital (Nikon P520). As fotos foram feitas com a câmera em posição paralela aos frutos, a uma altura de 30 cm. Posteriormente, as imagens digitais foram segmentadas, identificadas e mensuradas no *software R*, com o auxílio do pacote *EImage* (*R Development Core Team*, 2016). Nessa etapa, foi possível isolar na imagem o fundo e os tecidos imaturos e secos do fruto (Figura 1). Essa segmentação foi feita exclusivamente por cor, criando-se uma escala com os tons de branco contidos no fundo, com os tons de marrons contidos nos tecidos secos dos frutos e com os tons de verde contidos nas partes imaturas dos frutos. Desta forma, os valores de RGB, em cada pixel da paleta de cores, foram utilizados no ajuste de um modelo linear generalizado com função de ligação logístico. Após o ajuste desse modelo, cada pixel das imagens fotografadas foi categorizado, como fundo, tecido seco ou imaturo. Desta forma, para cada fruto foi estimada a média dos valores de vermelho, verde e azul (RGB) das partes imaturas e secas dos frutos. Além disso, sabendo o número de

pixels categorizados, como provenientes das partes secas e imaturas do fruto, estimou-se a porcentagem de tecido imaturo.

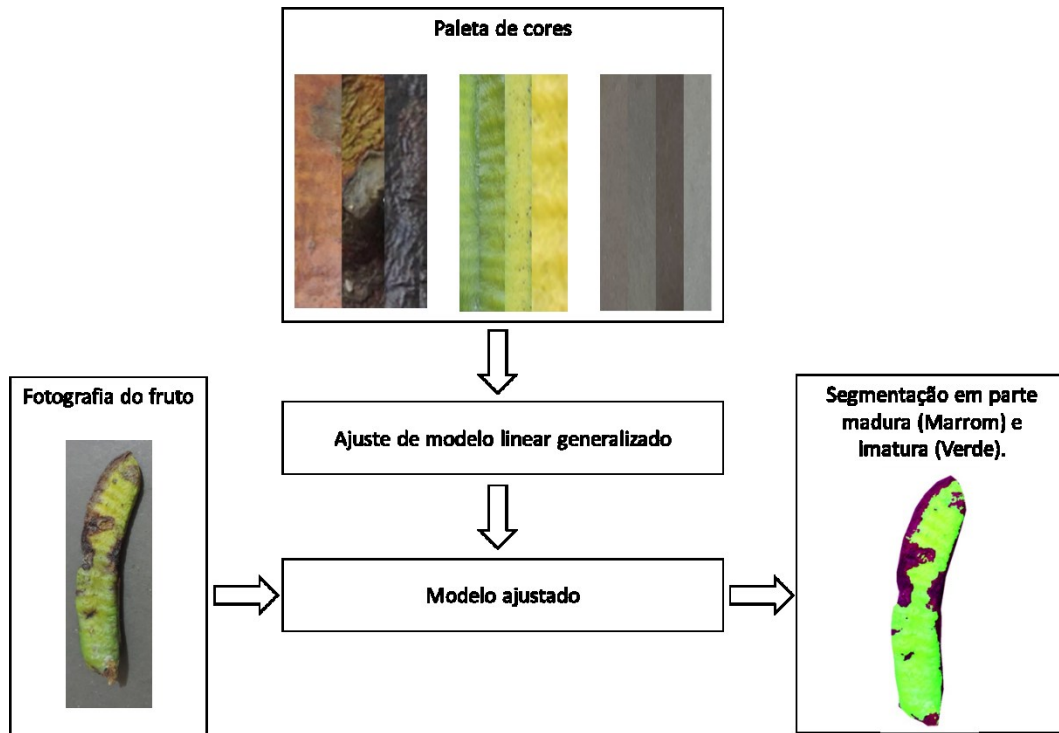


Figura 1: Fluxograma dos passos realizados para a segmentação das partes maduras e imaturas dos frutos de *Dimorphandra mollis* Benth

2.7 Análise de dados

As análises estatísticas foram realizadas no *software* R studio (Team, 2015). A análise descritiva dos dados de biometria, data de coleta e os resultados das análises químicas e das imagens por meio da função *mean* e *sd*. A fim de estudar a associação existente entre as variáveis, foi estimada a correlação de Spearman por meio da função *cor*. Para a melhor representação das estimativas de correlação, recorreu-se à representação gráfica em forma de rede por meio do pacote *qgraph*. A fim de verificar o efeito das variáveis colorimétricas, nos teores e rendimentos de flavonoides, rutina e quercetina, recorreu-se à regressão múltipla com o auxílio da função *lm*. Para isso, foi considerado o modelo: $Y_i = a + b \cdot \text{Im_Perc}_i + c \cdot \text{Imaturo_R}_i + d \cdot \text{Imaturo_G}_i + f \cdot \text{Imaturo_B}_i + g \cdot \text{Maduro_R}_i + h \cdot \text{Maduro_G}_i + i \cdot \text{Maduro_B}_i + e_i$. Em que Y_i é a variável dependente associada ao i -ésimo fruto; Im_Perc_i é porcentagem de tecido imaturo encontrado no i -ésimo fruto; Imaturo_R_i , Imaturo_G_i e Imaturo_B_i são os tons de Vermelho, verde e azul na parte imatura do fruto encontrado no i -ésimo fruto, respectivamente. Maduro_R_i , Maduro_G_i e Maduro_B_i são os tons de Vermelho, verde e azul na parte madura do fruto encontrado no i -ésimo fruto, respectivamente; a é o intercepto; b , c , d , f , g , h e i são os efeitos lineares associados à cada variável explicativa; e_i é o erro experimental associado ao i -ésimo fruto.

3 Resultados e Discussão

Os frutos avaliados na primeira coleta apresentaram matéria seca média ($4,3 \text{ g} \pm 2,9$) e espessura ($4,2 \text{ mm} \pm 1,4$) inferiores quando comparados com a última coleta ($16,1 \text{ g} \pm 6,0$) e ($8,8 \text{ mm} \pm 4,2$), conforme Tabela 2. Os dados demonstram que os frutos passaram a desenvolver espessura e massa seca após o comprimento médio atingir $14,2 \text{ cm} \pm 2,1$. Os dados biométricos médios dos frutos, observados neste estudo, estão de acordo com dados da literatura. Sudré *et al.* (2011), ao caracterizar a divergência fenotípica de frutos de *Dimorphandra*, verificaram que o comprimento e o diâmetro médio dos frutos é de 13,16 e 2,97 cm, respectivamente. No entanto, no presente estudo, o comprimento variou de 18,02 a 10,49 cm, enquanto, para largura, os valores observados foram de 3,64 a 2,44 cm.

Tabela 3: Variação da biometria em frutos de *Dimorphandra mollis*, em função de oito coletas realizadas entre os meses de abril e julho do ano de 2018, ao longo do desenvolvimento dos frutos, no município de Bonito de Minas – MG

Coleta	Espessura (mm)	Massa seca (g)	Comprimento (cm)
1	$4,2 \pm 1,4$	$4,3 \pm 2,9$	$12,9 \pm 2,6$
2	$5,5 \pm 1,7$	$7,2 \pm 4,4$	$13,6 \pm 2,5$
3	$6,8 \pm 2,1$	$9,1 \pm 4,6$	$15,3 \pm 2,0$
4	$7,3 \pm 2,1$	$9,9 \pm 5,3$	$14,0 \pm 1,7$
5	$8,7 \pm 2,0$	$12,6 \pm 4,6$	$14,3 \pm 1,1$
6	$9,1 \pm 2,5$	$14,6 \pm 6,6$	$15,4 \pm 2,2$
7	$9,4 \pm 2,1$	$14,6 \pm 5,1$	$14,3 \pm 2,1$
8	$8,8 \pm 4,2$	$16,1 \pm 6,1$	$14,3 \pm 2,0$
Média \pm Desvio-padrão	$7,4 \pm 2,7$	$10,8 \pm 6,0$	$14,2 \pm 2,1$

Foi possível determinar o teor médio de rutina ($13,8 \% \pm 4,5$) e quercetina ($0,013 \% \pm 0,014$) e o teor de flavonoides totais ($23,21 \pm 4,86\%$) entre os períodos de coleta (Tabela 4). Os teores de rutina e quercetina não sofreram variações entre os períodos de coleta, apesar de os frutos estarem em diferentes estágios de desenvolvimento, diferente do observado por Hu *et al.* (2018), em seu estudo avaliando frutos de manga, e também do observado por Griesser *et al.* (2008) que avaliaram frutos de morango. Esses autores observaram que quanto mais maduros os frutos, o teor desses flavonoides reduzia, demonstrando que as espécies possuem respostas metabólicas distintas. O teor de flavonoides totais médio foi próximo ao relatado por Hubinger *et al.* (2010), porém superior ao relatado por Macedo *et al.* (2004), o que pode justificar pela concentração do metanol utilizado ao preparo dos extratos, sendo, neste estudo, 80% v/v contra 70% v/v de Macedo e colaboradores. O método de extração e solvente utilizado influenciam na quantidade de metabólitos quantificados, sendo que soluções com maior quantidade de solventes polares, como, por exemplo, o metanol, tende a aumentar a quantidade de flavonoides extraídos e quantificados (Adil *et al.*, 2007; Rockenbach *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2016; Spagolla *et al.*, 2009). Além do método de extração e estágio de desenvolvimento, fatores como estação

do ano (Coutinho *et al.*, 2010), luminosidade (Gliszczynska *et al.* 2007) e localização geográfica (Santos, 2006) influenciam no teor de flavonoides produzido pelas plantas.

Tabela 4: Teores de rutina (TR), quercetina (TQ) e de flavonoides totais (TF), em frutos de *Dimorphandra mollis*, em função de oito coletas realizadas entre os meses de abril e julho do ano de 2018, ao longo do desenvolvimento dos frutos, no município de Bonito de Minas – MG, Brasil

Coleta	Teor de Rutina (%)	Teor de Quercetina (%)	Teor de Flavonoides totais (%)
1	12,9 ± 4,0	0,021 ± 0,011	21,6 ± 4,5
2	16,7 ± 5,6	0,013 ± 0,007	25,0 ± 6,3
3	13,2 ± 4,6	0,011 ± 0,003	23,4 ± 5,1
4	13,9 ± 4,5	0,020 ± 0,032	24,5 ± 5,1
5	14,1 ± 4,1	0,009 ± 0,002	24,3 ± 4,9
6	12,1 ± 3,0	0,012 ± 0,014	21,7 ± 3,9
7	13,6 ± 5,5	0,008 ± 0,004	22,9 ± 5,2
8	12,7 ± 1,9	0,009 ± 0,002	21,7 ± 3,6
Média Geral	13,8 ± 4,5	0,013 ± 0,014	23,3 ± 3,4

As análises em CLAE indicaram que o perfil cromatográfico das amostras dos frutos seguiu o mesmo padrão entre todas as coletas, sendo os picos de maior intensidade o correspondente à rutina (TR: 8,5 min), seguido da isoquercetina (TR: 9,6 minutos). A quercetina (TR: 20,0 minutos) foi identificada pela injeção de padrão analítico e espectro de UV (Figura 2).

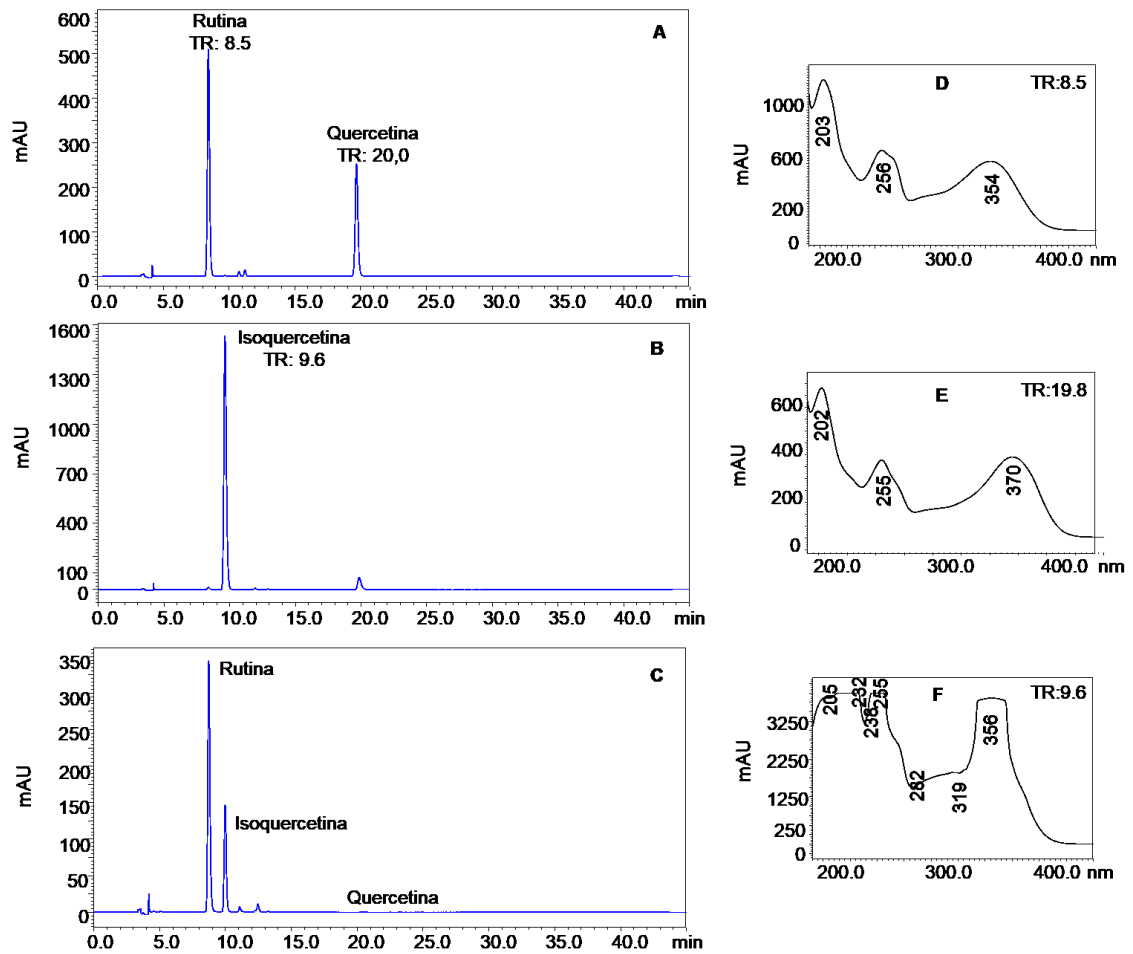


Figura 2: Cromatogramas e espectros de absorção na região do ultravioleta dos padrões de rutina, isoquercetina e quercetina e extrato metanólico de *Dimorphandra mollis* analisados por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos. A: Cromatograma obtido a partir da coinjeção dos padrões de rutina (200 mg L^{-1}) e quercetina (40 mg L^{-1}). B: Cromatograma obtido da injeção do padrão de isoquercetina (200 mg L^{-1}). C: Cromatograma obtido a partir da injeção do extrato metanólico (1000 mg L^{-1}). D: Espectro na região do ultravioleta (350 nm) do padrão de rutina. E: Espectro de na região do ultravioleta (365 nm) do padrão de quercetina. F: Espectro na região do ultravioleta (330 nm) do padrão de isoquercetina

O perfil cromatográfico reproduzível entre amostras de fava-d'anta também foi observado por Vieira (2018). Esse mesmo autor relata que o teor de rutina tende a reduzir a partir do momento em que os frutos de fava-d'anta perdem a coloração verde, tornando-se maduros. O resultado da correlação entre as variáveis químicas analisadas, biométricas e a análise das imagens corrobora com o observado por esse autor. Na Figura 3 estão representadas as correlações significativas pelo teste t ($p \leq 0,05$) entre todas as variáveis analisadas neste trabalho. Observou-se que, quando coletados mais tardios, menor tende a ser a porcentagem de tecido imaturo nos frutos de fava-d'anta.

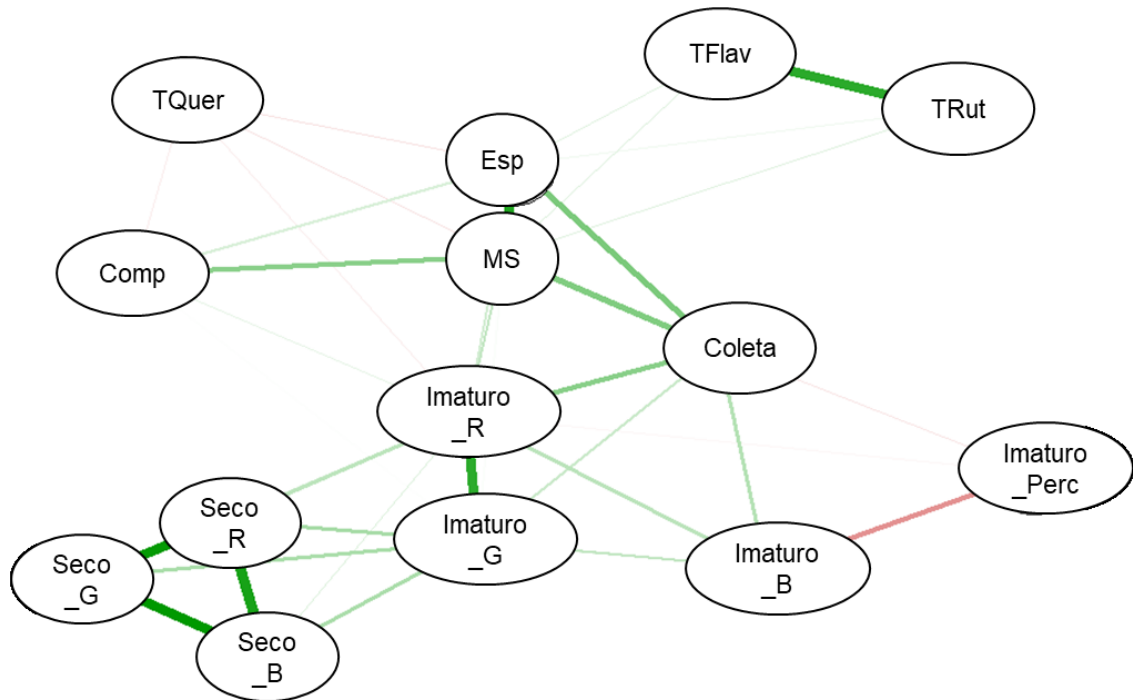


Figura 3: Correlações entre variáveis biométricas (Comp = comprimento, Esp = Espessura, MS = Massa seca), data de coleta (Coleta), os teores de quercetina (TQuer), rutina (TRut) e flavonoides (TFlav) e a proporção dos frutos correspondentes ao imaturo (Imaturo_Perc, Imaturo_B, Imaturo_G e Imaturo_R) e seco (Seco_B, Seco_G e Seco_R) de frutos de *Dimorphandra mollis* coletados entre abril e julho de 2018, na Área de Proteção Ambiental do rio Pandeiros, no Norte de Minas Gerais. * A existência de linhas entre as variáveis indica presença de correlação significativa. ** Linhas verdes representam correlação positiva e linhas vermelhas correlações negativas. Quanto mais próxima de 0 for o coeficiente de correlação, mais fina e clara é a linha. *** _R, _G, _B corresponde ao sistema de cores das imagens, sendo _R: Vermelho, _G: Verde e _B: Azul.

O período de coleta, ao mesmo tempo em que se correlaciona negativamente com a porcentagem de tecido imaturo nos frutos, correlaciona-se positivamente com a massa seca e a espessura (Figura 3). A partir do aumento da massa seca e da espessura dos frutos, o teor de rutina tende a aumentar ($r = 0,3$) e o de quercetina a reduzir ($r = -0,29$), porém com baixa proporcionalidade. Assim, utilizando a média do teor de rutina, observa-se que o rendimento por fruto tende a aumentar, enquanto o rendimento de quercetina tende a reduzir conforme pode ser observado na Figura 4. Os flavonoides estão presentes em maior teor no epicarpo e mesocarpo dos frutos (Macedo et al., 2004), partes que resultam em acréscimo da massa seca e espessura dos frutos fato que pode estar relacionado ao maior rendimento de rutina (g de rutina por fruto coletado) na coleta final.

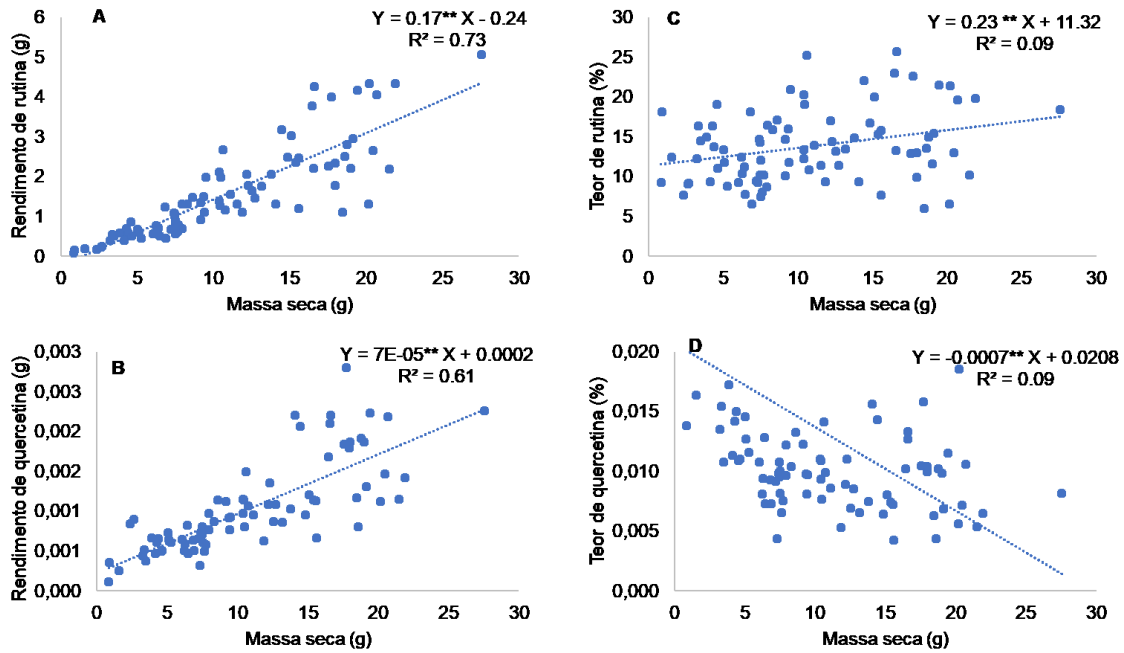


Figura 4: Rendimento de rutina (A) e quercetina (B) e Teores de rutina (C) e quercetina (D), em função da massa seca do fruto de *Dimorphandra mollis*, coletados no Norte de Minas Gerais e analisados por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos. ** Significativo a 1% de probabilidade

De forma geral, houve correlação entre todos os atributos colorimétricos. Porém apenas os tons de vermelho do tecido imaturo (Imaturo_R) se associou de forma negativa com o teor de quercetina, e a baixa estimativa de correlação indica baixa proporcionalidade (Figura 3). A fim de compreender melhor a associação entre os parâmetros colorimétricos avaliados e os flavonoides rutina e quercetina, realizou-se estudo de regressão múltipla (Tabela 5). Verificou-se a significância da regressão apenas para o rendimento de rutina. Nesse caso, não houve efeito significativo dos tons de vermelho, verde e azul (Seco_R, Seco_G e Seco_B) do tecido maduro. Porém, verificou-se efeito significativo e positivo, para a porcentagem de tecido imaturo e, além disso, efeitos significativos positivos para os tons de vermelho e azul do tecido imaturo e negativo para o tom de verde do tecido imaturo. Isso indica que os maiores rendimentos de rutina foram encontrados, em frutos mais imaturos, porém com tom de verde menos expressivo, ou seja, mais amarelado.

Tabela 5: Estimativas de coeficientes de regressão múltipla entre teores de flavonoides (TFlav), rutina (TRut) e quercetina (TQuec), rendimento de rutina (RRut) e quercetina (RQuec) e parâmetros colorimétricos de frutos de *Dimorphandra mollis*, coletados no Norte de Minas Gerais

Parâmetros	TFlav (%)	TRut (%)	TQuec (%)	RRut (g)	RQuec (g)
Intercepto	8,99	1,22	0,05	-3,27	0,001
Tecido Imaturo (%)	5,79	-0,16	-0,02	4,21*	0,002
Imaturo_R	28,75	22,62	-0,10 *	15,33**	0,005
Imaturo_G	-25,23	-16,99	0,04	-16,56**	-0,008
Imaturo_B	10,05	18,59	0,04	7,44**	0,005
Seco_R	-42,73	-96,66*	-0,03	-3,87	0,006
Seco_G	142,26	226,90**	-0,01	12,86	-0,017
Seco_B	-91,5 *	-124,54**	0,04	-8,30	0,011
R ²	0,14	0,16	0,14	0,27	0,101
Teste F	1,77	2,01	1,76	3,96**	1,224

Os resultados deste trabalho demonstram que características biométricas dos frutos de fava-d'anta podem ser utilizadas como indicadores para a definição do momento de coleta dos frutos. Frutos coletados com comprimento a partir de 14,2 cm, massa seca de 16,1 g e, ainda imaturos, mas com tom amarelado são mais viáveis para a indústria e para o coletor, pois a indústria receberá frutos com maior rendimento de rutina, e o coletor será melhor remunerado pelo peso dos frutos. Apesar de os frutos com tons amarelados serem viáveis para a indústria, em relação ao teor de rutina, os comerciantes locais não compram os frutos maduros, conforme relato por Nunes *et al.* (2012), em que um dos seus entrevistados relata que "*Se estiver madura, com cheiro de banana, o pessoal da empresa não compra*".

4 Conclusão

Para garantir maior rendimento de rutina nos frutos de fava-d'anta eles devem ser coletados imaturos, mas com tons mais amarelados e com maior massa seca e espessura.

5 Referências

- Adil, I.H., Cetin, H.I., Yener, M.E., Bayındırlı, A., 2007. Subcritical (carbon dioxide+ ethanol) extraction of polyphenols from apple and peach pomaces, and determination of the antioxidant activities of the extracts. *J. Supercrit. Fluids* 43, 55–63.
- Al-Shabib, N.A., Husain, F.M., Ahmad, I., Khan, M.S., Khan, R.A., Khan, J.M., 2017. Rutin inhibits mono and multi-species biofilm formation by foodborne drug resistant *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Food Control* 79, 325–332.
- Becho, J.R.M., Machado, H., Guerra, M.O., 2009. Rutina—estrutura, metabolismo e potencial farmacológico. *Rev. Interdiscip. Estud. Exp. e Humanos Interdiscip. J. Exp. Stud.* 1.
- Coutinho, I. D., Kataoka, V. M., Honda, N. K., Coelho, R. G., Vieira, M. C., & Cardoso, C. A. 2010. Influência da variação sazonal nos teores de flavonóides e atividade antioxidante das folhas de

- Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, Myrtaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 20, 322-327.
- Diwan, V., Brown, L., Gobe, G.C., 2017. The flavonoid rutin improves kidney and heart structure and function in an adenine-induced rat model of chronic kidney disease. *J. Funct. Foods* 33, 85–93.
- Fernandez, J., Reyes, R., Ponce, H., Oropeza, M., VanCalsteren, M.-R., Jankowski, C., Campos, M.G., 2005. Isoquercitrin from *Argemone platyceras* inhibits carbachol and leukotriene D4-induced contraction in guinea-pig airways. *Eur. J. Pharmacol.* 522, 108–115.
- Filizola, B. de C., 2013. Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável da Fava d'anta.
- Gliszczyńska Ś. A., Kałużewicz, A., Lemańska, K., Knaflewski, M., Tyrakowska, B. 2007. The effect of solar radiation on the flavonol content in broccoli inflorescence. *Food Chemistry*, 100, 241-245.
- Gomes, L.J., 1998. Extrativismo e comercialização da fava danta (*Dimorphandra* sp.) estudo de caso na região de cerrado de Minas Gerais. Lavras UFLA. Universidade Federal de Lavras.
- Griesser, M., Hoffmann, T., Bellido, M. L., Rosati, C., Fink, B. Kurtzer, R. Aharoni, A., Muñoz-Blanco, J., Schwab, W. R. 2008. Redirection of flavonoid biosynthesis through the down-regulation of an anthocyanidin glucosyltransferase in ripening strawberry fruit. *Plant Physiology*, 146, 1528-1539.
- Gupta, N., Chauhan, R.S., Pradhan, J.K., 2014. Rutin: A Bioactive Flavonoid, in: *Handbook of Medicinal Plants and Their Bioactive Compounds*. p. 51–57.
- Hu, K., Dars, A. G., Liu, Q., Xie, B., Sun, Z. 2018. Phytochemical profiling of the ripening of Chinese mango (*Mangifera indica* L.) cultivars by real-time monitoring using UPLC-ESI-QTOF-MS and its potential benefits as prebiotic ingredients. *Food chemistry*, 256, 171-180.
- Hu, T., Yuan, X., Ye, R., Zhou, H., Lin, J., Zhang, C., Zhang, H., Wei, G., Dong, M., Huang, Y., 2017. Brown adipose tissue activation by rutin ameliorates polycystic ovary syndrome in rat. *J. Nutr. Biochem.* 47, 21–28.
- Hubinger, S.Z., Salgado, H., Moreira, R.R.D., 2009. Controles físico, físico-químico, químico e microbiológico dos frutos de *Dimorphandra mollis* Benth., Fabaceae. *Rev. Bras. Farmacogn.* 19, 690–696.
- Javed, H., Khan, M.M., Ahmad, A., Vaibhav, K., Ahmad, M.E., Khan, A., Ashafaq, M., Islam, F., Siddiqui, M.S., Safhi, M.M., 2012. Rutin prevents cognitive impairments by ameliorating oxidative stress and neuroinflammation in rat model of sporadic dementia of Alzheimer type. *Neuroscience* 210, 340–352.
- Khan, M.M., Ahmad, A., Ishrat, T., Khuwaja, G., Srivastawa, P., Khan, M.B., Raza, S.S., Javed, H., Vaibhav, K., Khan, A., 2009. Rutin protects the neural damage induced by transient focal ischemia in rats. *Brain Res.* 1292, 123–135.
- Lee, Y., Huh, J., Nam, S., Kim, D., Lee, S., 2013. Synthesis of Quercetin-3-O-Glucoside from Rutin by *Penicillium decumbens* Naringinase. *J. Food Sci.* 78, C411–C415.
- Lin, Jing-Pin, Yang, J., Lin, Jen-Jyh, Lai, K., Lu, H., Ma, C., Sai-Chuen Wu, R., Wu, K., Chueh, F., Gibson Wood, W., 2011. Rutin inhibits human leukemia tumor growth in a murine xenograft model in vivo. *Environ. Toxicol.* 27, 480–484.
- Lucci, N., Mazzafera, P., 2009a. Rutin synthase in fava d'anta: purification and influence of stressors. *Can. J. plant Sci.* 89, 895–902.
- Lucci, N., Mazzafera, P., 2009b. Distribution of rutin in fava d'anta (*Dimorphandra mollis*) seedlings under stress. *J. Plant Interact.* 4, 203–208.
- Macedo, E.A.S., Mendes, A.D.R., Queiroz, J.M.R., Martins, E.R., 2004. Influência da época de colheita, procedimento de secagem e parte do fruto no teor de flavonóides em fava d'anta (*Dimorphandra*

- mollis Benth.). Rev. Bras. Plantas Med. Botucatu 7, 1–5.
- Mendes, A.D.R., Martins, E.R., Fernandes, L.A., Marques, C.C.L., 2005. Produção de biomassa e de flavonóides totais por fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth) sob diferentes níveis de fósforo em solução nutritiva. Rev. Bras. Plantas Med. 7, 7–11.
- Panche, A.N., Diwan, A.D., Chandra, S.R., 2016. Flavonoids: an overview. J. Nutr. Sci. 5.
- RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., RIBEIRO, J.F., 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. Edinburgh J. Bot. 60, 57–109.
- Rockenbach, I.I., Silva, G.L. da, Rodrigues, E., Kuskoski, E.M., Fett, R., 2008. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) variedades Tannat e Ancelota. Food Sci. Technol. 28, 238–244.
- Santos, M.A.I., Simão, A.A., Marques, T.R., Sackz, A.A., Corrêa, A.D., 2016. Efeito de diferentes métodos de extração sobre a atividade antioxidante e o perfil de compostos fenólicos da folha de mandioca. Brazilian J. Food Technol. 19.
- Shen, S.-C., Lee, W.-R., Lin, H.-Y., Huang, H.-C., Ko, C.-H., Yang, L.-L., Chen, Y.-C., 2002. In vitro and in vivo inhibitory activities of rutin, wogonin, and quercetin on lipopolysaccharide-induced nitric oxide and prostaglandin E2 production. Eur. J. Pharmacol. 446, 187–194.
- Spagolla, L.C., Santos, M.M., Passos, L.M.L., Aguiar, C.L., 2009. Extração alcoólica de fenólicos e flavonóides totais de mirtilo “Rabbiteye”(Vaccinium ashei) e sua atividade antioxidante. Rev. Ciências Farm. básica e Apl. 30.
- Sudré, C.P., Rodrigues, R., Gonçalves, L.S.A., Martins, E.R., dos Santos Bento, C., 2011. Coleta, caracterização e divergência fenotípica de frutos de fava-d'anta. Rev. Caatinga 24, 1–8.
- Świąto, A. G, Kałużewicz, A., Lemańska, K., Knaflewski, M., & Tyrakowska, B. (2007). The effect of solar radiation on the flavonol content in broccoli inflorescence. Food Chemistry, 100, 241-245.
- Team, Rs., 2015. RStudio: integrated development for R. RStudio. Inc., Boston, MA 700.
- Vieira, I.T.D., 2018. Monitoramento de flavonoides totais e rutina em frutos de fava-danta (*Dimorphandra mollis* Benth.). Universidade Federal de Minas Gerais.
- Wang, Y., Ge, Z., Kang, W., Lian, Z., Yao, J., Zhou, C., 2015. Rutin alleviates diabetic cardiomyopathy in a rat model of type 2 diabetes. Exp. Ther. Med. 9, 451–455.
- Zhai, K.-F., Duan, H., Shi, S.-X., Liu, L.-L., Cao, W.-G., Gao, G.-Z., Shan, L.-L., 2018. Synchronised determination of chlorogenic acid and five flavonoids in mulberry leaves using HPLC with photodiode array detection. Qual. Assur. Saf. Crop. Foods 10, 175–182.

4.3 Artigo 3 - Produtividade e estrutura diamétrica de *Dimorphandra mollis* Benth

Este artigo foi elaborado conforme as normas da revista Ciência Rural.

Produtividade e estrutura diamétrica de *Dimorphandra mollis* Benth.

RESUMO

Dimorphandra mollis é nativa do Cerrado e possui importância social, econômica e ambiental. Assim, objetivou-se avaliar a produtividade e distribuição diamétrica de *Dimorphandra mollis* na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros. Foram avaliadas cinco áreas na APA do Rio Pandeiros, em Minas Gerais, totalizando cinco hectares avaliados em 50 parcelas de 1000 m². O número total de plantas (NTP), produção por planta e seus respectivos diâmetros à altura do peito (DAP) foram registrados, considerando todas as árvores das parcelas. Os dados de DAP foram distribuídos em classes diamétricas. A produtividade foi medida nos anos de 2018, 2019 e 2020. O NTP que apresentou produção, em, pelo menos, um dos três anos de avaliação, foi menor que o NTP por hectare ($28 \pm 10,3$). O DAP médio de todas as plantas ($6,05 \pm 3,07$ cm) foi menor que o DAP médio das plantas que tiveram produção ($7,46 \pm 3,15$ cm). A distribuição diamétrica apresentou classes que não apresentaram indivíduo, indicando desequilíbrio. A produtividade máxima foi de 8,08 kg de frutos secos, no ano de 2019, e a mínima foi de 0,42 kg no ano de 2018. Com isso, *Dimorphandra mollis* apresenta produtividade média anual de 2,74 kg de frutos secos, com característica de bienalidade. Sua distribuição diamétrica, na área avaliada, apresenta tendência ao formato de “J – invertido”.

Palavras-chave: fava-d’anta, produção, rotina, bienalidade.

INTRODUÇÃO

O Cerrado é considerado um dos *Hotspots* mundiais de biodiversidade pelo grande número de espécies endêmicas. Tal diversidade e endemismo o torna a Savana mais rica do mundo, porém encontra-se em estado de alerta (MYERS *et al.*, 2000). Segundo Machado *et al.* (2016), 55% das áreas de Cerrado já haviam sido perdidas, no ano de 2002, mostrando que parte das espécies nativas desse bioma estão sendo ameaçadas pelas ações como queimadas e desmatamento ilegal.

A *Dimorphandra mollis* Benth. é uma das espécies nativas do Cerrado, presente em mais de 74% das áreas desse bioma (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003). Popularmente conhecida como fava-d’anta, possui relevância social e econômica nas regiões onde ocorre. A espécie foi incluída entre as “Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial”, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente. O destaque da espécie é em razão dos constituintes químicos de seus

frutos, principalmente os bioflavonoides rutina e quercetina (FILIZOLA, 2013). No contexto mundial, as principais fontes de rutina, para a comercialização, são o trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moech, *F. tataricum*), a árvore japonesa *Sophora japonica* L. e a fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth e *Dimorphandra gardneriana* Tul.) (BECHO; MACHADO; GUERRA, 2009).

Entre os anos de 2010 e 2019, foram exportadas 236 toneladas de rutina e seus derivados (BRASIL, 2020), sendo que apenas em 2006 esses flavonoides movimentaram US\$ 1.038.514 na balança comercial de exportação do Brasil para a Rússia. O interesse comercial pela rutina é por efeitos terapêuticos desse metabólito, como ação neuroprotetora (JAVED *et al.*, 2012) e proteção de vasos sanguíneos (DIWAN; BROWN; GOBE, 2017). Entre as principais fontes de rutina, quando o material é extraído da fava-d'anta, o efeito no combate aos radicais livre é maior, comparado ao material de origem japonesa (SANRISIL, [s.d.]).

Os frutos da fava-d'anta, parte comercializada para a extração da rutina, são obtidos exclusivamente por meio do extrativismo em áreas de Cerrado (FILIZOLA, 2013). A atividade extrativista, quando realizada sem critérios de manejo adequados para a espécie, voltados para sua conservação e uso sustentável, pode causar desequilíbrio em populações nativas e, conseqüentemente, perdas em produção. A distribuição diamétrica é uma das formas possíveis de avaliar a regeneração da espécie, em áreas de ocorrência natural, bem como avaliar se a população se encontra perturbada ou em equilíbrio ecológico.

Por tratar de uma espécie nativa e que depende da prática extrativista, para a obtenção da matéria-prima, a cadeia produtiva de rutina, proveniente da fava-d'anta, apresenta gargalos para organização da indústria, como, por exemplo, a oscilação de frutos disponibilizados ao mercado (SILVA; EGITO, 2005). Diante disso, quantificar a produtividade da espécie é fundamental para que a cadeia produtiva possa ser projetada e funcionar da melhor forma. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a produtividade e a distribuição diamétrica de *Dimorphandra mollis* Benth em área de Cerrado.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pandeiros, no período de 2018 a 2020. A atividade foi registrada no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado sob o número A48990E.

Neste estudo foram avaliadas cinco áreas (A1, A2, A3, A4 e A5) (Figura 1). As áreas A1 e A3 possuem histórico atual de extrativismo e menor estado de conservação. As áreas A2, A4 e A5 possuem maior estado de conservação que as demais e sem histórico atual de extrativismo da fava-d'anta. No primeiro ano, avaliou-se a distribuição diamétrica dos indivíduos, seguida da avaliação da produtividade anual, durante três anos consecutivos. Em cada área foi avaliado 1 hectare, distribuído em 10 parcelas de 20 x 50 m com espaçamento de 20 m entre si. Desse modo, a produtividade de fava-d'anta foi avaliada em cinco hectares de APA no bioma. As parcelas foram demarcadas, antes do levantamento, de modo que as coordenadas fossem repassadas para receptores GPS, a fim de facilitar o deslocamento dentro das parcelas.

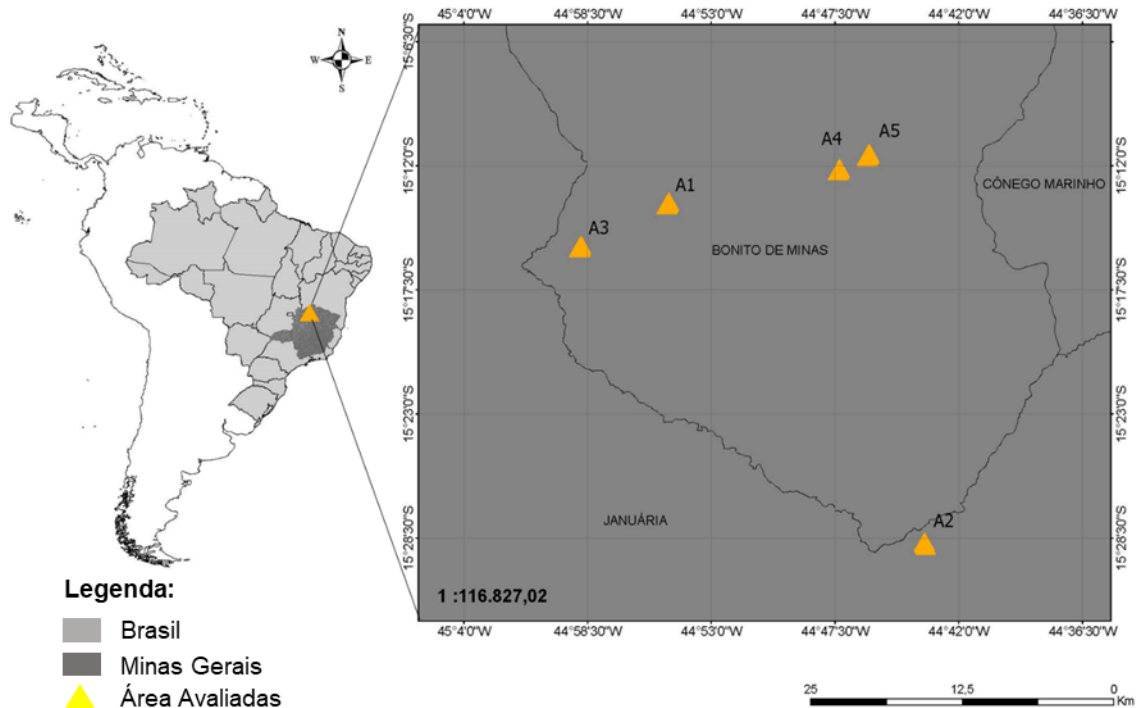


Figura 1 – Mapa de localização de cinco áreas (A1, A2, A3, A4 e A5), na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, no Norte de Minas Gerais, onde foram avaliadas a produtividade de *Dimorphandra mollis* Benth. nos anos de 2018, 2019 e 2020

As parcelas foram estabelecidas com o auxílio de receptor GPS Garmin® 60CSX e as coordenadas geográficas, correspondentes à cada indivíduo, capturados pelo programa TrackMaker PRO®. No inventário da espécie, todos os indivíduos tiveram seu diâmetro à altura do peito (DAP = 1,3 m) coletado. Todos os indivíduos com DAP maior ou igual a 3 cm foram utilizados para a avaliação da distribuição diamétrica. Os indivíduos foram distribuídos em classes de diâmetro conforme metodologia utilizada por Meira et al. (2016). Foi calculado o intervalo entre classes (IC), de acordo com a fórmula de Spiegel, em que $IC = A/NC$, em que A corresponde à amplitude entre os diâmetros, NC ao número de classes ($NC = 1 + 3,3 \cdot \log(n)$ sendo n = número de indivíduos). Após a obtenção da frequência (f_i), obteve-se o quociente 'q' de D'Liocourt, que é a razão do número de árvores entre as classes de diâmetro sucessivas, a partir da fórmula: $q = N_i/N_{i+1}$, em que: N_i = número de árvores da iésima classe de diâmetro, N_{i+1} = número de árvores da iésima mais uma classe de diâmetro subsequente (FELFILI; REZENDE, 2003). De modo a viabilizar o cálculo, em que houve inexistência de indivíduos em alguma das classes, somou-se o número 1 como constante a todas as classes. A área basal total (G - m²/ha) foi obtida, a partir da soma da área basal das árvores com DAP maior ou igual que 3 cm (g - m²), sendo:

$$g = \frac{\pi \cdot d^2}{40000}, \text{ em que } d = \text{DAP em cm.}$$

As áreas foram sobrevoadas, utilizando drone Mavic Pro (Dji), com plano de voo pré-programado com o aplicativo Dronedeploy. A altura de voo foi de 100 m, com sobreposição frontal e lateral de 75 e 65 %, respectivamente. Os mesmos parâmetros foram utilizados para todas as áreas. As imagens foram processadas, utilizando o software Pix4DMapper, e os mapas com índice NDVI (Índice de Vegetação da

Diferença Normalizada) foram gerados utilizando a metodologia proposta por COSTA, L.; NUNES; AMPATZIDIS (2020).

O padrão de distribuição dos indivíduos nas áreas foi avaliado a partir do índice de dispersão Morisita (I_d), com base na seguinte fórmula: $I_d = \frac{n(\sum z^2 - N)}{N(N-1)}$, em que: n = número total de parcelas amostradas, N = número total de indivíduos da espécie e z^2 = quadrado do número de indivíduos da espécie por parcela (BROWE; ZAR, 1984; ESTIGARRIBIA et al., 2017; SILVA et al., 2019; SOUZA et al., 2020a). I_d igual a 1 indica padrão de distribuição aleatório; $I_d < 1$, padrão uniforme; e $I_d > 1$, padrão agregado. A confirmação do I_d foi testada pelo teste qui-quadrado (χ^2), em que $\chi^2 = \left(n * \frac{\sum z^2}{N} \right) - N$. O χ^2 calculado foi comparado ao χ^2 tabelado, ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$) para graus de liberdade $gl = n - 1$. As interpretações de qui-quadrado foram baseadas no critério em que, quando X^2 calculado for maior que X^2 tabelado, assume-se que o padrão de é aleatório ($I_d = 1$), caso contrário, o I_d é $\neq 1$, e, portanto o padrão de distribuição é agregado ou uniforme.

Para a avaliação da produtividade da fava-d'anta, todas as árvores foram visitadas uma vez por ano (2018, 2019 e 2020), tendo seus frutos coletados com o auxílio de um podão e pesados no local com uma balança digital portátil. Como critério de manejo e conservação, conforme preconizado por Nunes (2010), durante a coleta dos frutos em cada árvore, foi mantido um corimbo, a fim de garantir a dispersão, alimentação de animais e manutenção do banco de sementes. Posteriormente, o material foi conduzido ao Laboratório de Plantas Medicinais e Aromáticas do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, onde foram coletados dados biométricos, como largura e comprimento, com o auxílio de paquímetro digital e régua graduada em centímetros. Na sequência, os frutos foram acondicionados em estufa de circulação forçada de ar (65 °C), para a obtenção da massa seca em gramas (g).

Os dados obtidos nessa etapa foram tabulados e analisados com o auxílio do *software Rstudio* (TEAM, 2015). Os dados de biometria foram submetidos à análise de variância e teste Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$). E, para os dados de produção, construiu-se uma matriz binária, sendo atribuído um (1) para árvore com frutos e zero (0) para árvores sem frutos. A partir dessa matriz, o modelo linear generalizado foi empregado, para determinar a probabilidade de produção das árvores de fava-d'anta, em função do seu diâmetro (DAP), de acordo com a seguinte equação:

$$(y|x) = \frac{\exp^{\beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2}}{1 + \exp^{\beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2}}$$

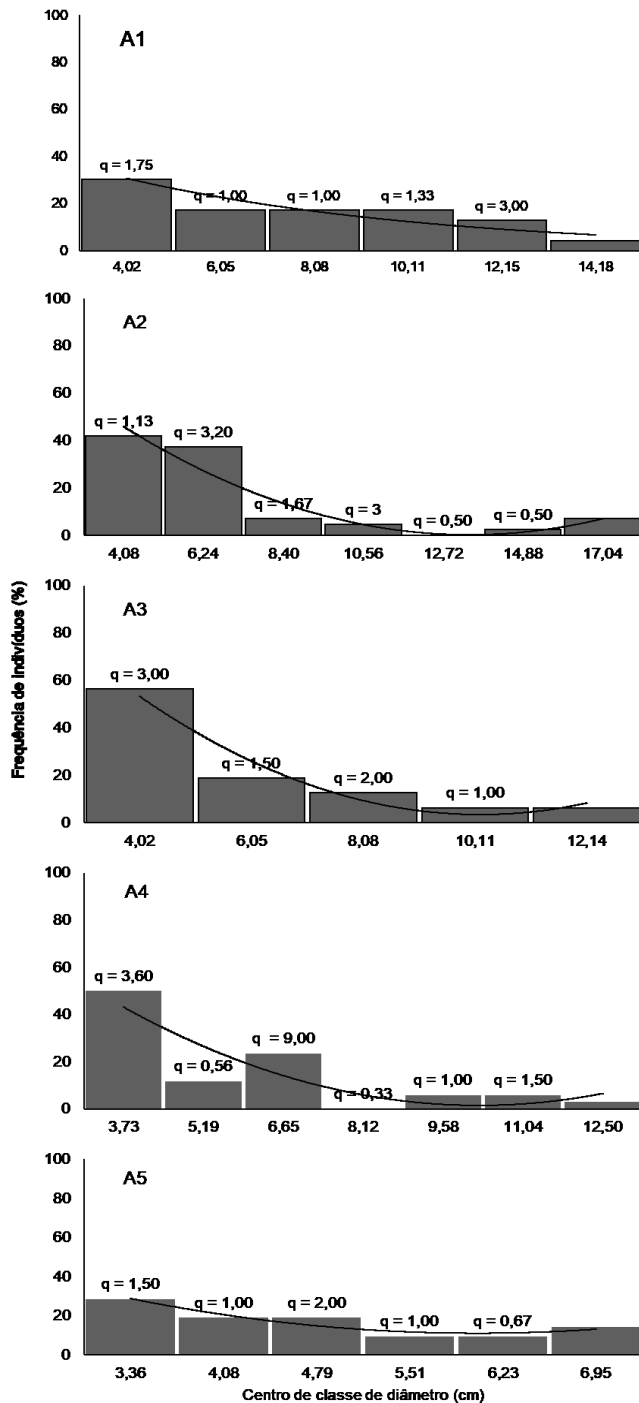
Sendo $y|x$ a probabilidade de a árvore ser produtiva em função do DAP; x o valor correspondente ao DAP das árvores; β_0 o ponto de intercessão; e β_1 e β_2 os coeficientes (HARTZEL; AGRETI; CAFFO, 2001).

Por fim, utilizando-se o DAP apenas das árvores produtivas, considerando os três anos de avaliação, por meio da Correlação de Spearman, verificou-se a existência de correlação entre a matéria seca dos frutos produzidos (kg) e o DAP das respectivas plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas áreas avaliadas, houve predominância dos indivíduos nas primeiras classes diamétricas, que representam o intervalo dos menores valores de diâmetros observados (Figura 2). Nas áreas A2 e A4, ocorreram classes diamétricas sem a presença de indivíduos, mesmo estando entre as que possuem maior grau de conservação e sem histórico atual de extrativismo. Entre as áreas, a A2 e A5 são as que possuem vegetação mais densa. O quociente 'q' de D'Liocourt não foi constante entre as classes diamétricas, apesar da distribuição tender ao "J -invertido".

Figura 2 – Distribuição em classes de diâmetros e quociente 'q' de D'Liocourt de indivíduos de *Dimorphandra mollis*, em cinco áreas de Cerrado (A1, A2, A3, A4 E A5), localizadas na Área de Preservação Ambiental do Rio Pandeiros– MG



A presença do maior número de plantas nas classes de menor diâmetro é comportamento comum para as áreas de Cerrado e indica que está ocorrendo regeneração da espécie na área (SANTOS, F. *et al.*, 2017; SOUZA, R. B. B. *et al.*, 2020). A falta de indivíduos em classes diamétricas intermediárias em parte das áreas avaliadas e as variações abruptas nos quocientes 'q' de D'Liocourt indicam que ocorreu algum tipo de perturbação na população da espécie. Apesar das áreas de estudo estarem dentro de uma Área de Preservação Ambiental, durante a condução das avaliações, observou-se que, em todas as áreas, havia indicativos de intervenção humana, como resquícios de queimada, resto de árvores queimadas e ou presença de gado. A intervenção humana, quando realizada de forma desordenada e sem critérios de conservação, interfere diretamente na cobertura vegetal das paisagens. Desmatamentos irregulares e implantação de pastagens, em áreas de conservação, levam à exposição de solo e danificação de sementes pelo pisoteio de animais, por exemplo.

A presença ou ausência de cobertura vegetal, em uma determinada área, pode ser medida a partir de imagens aéreas. Com base na avaliação do conjunto de pixels das imagens, pode ser obtido o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), que quanto mais próximo de zero indica ausência de vegetação (COSTA; NUNES; AMPATZIDIS, 2020). As análises das imagens aéreas, captadas com drone, apontam que todas as áreas apresentam ausência de vegetação, em algum grau, sendo as áreas A1 e A3 as que apresentam histórico recente de extrativismo, as que visualmente apresentaram maior grau de degradação pelo NDVI, o que corrobora com o observado *in locu* (Figura 3).

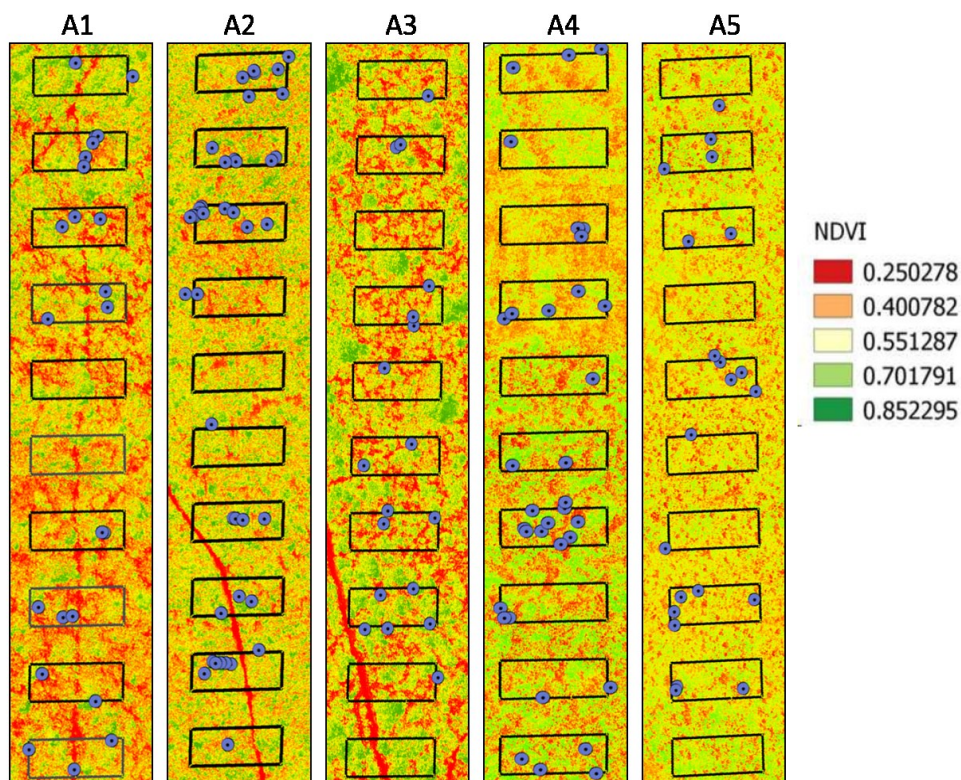


Figura 3 – Ocorrência de plantas de *Dimorphandra mollis* Benth., em parcelas distribuídas em cinco áreas localizadas na Área de Preservação Permanente (APA) do Rio Pandeiros. A figura foi obtida, com base em mapas de índice NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), gerados a partir de imagens captadas com drone sobre as áreas avaliadas. * Quanto mais próximo de 0 for pixel (vermelho na imagem), indica ausência de vegetação. ** Linhas pretas representam a delimitação das parcelas. *** Círculos em azul representam a localização de todas as plantas observadas

A falta de indivíduos, em determinadas classes, bem como o índice de degradação nas áreas, conforme observado na Figura 2, indica que é necessária a intervenção para aumentar a população de fava-d'anta na região de estudo. As áreas apresentaram número total de plantas por ha igual a 24, 43, 18, 34 e 21 para as áreas A1, A2, A3, A4 e A5, respectivamente. O padrão de distribuição da espécie apresenta comportamento de distribuição agregada ($Id > 1$) para todas as áreas avaliadas (Tabela 1). Esse padrão de distribuição da espécie é por causa de uma de suas formas de dispersão, a barocoria, em que os frutos são dispersos pela gravidade, favorecendo o aumento da população pelo recrutamento de indivíduos próximos à planta matriz (BEZERRA, J. S. *et al.*, 2020).

Tabela 1 – Densidade e padrão de distribuição de *Dimorphandra mollis* Benth. em áreas localizadas na Área de Preservação Ambiental (APA) do Rio Pandeiros

Área	NT	N com DAP ≥ 3	G (m ² /ha)	Id	X ² Calc.	X ² Tab.
A1	24	23	0.12	1.03	9.61	3.33
A2	43	43	0.19	1.43	27.00	3.33
A3	18	16	0.05	1.17	11.50	3.33
A4	34	34	0.09	1.28	18.35	3.33
A5	21	21	0.04	1.29	14.71	3.33

* NT = Número total de plantas; N = número de plantas com DAP maior ou igual a 3 cm; G = ocupação da fava-d'anta no povoamento florestal a partir do DAP; Id= índice de Morisita para determinar o padrão de distribuição agregado (>1); X² Calc.= quiquadrado calculado; X² Tab.= qui quadrado tabelado.

Espera-se que áreas com o maior número de plantas por hectare sejam as mais produtivas, no entanto não foi esse o padrão observado para a fava-d'anta, pois a área com maior número de plantas por hectare (A2) não correspondeu à área com maior média de produção, nos três anos de avaliação (A4), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Produtividade (kg de fruto seco por hectare – FS/ha) de *Dimorphandra mollis*, no período de 2018 a 2020, na Área de Preservação Ambiental do Rio Pandeiros, MG

Área	Produtividade* (kg de FS/ha**)			Produtividade média (kg/ha)	Plantas em produção (plantas/ha)		
	2018	2019	2020		2018	2019	2020
A1	2,35	1,81	5,33	3,17 ± 4,45	7	7	7
A2	0,94	3,49	1,11	1,85 ± 0,99	2	4	7
A3	3,28	8,07	0,46	3,94 ± 3,10	5	8	3
A4	2,49	4,02	5,64	4,05 ± 0,75	9	13	9
A5	0,42	0,69	1,56	0,89 ± 0,37	4	6	8
Média	1,90±1,18	3,62±2,82	2,82±2,46	2,78 ± 2,15	5,4±2,70	7,6±3,3	6,8±2,28

* A produtividade baseada no peso seco foi obtida com base no rendimento de 45,6% de matéria seca. ** kg de FS/ha = kg de fruto seco por hectare.

Os frutos das cinco áreas não apresentaram diferenças estatísticas, em relação à biometria, sendo a espessura e comprimento médio de $8,73 \pm 2,3$ mm e $15,73 \pm 2,1$ cm, respectivamente. A massa seca dos frutos também não apresentou diferença estatística entre as áreas ($15,93 \pm 5,5$ g).

O número de plantas produtivas foi maior, no segundo ano de avaliação, que também apresentou maior produtividade média. A variação observada entre os anos demonstra que a fava-d'anta apresenta comportamento produtivo bienal. Os dados deste estudo confirmam a tendência relatada por Caldeira Júnior, Paula e Santos (2008) em suas observações sobre a fenologia de plantas de fava-d'anta. Silva (2007) reporta que, para *Dimorphandra gardneriana* Tull., o número de plantas por hectare pode variar de 39 a 120 plantas ha⁻¹, com produtividade de aproximadamente 186,4 kg ha ano⁻¹ em 2005 e 430,8 kg ha ano⁻¹ em 2006, demonstrando também tendência bienal de produção. Esse autor ainda apresentou que o maior número de plantas estavam com DAP entre 5 e 15 cm. Considerando o intervalo observado para *D. gardneriana*, comportamento próximo foi observado para *D. mollis* neste estudo em relação ao DAP das plantas, todavia a produtividade da *D. mollis* foi menor que a de *D. gardneriana*. O comportamento bienal de produção reflete na disponibilidade de frutos para as indústrias, que devem adaptar a cadeia de processamento de acordo com a perspectiva de produção de frutos.

A maior produtividade das áreas de ocorrência da fava-d'anta depende do aumento do número de plantas por área. A estrutura da população dessa espécie também influenciará na produtividade em período maior, dessa forma, refletindo sobre a conservação da espécie e, em consequência, na sua distribuição diamétrica. A análise de regressão logística binária demonstrou que árvores com DAP entre 8,20 e 14,4 cm apresentam probabilidade maior que 70% de estarem em reprodução (Figura 4), sendo o DAP médio geral de todas as plantas acompanhadas igual a $6,05 \pm 3,07$ cm.

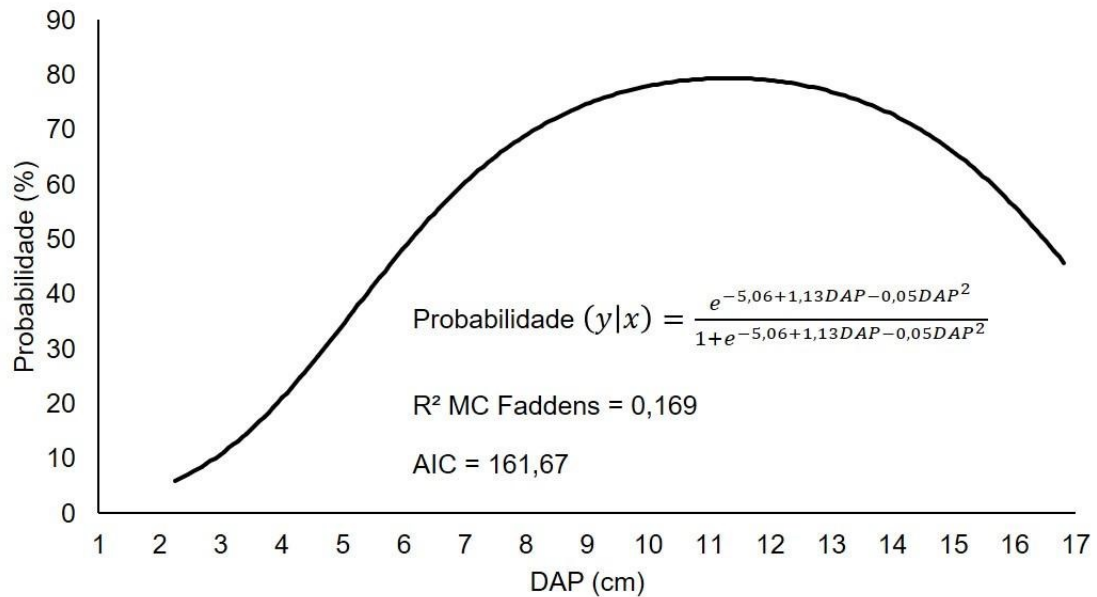


Figura 4 – Probabilidade de árvores de *Dimorphandra mollis* apresentarem produção de frutos em função do DAP (diâmetro a 1,30 m de altura)

A soma da produção dos três anos de avaliação apresentou correlação positiva significativa com o DAP das árvores [$r = 0.46^{**}$; Produção (kg) = $0,36^{**} \times \text{DAP (cm)} - 0,98$]. Isso mostra que há tendência de que quanto maior o DAP, maior será a produção da planta de fava-d'anta. No entanto a presença de plantas nas classes de maiores diâmetros é reduzida. Ações antrópicas, como queimadas e desmatamento, impactam diretamente na estrutura populacional das espécies e, sendo assim, reduzem o número de plantas de maior porte. As áreas de estudo, apesar de estarem localizadas em áreas de preservação ambiental, possuem o histórico dessas ações antrópicas, como, por exemplo, o desmatamento, para a produção de carvão vegetal (DIAS; MOSCHINI; TREVISAN, 2017; MAGALHÃES; CUNHA, 2011; NUNES, Y. R. F. *et al.*, 2009), o que se reflete no observado neste estudo, o número reduzido de plantas, em diâmetros maiores, com maior probabilidade de produção.

A partir dos resultados deste trabalho, conclui-se que são necessários 2,70 hectares de Cerrado, com produtividade média de 6,00 kg de frutos verdes por hectare, para a produção de 1 kg de rutina. Isso considerando que o rendimento de matéria seca é de 45,6 % e o teor de rutina nos frutos secos é de 13,8%. Os valores médios de venda relatados pelos extrativistas na safra de 2017 foi de R\$ 0,43 e R\$ 0,78 o kg dos frutos verdes e secos, respectivamente. A partir desses valores, notou-se que, para cada kg de rutina exportado ao valor médio de US\$ 35,46 (BRASIL, 2020), o extrativista recebe R\$ 7,10 ou R\$ 5,60, caso fossem comercializados os frutos verdes ou secos, respectivamente.

Apesar do notável prejuízo na comercialização dos frutos secos, na maioria das vezes, é a única forma possível. Os valores pagos aos extrativistas demonstram a divergência existente dentro da cadeia produtiva da fava-d'anta. Apesar dos avanços em pesquisas terem apontado as distintas aplicabilidades da rutina, nos últimos anos, a cadeia produtiva da fava-d'anta permanece com a mesma desigualdade observada há 20 anos por Gomes (1998).

CONCLUSÃO

Dimorphandra mollis Benth apresenta produtividade média anual de 2,74 kg de frutos seco por hectare, com produção oscilando entre anos, com característica produtiva de bionalidade. Sua distribuição diamétrica apresenta comportamento com a tendência de formato de “J – invertido”.

REFERÊNCIAS

BECHO, J. R. M.; MACHADO, H.; GUERRA, M. O. Rutina–estrutura, metabolismo e potencial farmacológico. **Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais-Animais e Humanos Interdisciplinary Journal of Experimental Studies**, 2009. v. 1, n. 1.

BEZERRA, J. S. *et al.* Floristic and dispersion syndromes of Cerrado species in the Chapada do Araripe, Northeast of Brazil. **Research, Society and Development**, 2020. v. 9, n. 9, p. e864997934–e864997934.

BRASIL. Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços. **Exportação e Importação Geral: Rutosídeo (rutina) e seus derivados.** [S.l.], 2020. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral/14601%0A>. Acesso em: 12 set. 2020.

CALDEIRA JÚNIOR, C. F.; PAULA, T. O. M.; SANTOS, A. M. S. Fenologia da fava-d’anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, n. 4, 2008.

COSTA, L.; NUNES, L.; AMPATZIDIS, Y. A new visible band index (vNDVI) for estimating NDVI values on RGB images utilizing genetic algorithms. **Computers and Electronics in Agriculture**, 2020. v. 172, p. 105334.

DIAS, L. C. C.; MOSCHINI, L. E.; TREVISAN, D. P. A Influência das Atividades Antrópicas na Paisagem da Área de Proteção Ambiental Estadual do Rio Pandeiros, MG-Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, 2017. v. 6, n. 2, p. 85–105.

DIWAN, V.; BROWN, L.; GOBE, G. C. The flavonoid rutin improves kidney and heart structure and function in an adenine-induced rat model of chronic kidney disease. **Journal of Functional Foods**, 2017. v. 33, p. 85–93.

ESTIGARRIBIA, F. *et al.* Estrutura da vegetação de fragmentos florestais no Campus da Universidade Federal do Amapá-Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, 2017. v. 7, n. 3, p. 17–22.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia.** [S.l.]: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal Brasília, 2003. V. 68.

FILIZOLA, B. De C. Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável da Fava d’anta. 2013.

GOMES, L. J. **Extrativismo e comercialização da fava danta (*Dimorphandra sp.*) estudo de caso na região de cerrado de Minas Gerais.** [S.l.]: Universidade Federal de Lavras, 1998.

HARTZEL, J.; AGRESTI, A.; CAFFO, B. Multinomial logit random effects models. **Statistical Modelling**, 2001. v. 1, n. 2, p. 81–102.

JAVED, H. *et al.* Rutin prevents cognitive impairments by ameliorating oxidative stress and neuroinflammation in rat model of sporadic dementia of Alzheimer type. **Neuroscience**, 2012. v. 210, p. 340–352.

MACHADO, R. B. Estimativa de perda da área do Cerrado brasileiro. 2016.

- MAGALHÃES, M. B. B.; CUNHA, S. B. Gestão sustentável de unidades de conservação: o caso da APA estadual do rio Pandeiros, Minas Gerais. **Geographia**, 2011. v. 11, n. 22, p. 104–127.
- MEIRA, M. R. et al. Caracterização estrutural do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) no cerrado do norte de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, 2016. v. 26, n. 2, p. 627–638.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 2000. v. 403, n. 6772, p. 853–858.
- NUNES, Y. R. F.; AZEVEDO, I. F. P.; NEVES, W. V.; VELOSO, M. D. M.; SOUZA, R. A.; FERNANDES, G. W. Pandeiros: o pantanal mineiro. **MG Biota**, v. 2, n. 2, p. 4–17, 2009.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh journal of botany**, 2003. v. 60, n. 1, p. 57–109.
- SANRISIL. Comparamos a Rutina, Isoquercetina e Quercetina. Veja os resultados. [S.l.], [s.d.].
- SANTOS, M. J. F.; ANDRADE, V. C. L.; FREITAS, B. C.; FERREIRA, R. Q. S.; BANDEIRA, S. B.; SOUZA, P. B.. Fitossociologia e estrutura diamétrica de um fragmento de cerrado sensu stricto, sul do Tocantins. **Scientia Agraria Paranaensis**, 2017. v. 16, n. 3, p. 328–334.
- SILVA, A. K. Da; EGITO, M. Do. Rede de Comercialização Solidária de Agricultores Familiares e Extrativistas do Cerrado: um novo protagonismo social. **Agriculturas**, 2005. v. 2, n. 2.
- SILVA, G. E.; GUILHERME, F. A. G.; CARNEIRO, S. E. S.; PINHEIRO, M. H. O.; FERREIRA, W. C. Heterogeneidade ambiental e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em três áreas de Cerrado sentido restrito no Sudoeste goiano. **Ciência Florestal**, 2019. v. 29, n. 2, p. 924–940.
- SILVA, S. R. **Ecologia de população e aspecto etnobotânicos de *Dimorphandra gardneriana* Tullasne (Leguminosae-Mimosaceae) na Chapada do Araripe, Ceará-CE**. [S.l.]: [s.n.], 2007.
- SOUZA, P. B. S.; AGUIAR, B. A. C.; VARASCHIM NETO, G.; FONSECA, E. F.; COSTA, B. M. M.; TEIXEIRA, L. G.; FARIAS, D. L.; COSTA, B. S. S.; RAMOS, Y. A.; MARCHESAN, R.; AMORIM, M. V. M.; SOUZA, H. G. A.; EPIFANIO, M. L. F. G.; SILVA, R. R. Population structure and spatial distribution of *Copaifera langsdorffii* Desf. **Australian Journal of Crop Science**, 2020. v. 14, n. 3, p. 3000–3005.
- SOUZA, R. B. B.; FEITOSA JUNIOR, F. R.; ALMEIDA NETO, P. P.; BRANDÃO, P. R. B. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de Floresta Nativa do Cerrado na Região Oeste da Bahia, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 2020. v. 11, n. 5, p. 423–436.
- TEAM, Rs. RStudio: integrated development for R. RStudio. **Inc., Boston, MA**, 2015. v. 700.

5 CONCLUSÕES

- O extrativismo da fava-d'anta na Área de proteção Ambiental do Rio Pandeiros é uma atividade que envolve todos os membros das famílias, que em geral são de baixa renda e escolaridade.
- A secagem dos frutos da fava-d'anta deve ser feita em área cimentada para que ocorra de forma mais rápida.
- O maior rendimento de rutina (g de rutina por fruto) é obtido quando os frutos de fava-d'anta são coletados ainda imaturos, e com maior massa seca e espessura, uma vez que o teor de rutina não sofre variação entre os períodos de coleta.
- A produtividade da fava-d'anta na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros é de 2,74 kg de frutos seco por hectare.

ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Título da Pesquisa: Etnobotânica da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) na Bacia do Rio Pandeiros

Pesquisador Responsável: Ernane Ronie Martins, CPF: 733.505.166-53

Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: Instituto de Ciências Agrárias/UFMG - Telefone para contato: (38)21017766

Prezado (a) voluntário: _____, eu, Ernane Ronie Martins, professor titular do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, convido-o a participar de uma entrevista semiestruturada como parte da pesquisa sobre a favela. Trata-se de um projeto de pesquisa socioambiental e socioprodutiva com a planta, sendo que o objetivo com esta pesquisa é obter informações quanto à colheita e custo de produção nas comunidades da APA Pandeiros.

Os coletores de fava que, voluntariamente, se interessarem em participar da pesquisa, responderão perguntas semiestruturadas sobre a espécie e questões socioeconômicas. Para evitar constrangimento e possíveis riscos, o entrevistado tem o direito e liberdade em responder voluntariamente apenas às questões em que tiver segurança. Além disso, o voluntário poderá entrar em contato com a COEP pelo telefone (31) 3409-4592, por email: coep@prpq.ufmg.br, ou pelo endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, n°. 6627, Pampulha, Unidade Administrativa II, 2° andar, sala: 2005, Belo Horizonte – MG – CEP: 31270-901 para esclarecer dúvidas. Podendo, inclusive, se recusar a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa. E, caso ocorra algum dano, esse será ressarcido pelo coordenador da pesquisa.

O informante voluntário não receberá nenhuma forma de remuneração pelas informações fornecidas. Assim como as mesmas não serão repassadas a terceiros e ficarão armazenadas por um período de 5 a 10 anos, podendo haver destruição dos dados logo após esse período. Os resultados obtidos serão convertidos em dados numéricos para fins científicos e acadêmicos de forma a zelar pela identidade de cada informante. Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) será lavrado em duas vias e todas as páginas assinadas pelo informante voluntário e o pesquisador da universidade responsável pela pesquisa conforme disposto pela Resolução CNS n° 466 de 2012 itens IV. 3. f e IV. 5.d. Para maiores informações o voluntário poderá telefonar para o Instituto de Ciências Agrárias da UFMG e procurar o professor responsável pela pesquisa no número (38) 2101-7766 no horário comercial.

Eu, _____, maior de idade, declaro ter lido o convite e concordo em participar, como voluntário, da pesquisa acima descrito.

_____, _____ de _____ de _____

Assinatura do responsável pela pesquisa

Assinatura do participante voluntário

ANEXO B – Entrevista semiestruturada

- (1) Comunidade: _____
- (2) Nome: _____
- (3) Idade: _____ anos
- (4) Estado civil: () casado(a) () solteiro(a) () viúvo(a) () separado(a) ou divorciado(a)
- (5) Sexo: () masculino () feminino
- (6) Frequentou a escola até que ano? () não frequentou; () até 4ª série () até 8ª série () até 3º ano
() está na universidade.
- (7) Você usa a fava para qual finalidade?

- (8) Há quanto tempo coleta a fava? _____
- (9) Com quem aprendeu a coletar a fava? _____
- (10) Você coleta as favas em que locais (áreas):
() em seu terreno () em terreno de outros () em qualquer lugar onde haja favas
- (11) Ocorre mudança do local da coleta da fava? () não () sim
Qual? _____
- (12) A mudança ocorre devido a que? _____
- (13) Há outras pessoas da família envolvidas na coleta da fava?
() não () sim Quem _____ Durante todo a safra? () não () sim
- (14) Qual época do ano coleta a fava (meses) _____ a _____
- (15) Como identifica que a fava está em ponto de coleta? () cor () tamanho () época () outros _____
- (16) Como coleta as favas (ferramentas usadas)? () podão () facão () foice () gancho () outras _____
- (17) Quantidades coletadas por safra: _____ kg, ou _____ sacos, ou caixas de _____ kg
- (18) Qual o valor pago em 2017(ano/safra):
Frutos verdes: R\$ _____ frutos secos: R\$ _____
- (19) Para quem você vende a fava? _____
Local: _____
- (20) Quais as dificuldades na comercialização da fava:
() coleta () secagem () venda () armazenagem () outros _____
- (21) Você sabe qual o destino ou o uso que a fava terá?
() não () sim: qual? _____
- (22) Já plantou muda de fava? () sim () não Porque? _____
- (23) Você já fez muda de fava? () sim () não Com quem aprendeu? _____
- (24) Renda familiar total: () menos de 1 salário mínimo () 1 salário mínimo () mais de 1 salário mínimo

- (25) Renda obtida com a coleta: () menos de 1 salário mínimo () 1 salário mínimo () mais de 1 salário mínimo
- (26) Quanto você coleta por dia de trabalho com a fava: () até 50 kg () de 50 a 99 kg () de 100 a 199 kg () 200 ou mais kg