



CLARISSA DE MORAES SOUSA

**FENOLOGIA E POLINIZADORES DE *BERTHOLLETIA*
EXCELSA BONPL. INTRODUZIDA EM AMBIENTE EXTRA
AMAZÔNICO**

**LAVRAS – MG
2022**

CLARISSA DE MORAES SOUSA

**FENOLOGIA E POLINIZADORES DE *BERTHOLLETIA EXCELSA* BONPL.
INTRODUZIDA EM AMBIENTE EXTRA AMAZÔNICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, área de
concentração em Silvicultura e Genética Florestal,
para obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Orientador

**LAVRAS - MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Sousa, Clarissa de Moraes.

Fenologia e polinizadores de *Bertholletia excelsa* Bonpl.
introduzida em ambiente extra amazônico / Clarissa de Moraes
Sousa. - 2022.

48 p.

Orientador(a): Lucas Amaral de Melo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.
Bibliografia.

1. Castanha-do-brasil. 2. ecótone Cerrado-Mata Atlântica. 3.
Reprodução. I. Melo, Lucas Amaral de. II. Título.

CLARISSA DE MORAES SOUSA

**FENOLOGIA E POLINIZADORES DE *BERTHOLLETIA EXCELSA* BONPL.
INTRODUZIDA EM AMBIENTE EXTRA AMAZÔNICO**

**PHENOLOGY AND POLLINATORS OF *BERTHOLLETIA EXCELSA* BONPL.
INTRODUCED IN EXTRA AMAZON ENVIRONMENT**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, área de
concentração em Silvicultura e Genética Florestal,
para obtenção do título de Doutora.

Aprovada em 10 de março de 2022

Dr. Lucas Amaral de Melo - UFLA
Dr. Renato Luiz Grisi Macedo
Dr. Juliano de Paulo dos Santos – UFMT
Dra. Aisy Botega Baldoni Tardin - EMBRAPA
Dra. Soraya Alvarenga Botelho – UFLA

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Orientador

**LAVRAS - MG
2022**

RESUMO

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é nativa da região amazônica, em áreas de climas quentes e úmidos. Seu principal produto comercial é a amêndoa, que possui grande importância alimentar devido aos seus teores de nutrientes, em destaque o selênio. A exploração deste produto florestal não madeireiro se dá, em sua maioria, de forma extrativista, pela coleta dos frutos caídos no chão da floresta. Seu abate no Brasil é proibido por lei federal, devido ao seu risco de extinção, sendo classificada como vulnerável. Uma das consequências desta legislação é o isolamento dos indivíduos, que afeta as suas relações ecológicas, causando a morte dos mesmos. A polinização da espécie é realizada por insetos robustos, pois há a necessidade de se levantar a estrutura de capuz presente na flor para alcançar o nectário e com isso, realizar a polinização; além disso, a dispersão é realizada por animais, o que faz a espécie ser altamente dependente da fauna para sua reprodução. Há poucos estudos de estabelecimento de plantios de castanheiras fora da região amazônica, possivelmente por não haver relatos de frutificação da espécie em maior escala fora de sua área de ocorrência natural, fato que está ocorrendo em um plantio experimental na Universidade Federal de Lavras. Com isso, este estudo teve como objetivo o estudo da fenologia e polinização da espécie que está localizada em uma região ecotonal entre dois *hotspots* mundiais, o Cerrado e a Mata Atlântica. Nota-se que as fenofases ocorrem de forma semelhante à região de origem, porém em épocas diferentes. Quanto à polinização, foi identificada uma espécie de abelha como polinizador legítimo (*Centris lutea*) e alguns visitantes florais, constatando que há a polinização efetiva das flores. Tanto a identificação dos polinizadores, quanto o estudo da fenologia constituem como oportunidades para o desenvolvimento do cultivo da espécie fora da sua região de origem.

Palavras-chave: Castanha-do-brasil. Ecótone Cerrado-Mata Atlântica. Polinização. Fenofases

ABSTRACT

The Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) is native to the Amazon region, in hot and humid climates. Its main commercial product is the nut, which has great food importance due to its nutrient content, especially selenium. The exploitation of this non-timber forest product is mostly done in an extractive way, by collecting the fruits that have fallen on the forest floor. Its slaughter in Brazil is prohibited by federal law, due to its risk of extinction, being classified as vulnerable. One of the consequences of this legislation is the isolation of individuals, which affects their ecological relationships, causing their death. The pollination of the species is carried out by robust insects, as there is a need to lift the hood structure present in the flower to reach the nectary and, with that, carry out pollination; in addition, the dispersion is carried out by animals, which makes the species highly dependent on the fauna for its reproduction. There are few studies on the establishment of chestnut plantations outside the Amazon region, possibly because there are no reports of fruiting of the species on a larger scale outside its natural range, a fact that is occurring in an experimental plantation at the Federal University of Lavras. Thus, this study aimed to study the pollination and phenology of the species that is located in an ecotonal region between two world hotspots, the Cerrado and the Atlantic Forest. It is noted that the phenophases occur in a similar way to the region of origin, but at different rainfall conditions. As for pollination, a bee species was identified as a legitimate pollinator (*Centris lutea*) and some floral visitors, noting that there is effective pollination of flowers. Both the identification and the study of phenology constitute opportunities for the development of cultivation of the species outside its region of origin.

Keywords: Brazil nut. Cerrado-Atlantic Forest Ecotone. Pollination. Phenophases.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1. Castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.)	4
3.2. Fenologia de <i>Bertholletia excelsa</i>	6
3.3. Polinização na <i>Bertholletia excelsa</i>	7
4. ÁREA DE ESTUDO	8
REFERÊNCIAS	11
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	15
ARTIGO 1 - FENOLOGIA DA CASTANHEIRA-DO-BRASIL EM AMBIENTE EXTRA AMAZÔNICO, EM ECÓTONE CERRADO-MATA ATLÂNTICA	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26
ARTIGO 2 - PRIMEIRO REGISTRO DE POLINIZADORES DE <i>BERTHOLLETIA EXCELSA</i> BONPL. FORA DA AMAZÔNIA, EM UMA REGIÃO ECOTONAL ENTRE DOIS HOTSPOTS GLOBAIS, O CERRADO E A MATA ATLÂNTICA	28
1. INTRODUÇÃO	29
2. MATERIAIS E MÉTODOS	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS	41

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae), é uma espécie que ocorre naturalmente na região amazônica em áreas de climas quentes e úmidos.

Seu principal produto comercial é a amêndoa, conhecida como castanha-do-brasil, castanha-do-pará ou ainda “*Brazil nut*” nos países importadores de língua inglesa. A castanha tem grande importância alimentar devido aos seus teores de nutrientes, em destaque o selênio (CHUNHIENG et al., 2004; SARTORI; REGITANO-D’ARCE; SKIBSTED, 2020).

A exportação da castanha atingiu a marca de 11 mil toneladas em 2018 (CONAB, 2019). Entretanto, a Bolívia detém o posto de maior exportador mundial do produto, devido aos investimentos em beneficiamento realizados naquele país e a queda da produção brasileira desencadeada pelo desmatamento na região amazônica (HOMMA; MENEZES; MAUÉS, 2014). Além disso, há a questão das aflatoxinas, compostos danosos produzidos por fungos que infectam castanhas mal manejadas, que já foram detectadas na castanha brasileira, o que impossibilita sua importação pelos países europeus (HOMMA; MENEZES; MAUÉS, 2014). A norma brasileira estipula um limite de 10 a 20 microgramas de aflatoxinas por quilo de castanha destinada ao consumo direto (BRASIL, 2011). No entanto, existem relatos de que parte da produção brasileira é vendida para a Bolívia, que beneficia o produto e comercializa, entrando nos números de suas exportações.

A exploração deste produto florestal não madeireiro se dá, em sua maioria, de forma extrativista, pela coleta dos frutos caídos no chão da floresta. Este fato faz com que a exploração seja uma das menos impactantes ao meio ambiente, além de cumprir função socioeconômica para as comunidades amazônicas (SCHIRIGATTI et al., 2016). Em 2018, a produção brasileira foi de mais de 34 mil toneladas, gerando R\$ 130 milhões pagos aos produtores (IBGE, 2019).

A espécie possui madeira com potencial para exploração, mas seu abate no Brasil, em condições naturais, é proibido por lei federal, devido ao seu risco de extinção (BRASIL, 2006), estando classificada como vulnerável (BRASIL, 2021). Uma das consequências desta legislação é o isolamento dos indivíduos, que afeta as suas relações ecológicas, causando a morte dos mesmos (MAUÉS; OLIVEIRA, 2010; SCOLES et al., 2016), além da perda monetária aos povos que vivem do extrativismo do produto (ANGELO et al., 2013; SANTANA et al., 2016; SANTANA et al., 2017).

A polinização da espécie é realizada por insetos robustos, pois há a necessidade de se

levantar a estrutura de capuz presente na flor para alcançar o nectário e com isso, realizar a polinização (MAUÉS, 2002; CAVALCANTE et al., 2012). Também se nota que a frutificação da espécie é afetada pelo decrescente número de indivíduos nas formações florestais nativas, pois é uma espécie alógama e auto incompatível (MAUÉS, 2002). Além disso, a dependência da fauna para dispersão dos frutos é importante, atrelado às baixas taxas de germinação das sementes (SCOLES et al., 2016; SCOLES; GRIBEL, 2011).

Há poucos estudos de estabelecimento de plantios de castanheiras fora da região amazônica (HOMMA; MENEZES; MAUÉS, 2014). Um dos fatores que podem desencorajar o investimento neste tipo de cultura é o baixo retorno financeiro e o longo ciclo da espécie (HOMMA; MENEZES; MAUÉS, 2014; PIMENTEL et al., 2007; SCHIRIGATTI et al., 2016). Além disso, não há relatos de frutificação da espécie em maior escala fora de sua área de ocorrência natural (HOMMA; MENEZES; MAUÉS, 2014), fato que está ocorrendo em um plantio experimental na Universidade Federal de Lavras (UFLA).

A presente tese de doutorado está estruturada em forma de artigos científicos que serão submetidos à publicação em revistas científicas, tal como recomenda a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFLA.

A primeira parte do trabalho é constituída por revisão de literatura acerca dos temas apresentados na tese: a espécie *B. excelsa* e como ocorre suas fenofases e polinização.

A segunda parte constitui-se em artigos desenvolvidos durante o período de doutorado. O primeiro artigo buscou estudar a fenologia de *B. excelsa* introduzida em ambiente extra amazônico, em Lavras, sul do estado de Minas Gerais. No segundo artigo, objetivou-se registrar e identificar os polinizadores e visitantes florais das castanheiras-do-brasil introduzidas em ambiente extra amazônico, em Lavras, sul do estado de Minas Gerais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- a) Estudar os mecanismos da reprodução de *Bertholletia excelsa* em ambiente extra amazônico.

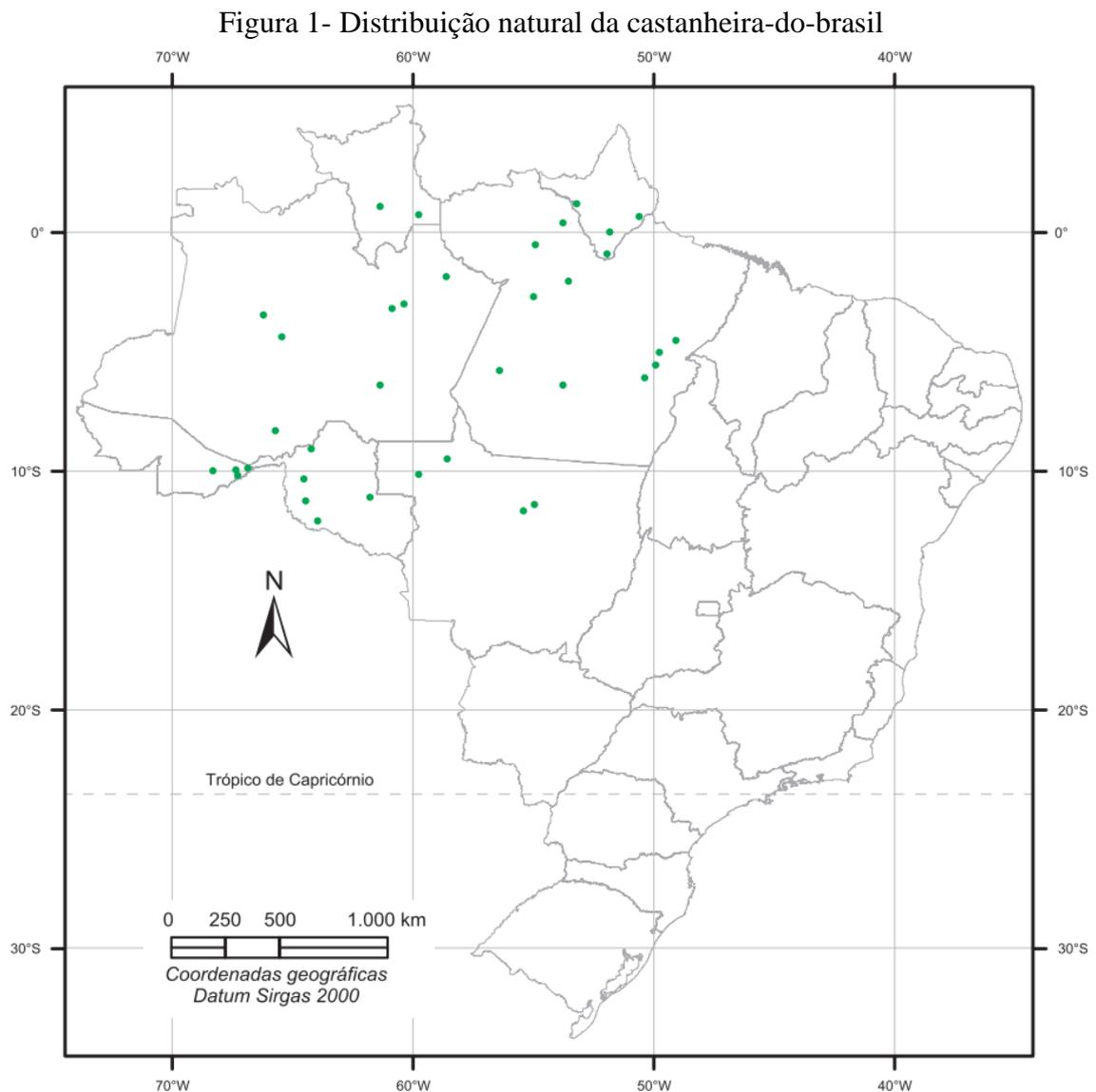
2.2 Objetivos específicos

- a) Estudar a fenologia de *B. excelsa* introduzida em ambiente extra amazônico;
- b) Identificar polinizadores e visitantes florais de *B. excelsa* introduzida em ambiente extra amazônico.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.)

A castanheira-do-brasil, *Bertholletia excelsa*, também conhecida como castanheira-do-pará ou da Amazônia, pertence à família Lecythidaceae e é nativa da região Amazônica, bioma presente na América do Sul. No Brasil, a espécie se faz presente nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Mato Grosso (Figura 1) (CARVALHO, 2014; CATENACCI et al., 2020).



Fonte: Carvalho (2014).

A espécie está presente na lista das espécies ameaçadas de extinção, sendo classificada como vulnerável (BRASIL, 2021) e há uma legislação que proíbe seu corte em florestas naturais, primitivas ou regeneradas (BRASIL, 2006). Com isso, Scoles et al. (2016) relatam a existência de “cemitérios de castanheiras”, devido ao corte das demais árvores, de espécies diferentes, restando apenas indivíduos de *B. excelsa*, o que afeta as relações ecológicas das castanheiras, levando ao envelhecimento da população remanescente e à queda das mesmas.

As árvores acabam por não se reproduzir devido à falta de outras árvores que são suporte para os polinizadores e, conseqüentemente, não há renovação da população da espécie nestas áreas (MAUÉS, 2002; MAUÉS; OLIVEIRA, 2010; SANTANA et al., 2016; SCOLES et al., 2016). Este fato demonstra uma ineficácia da lei, sendo necessária a revisão do texto legal e das políticas públicas de preservação da espécie, assim como a conscientização dos proprietários locais (SCOLES et al., 2016).

A árvore é considerada de grande porte, climácica, de dossel emergente (CARVALHO, 2014; CATENACCI et al., 2020), pode chegar a 50 metros de altura e há relatos de indivíduos com dois metros de diâmetro em sua base e a copa pode medir 40 metros de envergadura (CARVALHO, 2014). Seu fuste, que pode chegar a 25 metros de comprimento, é retilíneo, cilíndrico, de coloração marrom-acinzentada, com fendas longitudinais (CARVALHO, 2014).

As folhas são simples e apresentam nervura bronquidódroma, são oblongas a levemente obovadas, discoloras, glabras ou pubescentes em sua nervura principal na face adaxial. A face abaxial é papilhosa; o ápice é arredondado a cuspidado; a base é arredondada; a textura é cartácea a coriácea; a margem pode ser inteira ou crenulada e a filotaxia é alternada dística (CARVALHO, 2014; CATENACCI et al., 2020).

As flores são dispostas em panículas terminais ou axilares, que medem de 20 a 40 cm (CATENACCI et al., 2020). São zigomorfas e o tamanho pode variar em 2 a 3,5 cm de diâmetro; possuem 6 pétalas creme-amareladas, o androceu possui um capuz ligeiramente espessado no ápice e os estames são voltados para dentro; o ovário possui 4 a 5 lóculos, com 6 a 8 óvulos por lóculo. (CARVALHO, 2014; CATENACCI et al., 2020).

Os frutos são denominados pixídios, de pericarpo espesso e lenhoso, com cerca de 11 cm de diâmetro e pesam de um a dois quilos (CARVALHO, 2014). São ditos indeiscentes funcionais devido à abertura opercular ser menor que as sementes (CARVALHO, 2014; CATENACCI et al., 2020).

Em cada fruto há de 5 a 25 sementes em formato de cunha dispostos em volta do eixo central, que medem 3,5-4 x 2-3 cm, triangulares em seção transversal (SANTOS et al., 2006); a testa é lenhosa e rugosa; o endosperma não é evidente e os cotilédones são ausentes

(CARVALHO, 2014; CATENACCI et al., 2020; SANTOS et al., 2006).

O principal produto de interesse comercial é a amêndoa de sua semente, que é fonte de compostos como antioxidantes, em destaque o selênio, o que torna o alimento dito como funcional (CHUNHIENG et al., 2004; JOHN; SHAHIDI, 2010; SATORI; REGITANO-D'ARCE; SKIBSTED, 2020). Este mineral tem teores variáveis nas sementes de acordo com sua origem, pois é relacionado com o teor do elemento presente no solo e outros fatores locais (SATORI; REGITANO-D'ARCE; SKIBSTED, 2020; SILVA JUNIOR et al., 2017).

3.2 Fenologia de *Bertholletia excelsa*

O estudo da fenologia consiste na observação das fases de crescimento e desenvolvimento das plantas, tanto vegetativo, quanto reprodutivo, denominadas fenofases, através de caracteres morfológicos e estes são relacionados com o clima e outras mudanças ambientais, podendo ser escaladas em nível local a global (SCHWARTZ, 2013).

Os resultados deste tipo de estudo embasam tomadas de decisão quanto a práticas de manejo e planejamento da produção de uma espécie, além de prever impactos do aquecimento global sobre as espécies e também reconstruir dados de clima de uma determinada região (CHUINE et al., 2013). Para tal, é necessário a coleta de dados das fases da espécie de interesse e os dados climáticos da região em que se é realizado o estudo.

A fenologia da castanheira apresenta os seguintes eventos: emissão de novas folhas, emissão de gemas florais, floração, formação de frutos e dispersão de frutos (CAMPOS et al., 2013; MAUÉS, 2002; TONINI, 2011; TONINI, 2014).

As fenofases são ditas sincrônicas e ocorrem anualmente, podendo variar dentre as regiões do bioma Amazônico, de oeste para leste, mas com o mesmo padrão (FAUSTINO; EVANGELISTA; WADT, 2014; MORITZ, 1984).

Estudos mostram que na região de origem, a floração ocorre nos meses de menor precipitação, sendo registrada a partir de setembro em estudos realizados nos estados do Amazonas e Pará (MORI; PRANCE, 1990; MORITZ, 1984), no estado de Roraima, registrada entre os meses de dezembro a maio (TONINI, 2011; TONINI et al., 2014) e apresentando pico no mês de abril em áreas no Amapá (CAMPOS et al., 2013).

A formação de frutos leva de 12 a 26 meses; e sua dispersão se concentra nos meses de maior precipitação (CAMPOS et al., 2013; FAUSTINO; EVANGELISTA; WADT, 2014; MAUÉS, 2002; TONINI, 2011; TONINI et al., 2014), iniciando-se em novembro no estado do Acre, com duração média de 50 dias (FAUSTINO; EVANGELISTA; WADT, 2014). Há

registros desta fenofase ocorrendo de janeiro a março no estado do Pará (MAUÉS, 2002). No estado de Roraima, há relatos da dispersão nos meses de janeiro a junho (TONINI, 2011; TONINI et al., 2014) e no estado do Amapá, com pico no mês de abril (CAMPOS et al., 2013).

Com posse destes dados, é possível realizar o planejamento da coleta de frutos e demais atividades de manejo do extrativismo na floresta ou em plantios, assim como comparar com outras regiões produtoras.

3.3 Polinização na *Bertholletia excelsa*

A polinização é definida como o ato de transferência dos grãos de pólen (gameta masculino) provenientes das anteras (estrutura reprodutiva masculina) para o estigma (estrutura reprodutiva feminina) (WILLMER, 2011). Para ocorrer a fecundação, o grão de pólen deve alcançar o óvulo existente no aparelho reprodutor feminino, o que resultará em sementes e frutos (FRANKEL; GALUN, 1977; WILLMER, 2011).

Existe a fecundação cruzada, em que se faz necessário mais de um indivíduo para acontecer a fecundação do óvulo, e a autopolinização, que ocorre na própria planta, podendo ou não ocorrer na mesma flor (WILLMER, 2011).

A polinização é considerada um serviço ecossistêmico (BPBES/REBIPP, 2019), que garante, além da reprodução das espécies, a manutenção, a variabilidade genética dos vegetais e a produção de alimentos (BPBES/REBIPP, 2019; FRANKEL; GALUN, 1977; WILLMER, 2011).

Há diversos modos de ocorrer a polinização, que pode ser com o auxílio de seres vivos (biótiços) ou fatores abiótiços, como o vento e a água (WILLMER, 2011). Quando a polinização é feita por animais, os vegetais desenvolveram estratégias para atração e recompensa, como cores, odores, néctar, óleos e pólen, o que configura como uma relação mutualística (WILLMER, 2011). Com isso, houve uma coevolução de plantas e polinizadores em que se um elemento for afetado, o outro também será (WILLMER, 2011).

O principal grupo polinizador é formado por insetos (WILLMER, 2011), em destaque as abelhas que, segundo estudo da BPBES/REBIPP (2019), compõem 48% das espécies que polinizam 92% de 191 plantas alimentícias cultivadas no Brasil.

A polinização da castanheira do Brasil se dá de forma cruzada, ou seja, o pólen deve vir de outro indivíduo (MAUÉS, 2002). Este fato torna a castanheira altamente dependente de agentes polinizadores (BPBES/REBIPP, 2019; MAUÉS, 2002). Estima-se que o valor do serviço ecossistêmico da polinização para a espécie está em torno de 75 milhões de reais

(BPBES/REBIPP, 2019).

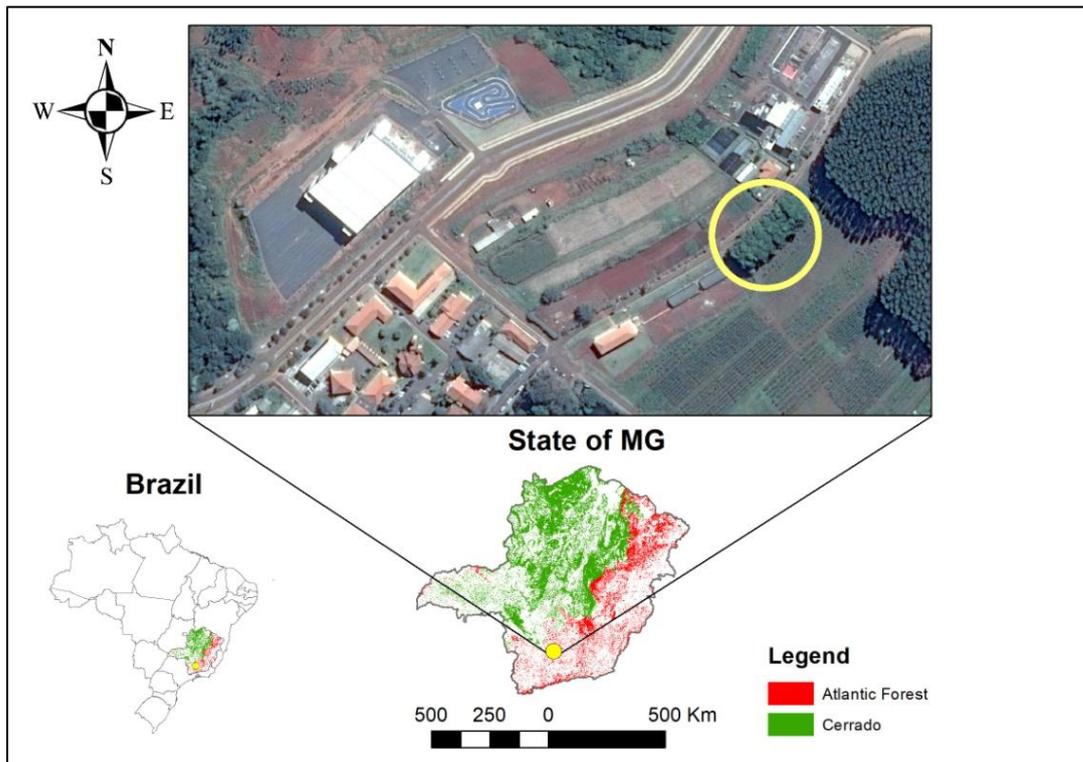
Devido à morfologia da flor, os polinizadores da espécie devem ser robustos, de forma a levantar o capuz que recobre o nectário e os estames (MORI et al, 1978). Algumas abelhas dos gêneros *Bombus*, *Centris*, *Xylocopa*, *Epicharis* e *Eulaema* foram identificadas como polinizadores da castanheira do Brasil na região Norte do Brasil (CAVALCANTE et al., 2012; CAVALCANTE et al., 2018; MAUÉS, 2002).

Com a fragmentação da paisagem, os insetos polinizadores são afetados de forma a não ter abrigo e acesso às castanheiras, que são árvores altas e geralmente distantes uma das outras (SCOLES et al., 2016). Além disso, estas abelhas são de difícil manejo (HOMMA; MENEZES; MAUÉS, 2014).

4. ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido em um plantio experimental implantado no campus da Universidade Federal de Lavras, localizada na região sul do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil ($21^{\circ}13'29,92''$ S $44^{\circ}58'23,14''$ W, altitude de 922 m) (Figura 2).

Figura 2 - Área de estudo (em amarelo). Campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Município de Lavras, estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil.



Fonte: Da autora (2022).

A paisagem da região é composta por fitofisionomias de duas áreas com grande biodiversidade (*hotspots*) mundiais: o Cerrado e a Mata Atlântica (IBGE 2006; MITTERMEIER et al., 2005; MYERS et al., 2000).

O solo da área é classificado como latossolo vermelho distrófico. O relevo é plano e, anteriormente, a área era ocupada por cafeeiros.

Segundo a classificação climática de Koppen, a região é do tipo Cwa, onde ocorrem duas estações bem definidas ao longo do ano, uma seca (de abril a setembro) e outra chuvosa (de outubro a março), com precipitação média anual de cerca de 1529,7 mm, temperatura média anual de 19,4 °C (ALVARES et al., 2013; DUBREIL et al., 2018) e umidade relativa média de 76% (PINTO et al. 2004).

O plantio experimental foi implantado em janeiro de 1996, em regime de consórcio com *Bertholletia excelsa* e *Hevea brasiliensis* (seringueira), constituindo um sistema agroflorestal.

As mudas de *B. excelsa* foram produzidas no viveiro da Universidade Federal de Lavras, em sacos plásticos com sementes coletadas de matrizes localizadas nos municípios de Alta Floresta e Paranaíta, região norte do estado de Mato Grosso, área de ocorrência natural da espécie (CAETANO, 2012).

O plantio foi realizado seguindo um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e 24 plantas por parcela, totalizando 96 mudas, espaçadas 6 metros entre linhas e 3 metros entre plantas. Entre as linhas de castanheiras, foram plantadas mudas clonais de *H. brasiliensis*. Houve um replantio no mês de abril de 1996, em que 21 mudas foram substituídas devido a ataques de formigas ou seca (CAETANO, 2012).

Na área do plantio foi efetuada a limpeza total de plantas infestantes, combate a formigas com iscas formicidas, alinhamento, coroamento e abertura de covas (40 cm x 40 cm x 40 cm). Nestas covas foram aplicados 200g de superfosfato simples e 10 litros de composto orgânico. Posteriormente ao plantio, foi realizado o controle de plantas daninhas por meio de roçagens e capinas em volta de cada planta. No primeiro ano, o experimento foi irrigado pelo menos duas vezes por semana (CAETANO, 2012).

Metade do número total de plantas do experimento foi coberta com sombrite 50%. Ao final do primeiro ano, foi verificado que as plantas não sombreadas não apresentaram adaptação à condição de pleno sol, contrariando as recomendações de plantio. Com isto, foi instalado o sombrite em todas as plantas, que foi retirado no segundo ano após o plantio, mediante a observação da aclimatação e adaptação destas plantas (CAETANO, 2012).

Esta plantação foi manejada durante os últimos 26 anos com controle constante de

plantas daninhas e formigas. Além disso, foi fornecida adubação para o plantio e a cobertura foi realizada durante os três primeiros anos após o plantio. Nenhum desbaste ou poda foi realizado, e as castanheiras atualmente formam uma copa acima da copa de *H. brasiliensis*, que apresentou crescimento insuficiente em relação a plantios na região (CAETANO, 2012). A relação das castanheiras com as seringueiras foi considerada benéfica para a primeira espécie, segundo o mesmo autor.

Atualmente, o plantio possui 78 árvores de *B. excelsa* remanescentes da área. Destas, seis árvores com flores foram identificadas na época de floração de 2019, 11 foram identificadas na época de floração de 2020 e 12 em 2021; além da floração, estas árvores também produzem frutos. A primeira frutificação ocorreu quando as árvores tinham 20 anos e, desde então, o número de indivíduos frutíferos aumentou, assim como o número de frutos a cada ano. As árvores floridas e frutíferas possuem maior área de copa e dominam o dossel.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A. et al. Climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANGELO, H. et al. O custo social do desmatamento da Amazônia Brasileira: o caso da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 183-191, jan./mar., 2013.
- BPBES/REBIPP. **Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil**. WOLOWSKI, M. et al. (Org.). 1. ed. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019. 184 p.
- BRASIL. **Decreto nº 5.975 de 30 de novembro de 2006**. Regulamenta os arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, o art. 4º, inciso III, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, o art. 2º da Lei no 10.650, de 16 de abril de 2003, altera e acrescenta dispositivos aos Decretos nos 3.179, de 21 de setembro de 1999, e 3.420, de 20 de abril de 2000, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Edição Seção Página 1. 01 dez 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5975.htm. Acesso em 07 out. 2021.
- BRASIL. **Resolução de Diretoria Colegiada – RDC Nº 07, de 18 de fevereiro de 2011**. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-7-de-18-de-fevereiro-de-2011.pdf>. Acesso em 08 jan. 2022.
- BRASIL. **Portaria MMA nº 561, de 15 de dezembro de 2021**. Institui a lista de espécies nativas ameaçadas de extinção, como incentivo ao uso em métodos de recomposição de vegetação nativa em áreas degradadas ou alteradas. Diário Oficial da União. Edição: 236 Seção: 1 Página: 202. 16 dez 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-561-de-15-de-dezembro-de-2021-367747322>. Acesso em 08 jan. 2022.
- CAETANO, A.C. **Introdução e crescimento da castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em consórcio agroflorestal com clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) em Lavras – MG**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- CAMPOS, A.M. et al. Fenologia reprodutiva de *Bertholletia excelsa* Bonpl. Em floresta de terra firme em Mazagão, Amapá. **Biota Amazonia**, v.3 n.1, p. 1-8, 2013.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2014. v.5, 634p.
- CATENACCI, F.S.; RIBEIRO, M.; SMITH, N.P.; CABELLO, N. B. 2020. *Bertholletia in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23424>. Acesso em: 29 dez. 2021
- CAVALCANTE, M. C.; OLIVEIRA, F. F.; MAUÉS, M. M.; FREITAS, B. M. Pollination

requirements and the foraging behavior of potential pollinators of cultivated Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) trees in Central Amazon rainforest. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2012, p. 1-9, 2012.

CAVALCANTE, M.C. et al. Nectar production dynamics and daily pattern of pollinator visits in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) plantations in Central Amazon: implications for fruit production. **Apidologie**. v. 49, n. 4, p. 505-516, 2018.

CHUINE, I. et al. Phenology: an integrative environmental science. **Tasks for Vegetation Science**, v. 39, p. 217-235, 2003.

CHUNHIENG, T. et al., Study of Selenium Distribution in the Protein Fractions of the Brazil Nut, *Bertholletia excelsa*. **J. Agric. Food Chem**, v.52, p. 4318-4322, 2004.

CONAB. **Preços médios mensais – Castanha-do-brasil**. 2021 Disponível em: http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/arquivos/relatorio_bY4f9O.html.pdf. Acesso em 07 out. 2021.

DUBREUIL, V. et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins Revue franco-brésilienne de géographie**, v. 37, 2018.

FAUSTINO, C.L.; EVANGELISTA, J.S.; WADT, L.H.O. Dispersão primária de frutos da castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.): importância para o manejo e conservação da espécie. **Bol. Mus. Emilio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v.9, n.2, p. 371-379, mai./ago., 2014.

FRANKEL, R.; GALUN, E. **Pollination Mechanisms, Reproduction and Plant Breeding**. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York: 1977, 293 p.

HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A.; MAUÉS, M. M. Castanheira-do-pará: os desafios do extrativismo para plantios agrícolas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** n.9, v. 2, p. 293-306, 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**, IBGE. 2000.

IBGE, **Produção da Extração Vegetal e Silvicultura 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019 – Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/16/12705>. Acesso em 28 dez. 2021.

JOHN, J.A; SHAHIDI, F. Phenolic compounds and antioxidant activity of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). **Journal of Functional Foods** 2, v. 1, p. 196-209, 2010.

MAUÉS, M.M. **Reproductive Phenology and Pollination of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia**. In: KEVAN, P. IMPERATRIZ FONSECA, V.L. (ed). Pollinating Bees – The Conservation Link Between Agriculture and Nature. Ministry of Environment: Brasília, p. 245-254, 2002.

MAUÉS, M.M.; OLIVEIRA, P.E.A.M. Consequências da fragmentação do habitat na ecologia reprodutiva de espécies arbóreas em florestas tropicais, com ênfase na Amazônia. **Oecologia Australis**, v.14, n. 1, p.238-250, mar. 2010.

MITTERMEIER, R.A. et al. A brief history of biodiversity conservation in Brazil.

Conservation Biology, p. 601-607, 2005.

MORI, S.A.; PRANCE, G.T. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). **Advances in Economic Botany**, p. 130-150, 1990.

MORITZ, A. **Estudos biológicos da floração e da frutificação da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)**. Belém: Embrapa/ CPATU, 24p. 1984.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

PIMENTEL, L.D. et al. Estimativa de Viabilidade Econômica no Cultivo da Castanha-do-brasil. **Informações Econômicas**, SP, v. 37, n. 6, jun. 2007.

PINTO, L.V.A. et al. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 775-793, 2005.

RAMALHO, A.B. et al. Diversidade Genética entre Genótipos de *Bertholletia excelsa* por meio de Marcadores Moleculares ISSR. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 46, n. 2, p. 207 - 214, abr./jun. 2016.

SANTANA, A.C. et al. O Custo Socioambiental da Destruição das Castanheiras (*Bertholletia excelsa*) no Estado do Pará. **Revista de Estudos Sociais**, v. 18, n. 37, p. 3-21, 2016.

SANTANA, A.C. et al. Valoração e sustentabilidade da castanha-do-brasil na Amazônia. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 60, n. 1, p. 77-89, jan./mar. 2017.

SANTOS, J.U.M. et al. *Bertholletia excelsa* Humboldt & Bonpland (Lecythidaceae): aspectos morfológicos do fruto, da semente e da plântula. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 2, p. 103-112, mai./ago. 2006.

SARTORI, A.G.O.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SKIBSTED, L.H. Brazil nut: nutritional benefits from a unique combination of antioxidants. **J. Food Bioact.**, v. 9, p. 36-39. 2020.

SCHIRIGATTI, E.L. et al. Market Behavior in Shell Brazil Nuts Produced in Brazil from 2000 to 2010. **Floram**, v. 23, n. 3, p. 369-377, 2016.

SCHWARTZ, M.D. **Introduction**. In: M.D. Schwartz (ed.), *Phenology: An Integrative Environmental Science*, DOI 10.1007/978-94-007-6925-0_15, © Springer Science+Business Media B.V. 2013

SCOLES, R.; GRIBEL, R. Population Structure of Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) Stands in Two Areas with Different Occupation Histories in the Brazilian Amazon. **Hum. Ecol.**, v.39, p. 455-464, 2011.

SCOLES, R. et al. Sobrevivência e Frutificação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. Em Áreas Desmatadas em Oriximiná, Para. **Floram**, v. 23 n. 4, p. 555-564. 2016.

JUNIOR, EC Silva et al. Natural variation of selenium in Brazil nuts and soils from the Amazon region. **Chemosphere**, v. 188, p. 650-658, 2017.

TONINI, H. Fenologia da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) no sul do estado de Roraima. **Cerne**, Lavras, v.17, n.1, p. 123-131, jan/mar. 2011.

TONINI, H. et al. Fenologia, estrutura e produção de sementes em castanhais nativos de Roraima e características socioeconômicas dos extrativistas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 399-414, 2014.

WILLMER, P. **Pollination and Floral Ecology**. Princeton University Press: Princeton and Oxford, 2011, 789p.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1 - FENOLOGIA DA CASTANHEIRA-DO-BRASIL EM AMBIENTE EXTRA AMAZÔNICO, EM ECÓTONE CERRADO-MATA ATLÂNTICA

Resumo

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é nativa do bioma amazônico, que possui clima quente e úmido. Seu principal produto comercial é a castanha, muito apreciada no mercado nacional e internacional. Não há relatos de frutificação em maior escala fora da área de ocorrência, fato que está acontecendo em um plantio experimental no campus da Universidade Federal de Lavras, localizada na região sudeste do Brasil, ecótone Cerrado-Mata Atlântica, que, além de ser um ambiente extra amazônico, constitui *hotspots* de biodiversidade mundial. Diante disso, este trabalho objetivou a observação da fenologia da espécie nesta área por um período de 36 meses. Os resultados mostram que o ciclo da espécie na região tem duração de 16 meses e também indicam que a espécie tem comportamento fenológico semelhante ao que ocorre na região de origem, porém em épocas diferentes, o que configura uma oportunidade de produção descentralizada, possibilitando a geração de renda a produtores em outras partes do país.

Palavras chave: *Bertholletia excelsa*. Castanha-do-pará. Dispersão de frutos.

Abstract

The Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) is native to the Amazon biome, which has a hot and humid climate. Its main commercial product is the nut, much appreciated in the national and international market. There are no reports of fruiting on a larger scale outside the occurrence area, a fact that is happening in an experimental plantation in the Federal University of Lavras campus, located in southeastern Brazil, Ecotone Cerrado-Mata Atlântica, which, in addition to being an extra-Amazonian, constitute global biodiversity hotspots. Therefore, this work aimed to observe the phenology of the species in this area for 36 months. The results show that the species cycle lasts for 16 months and also indicate that the species has a phenological behavior similar to what occurs in the region of origin, but at different times, which constitutes an opportunity for decentralized production, which enables income generation to producers in other parts of the country.

Keywords: *Bertholletia excelsa*. Brazil nut. Fruit dispersion.

1. INTRODUÇÃO

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) é uma espécie que ocorre naturalmente na Amazônia, região com clima quente e úmido, em áreas de terra firme (FLORA DO BRASIL, 2021). A espécie está classificada como vulnerável quanto ao risco de extinção (BRASIL, 2021; IUCN, 2019), e devido a isto, é legalmente protegida (Decreto nº 5975/2006, Artigo 29), sendo proibido o seu corte para exploração madeireira em florestas naturais, primitivas ou regeneradas (BRASIL, 2006).

Seu principal produto comercial é a amêndoa, conhecida como castanha-do-brasil, castanha-do-pará ou ainda “Brazil nut” nos países importadores. A castanha tem grande importância alimentar devido aos seus teores de nutrientes, sobretudo selênio e aminoácidos (SARTORI; REGITANO-D’ARCE; SKIBSTED, 2020). A exploração desta amêndoa, considerada sustentável e de baixo impacto em sua coleta, cumpre função socioeconômica para as comunidades amazônicas. Em 2021, a média de preços mensais pagos por quilo aos coletores de castanha foi de R\$ 4,20 pela castanha com casca e em torno de R\$ 48,00 pela beneficiada (CONAB, 2021).

Há poucos estudos de estabelecimento de plantios de castanheiras fora da região amazônica (HOMMA et al., 2014), e não há relatos de frutificação da espécie fora de sua área de ocorrência natural, com potencial de apresentar produção em escala, fato que está ocorrendo no plantio realizado em Lavras, sul do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil uma região de ecótono do Cerrado com a Mata Atlântica. O plantio em Lavras foi realizado em janeiro de 1996 pela equipe do Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na forma de experimento com 96 mudas produzidas a partir de sementes coletadas em locais de ocorrência natural da espécie, no norte do estado de Mato Grosso, região Centro Oeste do Brasil, de domínio Amazônico.

Neste sentido, é importante a realização de estudos acerca do desenvolvimento da espécie nesta região, que não é a de sua origem, no sentido de possibilitar o cultivo e otimizar a logística de produção, gerando renda e alternativas de produção.

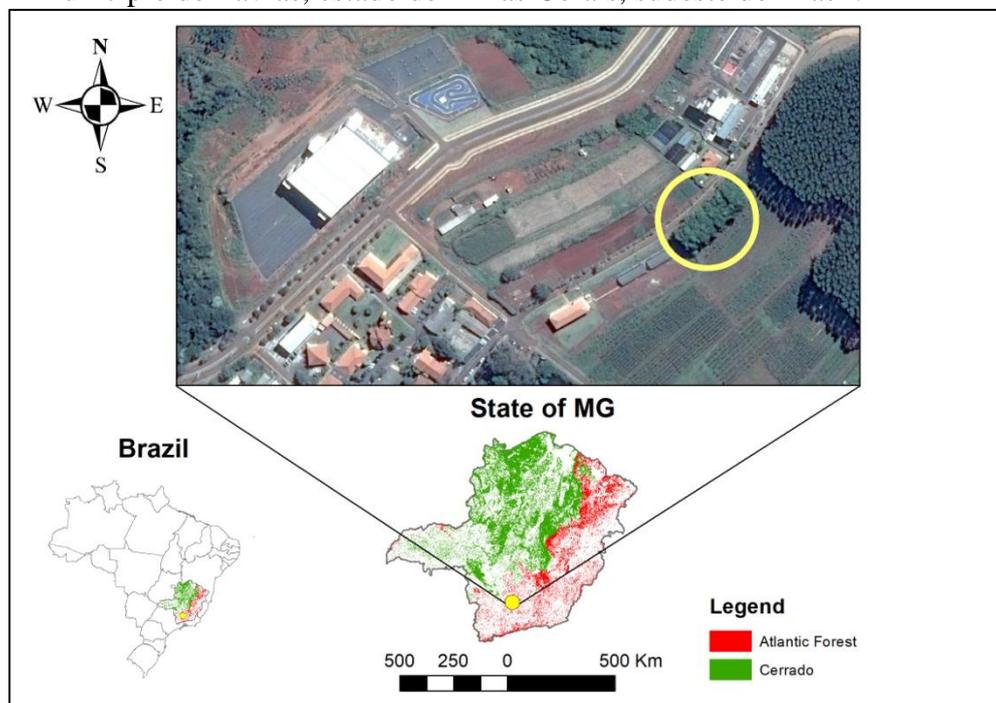
Com isto, objetivou-se estudar o padrão fenológico da espécie neste plantio que se localiza num domínio diferente ao de sua ocorrência natural, numa área ecotonal de Cerrado e Mata Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos no plantio experimental de *B. excelsa* localizado no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, região ecotonal entre os domínios Cerrado e Mata Atlântica (MYERS et al., 2000), no estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil (21°13'29,92”S 44°58'23,14”W, altitude de 922 m) (Figura 1). A paisagem da região sul do estado de Minas Gerais é composta por fitofisionomias de duas áreas com grande biodiversidade (*hotspots*) mundiais: o Cerrado e a Mata Atlântica (IBGE 2006; MITTERMEIER et al., 2005; MYERS et al., 2000).

Segundo a classificação climática de Koppen, a região é do tipo Cwa, onde ocorrem duas estações bem definidas ao longo do ano, uma seca (de abril a setembro) e outra chuvosa (de outubro a março), com precipitação média anual de cerca de 1529,7 mm, temperatura média anual de 19,4 °C (ALVARES et al., 2013; DUBREIL et al., 2018) e umidade relativa média de 76% (PINTO et al., 2004).

Figura 1 - Área de estudo (em amarelo). Campus da Universidade Federal de Lavras, UFLA. Município de Lavras, estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil.



Fonte: Da autora (2022).

O trabalho consistiu na observação quinzenal dos 78 indivíduos arbóreos localizados na área experimental, por 36 meses, entre setembro de 2018 a setembro de 2021, com binóculos marca NIKON Action 08x40, e fotografias feitas com máquina fotográfica Canon SX60 HS e

tomadas aéreas com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) de Marca DJI, Linha Phantom, Série 4 Pro. Não foram feitos vôos em dias de mau tempo, devido às especificações do equipamento, momento em que as atividades foram repassadas para o dia seguinte ou até que as condições estivessem satisfatórias.

As fenofases observadas foram:

- Brotamento – aparecimento de brotos foliares até a expansão de folhas novas;
- Floração – emissão de botões e presença de flores em antese (flores abertas);
- Frutificação – presença de frutos imaturos e maduros;
- Dispersão – queda de frutos maduros no solo;
- Queda foliar – perda de folhas.

O percentual de indivíduos em uma determinada fenofase foi calculado, utilizando dados de presença (1) ou ausência (0) da fenofase, assim como a intensidade do evento fenológico em relação ao total de plantas que apresentavam o evento no ano de observação, que variou de 0 a 100%.

Também foram coletados dados sobre os fatores climáticos da região, tais como precipitação e temperaturas médias durante todo o período de estudo. Estas informações foram obtidas junto aos dados do Departamento de Fitopatologia da UFLA, do banco de dados da Estação Climatológica Principal de Lavras, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), mediante convênio entre esta instituição e a UFLA e do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio de solicitações *online* no banco de dados destas instituições.

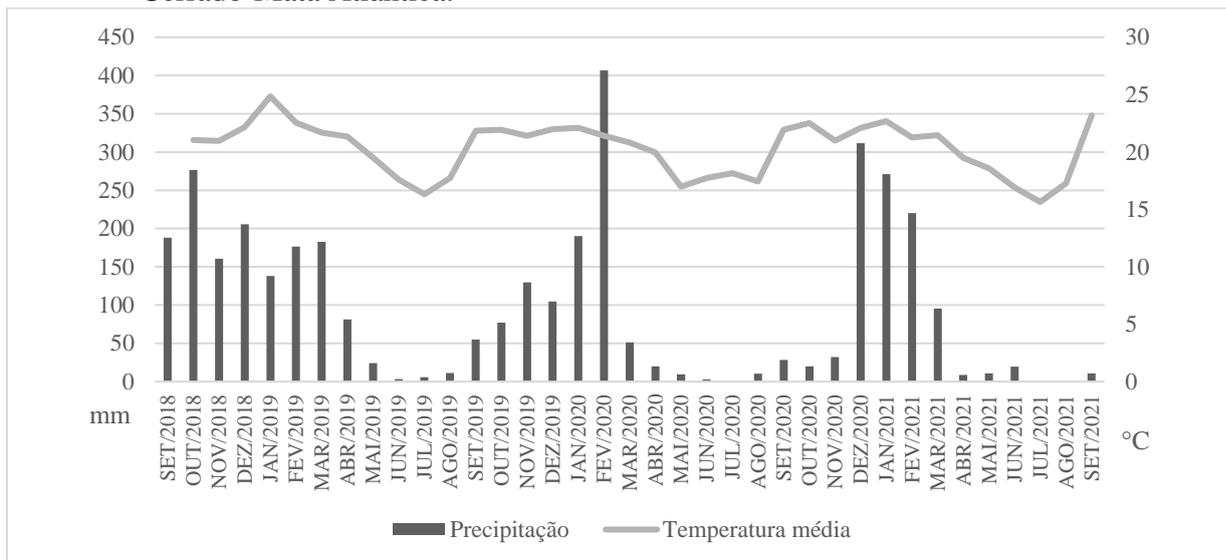
Os dados foram tabelados no *Microsoft Office Excel*[®] e a partir destes, foram construídos gráficos demonstrativos dos eventos com o auxílio do mesmo *software*. Foi realizada a análise de normalidade de Shapiro-Wilk e teste de correlação de Spearman para cada evento no *software R for Windows*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à precipitação durante o período de análise (Figura 2), o mês mais chuvoso foi fevereiro de 2020 (406,8 mm) e os meses com menores índices pluviométricos, julho de 2020 e julho e agosto de 2021, em que não houve registro de chuvas. A média de precipitação mensal durante o período estudado foi de 95,6 mm, e a anual, 1147,7 mm, o que caracteriza valor abaixo da média histórica para a região, 121,8 mm/mês e 1461,8 mm/ano (INMET, 2022).

Quanto à temperatura (Figura 2), a média no período analisado foi de 20,37 °C, sendo janeiro de 2019 o mês mais quente, com média de 24,84 °C e julho de 2021, o mais frio, média de 15,65 °C. A temperatura máxima registrada no período estudado foi de 37,30 °C, registrada em outubro de 2020 e a mínima, 3,08 °C, em julho de 2021.

Figura 2 - Climograma do período estudado, município de Lavras, MG, região ecotonal Cerrado-Mata Atlântica.



Fonte: Da autora (2022).

Os dados no período estudado não apresentaram normalidade segundo o teste de Shapiro-Wilk.

Durante o período estudado, as fases observadas (brotamento, floração, formação de frutos e dispersão) (Figura 3) ocorreram em todos os anos, o que corrobora com um padrão fenológico anual, assim como observado em diversos trabalhos realizados na região de origem da espécie (CAMPOS et al., 2013; MAUÉS, 2002; MORI; PRANCE, 1990; MORITZ, 1984; TONINI, 2011; TONINI et al., 2014).

Figura 3 - Fenofases observadas na área de estudo: 1 - Brotamento; 2 e 3 – Floração (em conjunto com a frutificação); 4 - Frutificação.

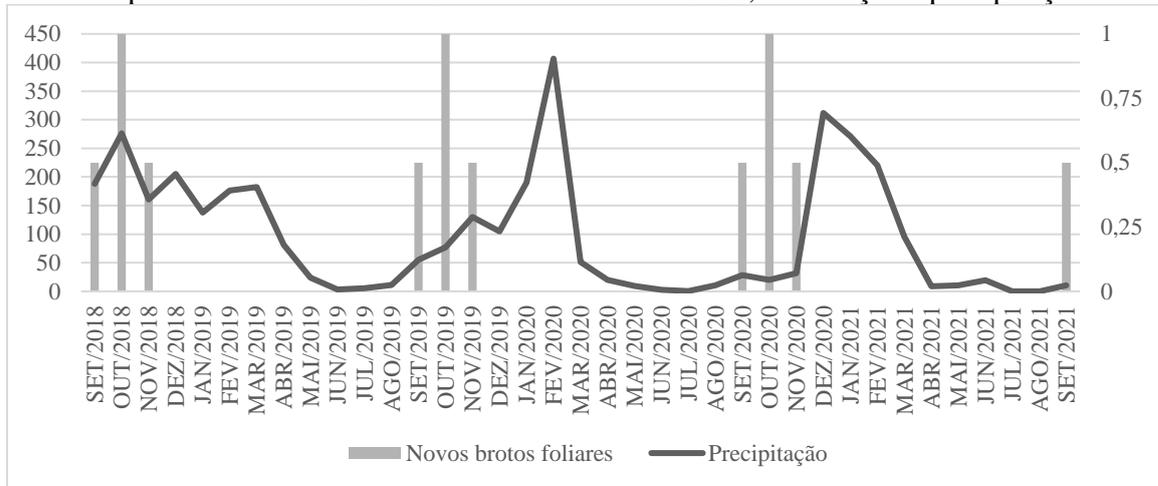


Fonte: Da autora (2022).

A formação de brotos foliares inicia-se em meados de setembro e outubro (Figuras 4 e 5), com posterior formação dos brotos florais, que assim como a floração, ocorreram em meses (épocas) diferentes das regiões de ocorrência natural da espécie (CAMPOS et al., 2013; MAUÉS, 2002; MORI; PRANCE, 1990; TONINI, 2011; TONINI et al., 2014).

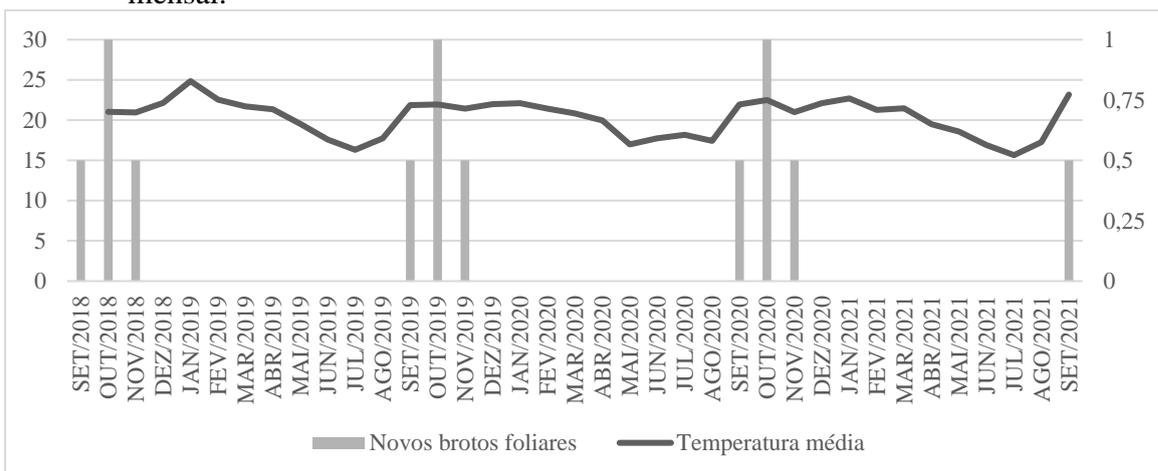
O teste de correlação de Spearman para esta fenofase apresentou os valores de $\rho = 0,1597841$ para a precipitação e $\rho = 0,3161394$ para temperatura média. Estes valores configuram uma baixa correlação do evento com o fator climático analisado.

Figura 4 – Ocorrência e intensidade da emissão de brotos foliares de castanheira-do-brasil no período de setembro de 2018 a setembro de 2021, em relação à precipitação mensal.



Fonte: Da autora (2022).

Figura 5 – Ocorrência e intensidade da emissão de brotos foliares de castanheira-do-brasil no período de setembro de 2018 a setembro de 2021, em relação à temperatura média mensal.



Fonte: Da autora (2022).

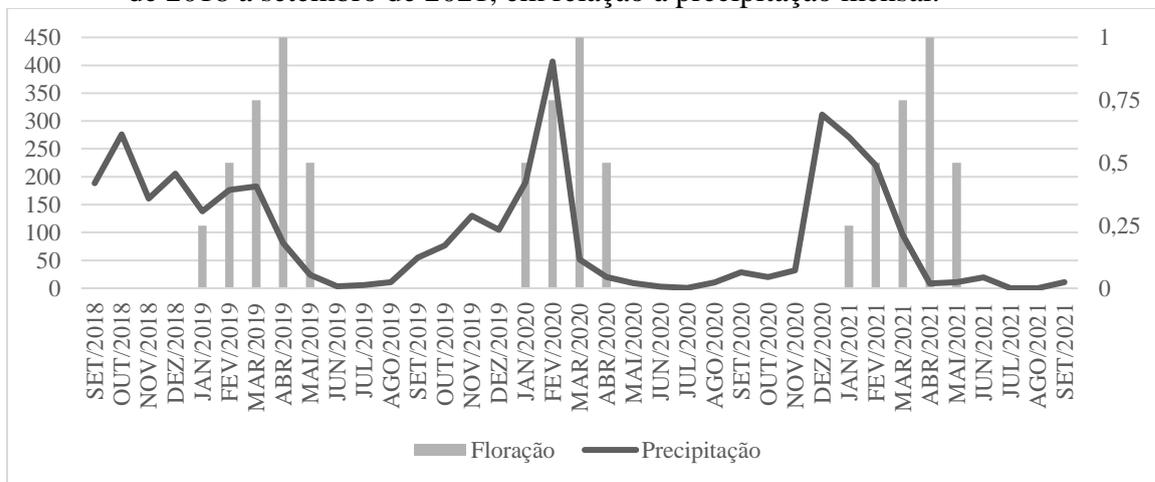
Não houve queda significativa de folhas que levasse ao desfolhamento total durante o período analisado, o que leva à constatação de que a espécie, na área observada, tem hábito sempre verde, assim como em sua região de origem (CAMPOS et al., 2013), o que caracteriza o plantio como sempre verde, contrastando com a vegetação da localidade estudada que é composta por fragmentos de floresta estacional semidecidual (ARAÚJO et al., 2018), em que há um desfolhamento parcial da vegetação nos meses mais frios e secos do ano.

Estudos de fenologia na região de ocorrência natural de *B. excelsa* registram que o pico da floração ocorre na época de menor precipitação naqueles locais sendo registrada a partir de setembro em estudos realizados nos estados do Amazonas e Pará (MORI; PRANCE, 1990; MORITZ, 1984), no estado de Roraima, registrado entre os meses de dezembro a maio

(TONINI, 2011; TONINI et al., 2014) e apresentando pico em abril em áreas no Amapá (CAMPOS et al., 2013), porém, o pico da floração na região estudada (sudeste do Brasil, ecotóne Cerrado-Mata Atlântica) apresentou-se na época de maior precipitação, entre os meses de janeiro e abril e no ano de 2021, entre os meses de janeiro e maio (Figuras 6 e 7).

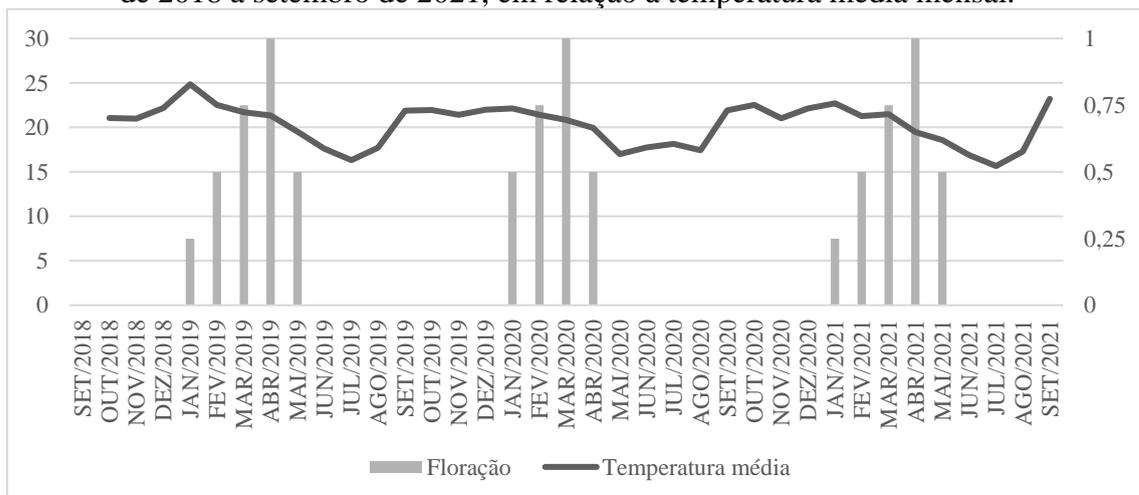
O teste de correlação de Spearman para esta fenofase apresentou os valores de $\rho = 0,2895352$ para a precipitação e $\rho = 0,1767067$ para temperatura média. Estes valores configuram uma baixa correlação do evento com o fator climático analisado.

Figura 6 - Ocorrência e intensidade da floração de castanheira-do-brasil no período de setembro de 2018 a setembro de 2021, em relação à precipitação mensal.



Fonte: Da autora (2022).

Figura 7 - Ocorrência e intensidade da floração de castanheira-do-brasil no período de setembro de 2018 a setembro de 2021, em relação à temperatura média mensal.



Fonte: Da autora (2022).

Durante o período analisado, a queda de frutos teve maior intensidade a partir dos meses de setembro e outubro, meses nos quais não há relatos de frutificação intensa na região

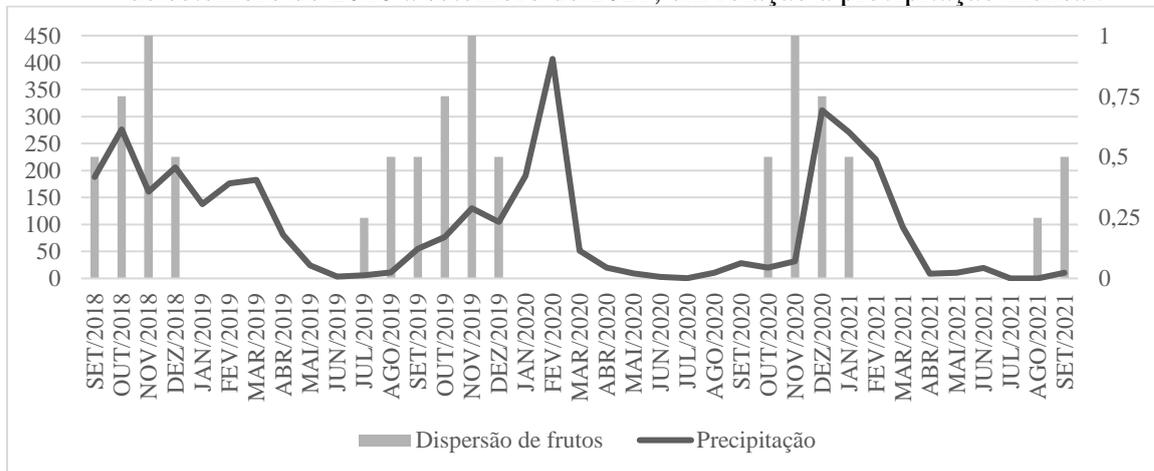
amazônica, em que se inicia em novembro no estado do Acre, com duração média de 50 dias (FAUSTINO; EVANGELISTA; WADT, 2014). Há registros desta fenofase ocorrendo de janeiro a março no estado do Pará (MAUÉS, 2002). No estado de Roraima, há relatos da dispersão nos meses de janeiro a junho (TONINI, 2011; TONINI et al., 2014) e no estado do Amapá, com pico no mês de abril (CAMPOS et al., 2013).

Entre a observação dos primeiros frutos após a floração e a sua queda, verificou-se um intervalo de 16 meses. Na região de origem, observou-se um período entre 10 e 26 meses (CAMPOS et al., 2013; MAUÉS, 2002; TONINI, 2011; TONINI et al., 2014).

No primeiro ano de estudo, observou-se queda de frutos entre o início do mês de setembro, até o mês de dezembro. Em 2019, a queda iniciou-se no mês de julho e foi observada até o mês de dezembro. Em 2020, foi detectada a queda em outubro, seguindo até o mês de janeiro de 2021. No ano de 2021, o evento foi percebido a partir do fim do mês de agosto (Figuras 8 e 9).

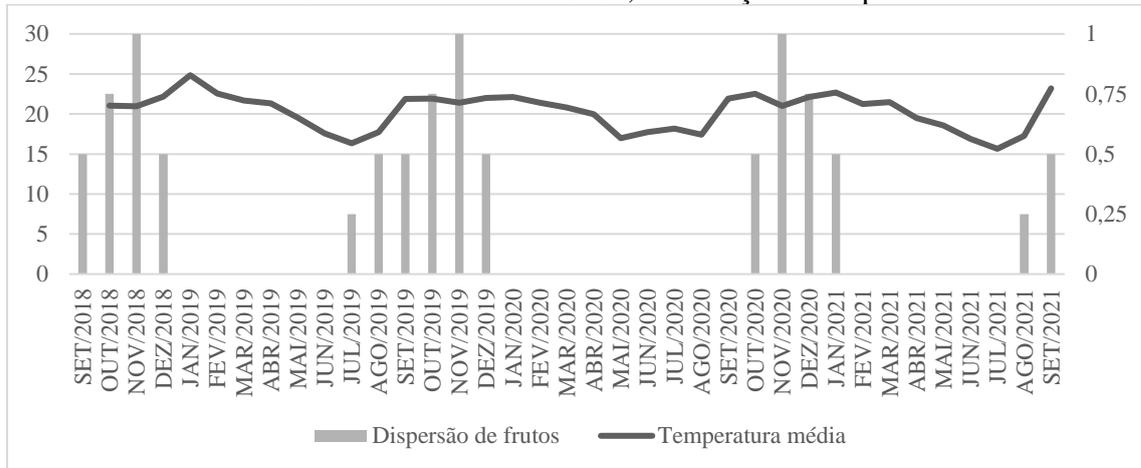
O teste de correlação de Spearman para esta fenofase apresentou os valores de $\rho = 0,3010491$ para a precipitação e $\rho = 0,3018293$ para temperatura média. Estes valores configuram uma baixa correlação do evento com o fator climático analisado.

Figura 8 - Ocorrência e intensidade da dispersão de frutos de castanheira-do-brasil no período de setembro de 2018 a setembro de 2021, em relação à precipitação mensal.



Fonte: Da autora (2022).

Figura 9 - Ocorrência e intensidade da dispersão de frutos de castanheira-do-brasil no período de setembro de 2018 a setembro de 2021, em relação à temperatura média mensal.



Fonte: Da autora (2022).

Estes dados sinalizam uma oportunidade para a silvicultura da castanha-do-brasil na região em que se realizou o estudo, uma vez que a época de dispersão de frutos difere das que ocorrem na região de origem, sendo observada, principalmente, nos meses de setembro e outubro. A oferta da castanha de forma mais uniforme ao longo do ano e com produção mais descentralizada pode contribuir para a otimização da logística e precificação, tanto ao produtor, quanto ao consumidor.

4. CONCLUSÃO

A castanheira-do-brasil no ambiente extra amazônico, em Lavras, Minas Gerais, sudeste do Brasil, e durante o período estudado, apresentou brotamento foliar e floração anuais.

Ainda, em relação à emissão e queda de folhas, verificou-se que há brotamento e queda ocorrendo de forma conjunta, o que leva à conclusão de que o comportamento da espécie na região é de semi perenialidade.

A frutificação também apresentou comportamento anual, com um período médio de 16 meses entre a observação de frutos novos e o início do período de dispersão.

A dispersão de frutos em época distinta à da região de origem configura uma oportunidade de produção descentralizada, que pode gerar renda a produtores em outras partes do país.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A. et al. Climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAUJO, F.C. et al. Caracterização de fragmentos florestais no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Regnella Scientia**, v. 4, n. 1, p. 6-20, 2018.
- BRASIL. **Decreto nº 5.975, de 30 de novembro de 2006**. Regulamenta os arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, o art. 4º, inciso III, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, o art. 2º da Lei nº 10.650, de 16 de abril de 2003, altera e acrescenta dispositivos aos Decretos nºs 3.179, de 21 de setembro de 1999, e 3.420, de 20 de abril de 2000, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 01 dez. 2006. Seção 1, p. 2. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5975.htm. Acesso em 06 out. 2019.
- BRASIL. **Portaria MMA nº 561, de 15 de dezembro de 2021**. Institui a lista de espécies nativas ameaçadas de extinção, como incentivo ao uso em métodos de recomposição de vegetação nativa em áreas degradadas ou alteradas. Diário Oficial da União. Edição: 236 Seção: 1 Página: 202. 16 dez 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-561-de-15-de-dezembro-de-2021-367747322>. Acesso em 11 jan. 2022.
- CAMPOS, A.M. et al. Fenologia reprodutiva de *Bertholletia excelsa* Bonpl. Em floresta de terra firme em Mazagão, Amapá. **Biota Amazonia**, v.3, n.1, p 1-8, 2013.
- CONAB. **Preços médios mensais – Castanha-do-brasil**. 2021. Disponível em: http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/arquivos/relatorio_bY4f9O.html.pdf. Acesso em 07 out. 2021.
- DUBREUIL, V. et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins Revue franco-brésilienne de géographie**, v. 37, 2018.
- FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2021. ***Bertholletia excelsa* Bonpl.** Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23424>. Acesso em: 07 out 2021.
- HOMMA, A. et al. Castanheira-do-pará: os desafios do extrativismo para plantios agrícolas. Brazil nut tree: the challenges of extractivism for agricultural plantations. **Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 293-306, 2014.
- IBGE. **Mapa de unidades de relevo do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2006.
- INMET. **Normais Climatológicas do Brasil. 1981-2010**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em 05 mar. 2022.
- IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2019-2. Disponível em <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 15 out. 2019.
- MAUÉS, M.M. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia*

excelsa Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. **Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature**, v. 245, 2002.

MITTERMEIER, R.A. et al. A brief history of biodiversity conservation in Brazil. **Conservation Biology**, p. 601-607, 2005.

MORI, S.A.; PRANCE, G.T. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). **Advances in Economic Botany**, p. 130-150, 1990.

MORITZ, A. Estudos biológicos da floração e da frutificação da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* HBK). **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 1984.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

PINTO, L.V.A. et al. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 775-793, 2005.

SARTORI, A. G. O.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SKIBSTED, L. H. Brazil nut: Nutritional benefits from a unique combination of antioxidants. **J. Food Bioact**, v. 9, p. 36-39, 2020.

TONINI, H. Fenologia da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) no sul do estado de Roraima. **Cerne**, Lavras, v.17, n.1, p. 123-131, jan/mar. 2011.

TONINI, Helio et al. Fenologia, estrutura e produção de sementes em castanhais nativos de Roraima e características socioeconômicas dos extrativistas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 399-414, 2014.

ARTIGO 2 - PRIMEIRO REGISTRO DE POLINIZADORES DE *BERTHOLLETIA EXCELSA* BONPL. FORA DA AMAZÔNIA, EM UMA REGIÃO ECOTONAL ENTRE DOIS HOTSPOTS GLOBAIS, O CERRADO E A MATA ATLÂNTICA

Resumo

Bertholletia excelsa (Lecythidaceae), árvore também conhecida como castanheira-do-pará, tem como principal produto comercial a castanha, exportada mundialmente como castanha-do-brasil. No Brasil, ocorre naturalmente na Floresta Amazônica, onde suas flores são polinizadas por abelhas nativas. Existem poucos estudos sobre o estabelecimento de castanheiras fora da região amazônica e não há relatos de *B. excelsa* frutificando em larga escala fora de sua área de ocorrência natural. Este é o primeiro relato de um plantio fora da Amazônia em fase de frutificação e produção de castanha-do-brasil, em que objetivou-se identificar os potenciais polinizadores. O plantio possui 26 anos, com floração ocorrendo de janeiro a abril. Instalou-se uma plataforma para coletar, observar e fotografar os insetos visitantes. Os insetos coletados foram armazenados, preparados entomologicamente e identificados por especialistas, que observaram seis espécies, três delas classificadas como potenciais polinizadoras (*Centris lutea*, *Eulaema nigrita*, *Eulaema cingulata*). As espécies *E. nigrita* e *E. cingulata* já eram conhecidas como polinizadoras da castanha-do-brasil na Amazônia. Este é o primeiro registro de *C. lutea* como polinizadores potenciais para *B. excelsa*. A identificação dos potenciais polinizadores tem um papel importante na conservação (em sua área de ocorrência natural) e na viabilidade comercial da castanha-do-brasil fora da floresta amazônica.

Palavras-chave: Abelhas, *Bertholletia excelsa*, *Centris*, *Eulaema*, Nuez boliviana.

Abstract

Bertholletia excelsa (Lecythidaceae) a fruit tree also known as Pará nut tree has as its main commercial product a nut, exported worldwide as Brazil nut. In Brazil it occurs naturally in Amazon rainforest where its flowers are pollinated by native bees. There are few studies on the establishment of Brazil nut plantations outside the Amazon region and there are no reports of *B. excelsa* fruiting on a large scale outside its area of natural occurrence. This is the first reported of a plantation outside Amazon to fruiting and produce Brazil nut, where we aimed to identify the potential pollinators. The plantation is 24 years old, with flowering season occurring from January to April. We installed a platform to observe and photography the insects. The collected insects were stored, mounted, and identified by specialists. Six species were observed, three of them classified as potential pollinators (*Centris lutea*, *Eulaema nigrita*,

Eulaema cingulata). The species *E. nigrita* and *E. cingulata* were already known as a pollinator of Brazil nut in Amazon. This is the first record of *C. lutea* as potential pollinators for *B. excelsa*. Identification of the potential pollinators has an important role in conservation (in its natural occurrence area) and commercial production feasibility of Brazil nuts outside Amazon rainforest.

Keywords: Bees, *Bertholletia excelsa*, *Centris*, *Eulaema*, Nuez boliviana.

1. INTRODUÇÃO

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae), também conhecida como castanheira-do-pará, ocorre naturalmente na floresta amazônica. No Brasil, ocorre nos estados do Acre, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia e parte do Mato Grosso (FLORA DO BRASIL, 2019). Seu principal produto comercial é a castanha, conhecida como castanha-do-brasil pelos países importadores, que é consumida in natura ou na forma de subprodutos, como óleo ou leite.

A castanha possui grande valor nutricional e é considerada um alimento funcional devido aos seus níveis de nutrientes e ácidos graxos benéficos, principalmente o selênio, que auxilia na prevenção de doenças cardíacas aliadas às suas propriedades antioxidantes e anticancerígenas (SARTORI et al., 2020).

Em 2018, as exportações de castanha-do-brasil atingiram 11000 toneladas (CONAB, 2019), destacando sua importância econômica e social para as comunidades locais que dependem dos recursos florestais para renda e trabalho.

O status de conservação de *B. excelsa* é vulnerável (IUCN, 2019), portanto, esta espécie é legalmente protegida (Decreto nº 5975/2006, artigo 29), sendo proibida sua extração em florestas naturais, primitivas ou regeneradas (BRASIL, 2006). Um efeito não intencional da proteção da lei é o isolamento das castanheiras que permanecem na paisagem após o desmatamento para fins de uso da terra. O isolamento aumenta os estresses ambientais, como incêndios, e o risco de queda devido à falta de apoio do dossel florestal, prejudicando suas relações ecológicas (SCOLES et al., 2016).

Em seu habitat natural, *B. excelsa* é polinizada por grandes abelhas nativas robustas, que possuem força suficiente para desenrolar o capuz da flor e alcançar o nectário (CAVALCANTE et al., 2012). Essas abelhas, comumente conhecidas como “mamangavas”, requerem condições favoráveis para habitar a região e realizar a polinização, e a diminuição das populações dessas

grandes abelhas impacta diretamente na frutificação da castanheira, que é alógama e autoincompatível (MAUÉS, 2002; MAUÉS; OLIVEIRA, 2010; MAUÉS et al., 2015), necessitando de polinização cruzada entre os indivíduos arbóreos.

Vale ressaltar que a flor da castanha-do-brasil abre no início da manhã e, aproximadamente doze horas depois, a flor cai; e uma nova flor contida na inflorescência abrirá na manhã seguinte (MAUÉS, 2002). O pico de produção de néctar ocorre no período em que a flor está aberta, e os polinizadores são atraídos para a flor nas primeiras horas após a antese (CAVALCANTE et al., 2018).

Estudos de fenologia nos habitats naturais de *B. excelsa* indicam que o pico de floração ocorre entre agosto e novembro, o que corresponde ao menor período pluviométrico nesses locais (MAUÉS, 2002; TONINI et al., 2014). Assim, entender esses padrões fenológicos é importante para o manejo da espécie em áreas de coleta e plantio, que podem variar entre regiões e entre diferentes origens genéticas.

Em relação à produção fora de sua área de ocorrência natural, existem poucos estudos sobre o estabelecimento de plantios de castanha-do-pará fora da região amazônica (HOMMA et al., 2014), mas não há relatos de *B. excelsa* frutificando em larga escala fora de sua área de ocorrência natural. No entanto, este fato não se aplica em uma plantação estabelecida em janeiro de 1996, em Lavras, sul de Minas Gerais, Brasil. O plantio experimental implantado em 1996 teve como objetivo avaliar o comportamento de *B. excelsa* em Sistema Agroflorestal consorciado com *Hevea brasiliensis* (Willd ex Adr. de Juss.) Müell, Arg. (Euphorbiaceae), planta conhecida no Brasil como seringueira.

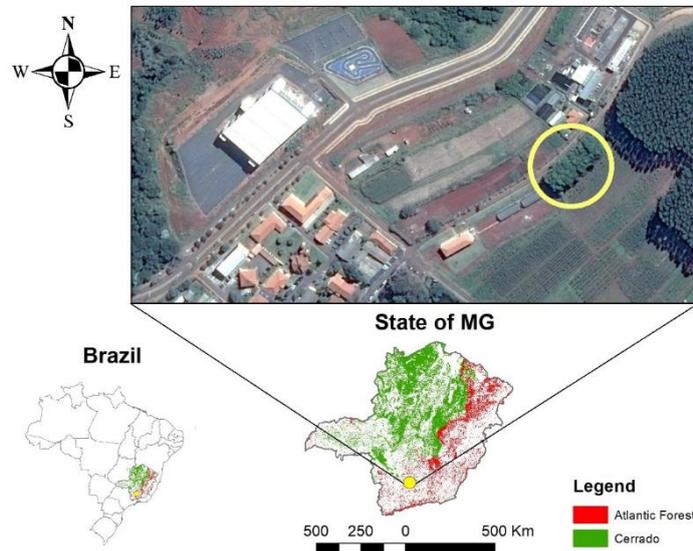
Com base no exposto, estudos sobre os aspectos ecológicos desses indivíduos produtivos são necessários para gerar conhecimento sobre o comportamento de *B. excelsa* fora do bioma Amazônia e obter informações sobre sua reprodução para viabilizar o cultivo e a produção da espécie fora de sua área de origem. Portanto, o objetivo deste estudo foi registrar e identificar os potenciais polinizadores da castanha-do-brasil em uma área no sudeste do Brasil, que corresponde a uma região ecotonal entre dois hotspots globais de biodiversidade, Cerrado (savana brasileira) e Mata Atlântica (MYERS et al., 2000).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram obtidos em um plantio experimental de *B. excelsa* localizado no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, região ecotonal entre os domínios Cerrado e Mata Atlântica (MYERS et al., 2000), no estado de Minas Gerais, sudeste

do Brasil (21°13'29,92”S 44°58'23,14”W, altitude de 922 m) (Figura 1).

Figura 1 - Área de estudo (em amarelo). Campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Município de Lavras, estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil.



Fonte: Da autora (2022).

O município de Lavras está localizado na Bacia do Rio Grande, na latitude 21°14'30” S e longitude 44°00'10” W, a 919 metros de altitude e com área total de 564.495 km². Lavras faz fronteira com os municípios de Carmo da Cachoeira, Ijaci, Ingaí, Itumirim, Nepomuceno, Perdões e Ribeirão Vermelho (IBGE, 2000). O campus universitário da UFLA corresponde a uma área de 505,2 hectares, dos quais 115,32 ha são arborizados, sendo 44,78 ha (38,83%) ocupados por mata nativa, 18,78 ha (16,29%) por vegetação secundária em estágio avançado de regeneração, 40 ha (8,15 %) por plantios de eucalipto (*Eucalyptus* spp., Myrtaceae) e pinus (*Pinus* spp., Pinaceae) e 3,57 ha (3,10%) por vegetação típica do Cerrado. O restante é ocupado por outros tipos de formações vegetais, como o plantio de *B. excelsa* (PEREIRA et al., 2010).

O plantio de *B. excelsa* foi implantado em 1996, com 96 plantas espaçadas 18 m² entre si. As mudas foram produzidas a partir de sementes cultivadas em sacos plásticos com sementes originadas dos municípios de Alta Floresta e Paranaíta, região norte do estado de Mato Grosso, área de ocorrência natural de *B. excelsa*. Esta plantação foi manejada durante os últimos 26 anos com controle constante de plantas daninhas e formigas. Além disso, foi fornecida adubação para o plantio e a cobertura foi realizada durante os três primeiros anos após o plantio. Nenhum desbaste ou poda foi realizado, e as castanheiras atualmente formam uma copa acima da copa de *H. brasiliensis*.

Entre as 78 árvores de *B. excelsa* remanescentes da área, seis árvores com flores foram

identificadas na época de floração de 2019, 11 foram identificadas na época de floração de 2020 e 12 na época de floração de 2021; além da floração, estas árvores também produziam frutos. A primeira frutificação ocorreu quando as árvores tinham 20 anos e, desde então, o número de indivíduos frutíferos aumentou, assim como o número de frutos a cada ano. As árvores floridas e frutíferas possuem maior área e dominam o dossel.

A observação e coleta dos visitantes florais apresentados neste trabalho foram realizadas no início de 2020, durante a época de floração na região (janeiro a abril), conforme o monitoramento fenológico de *B. excelsa* que vem sendo realizado no local mensalmente desde outubro de 2018. Segundo a classificação climática de Köppen, a região é do tipo Cwa, ocorrem duas estações bem definidas ao longo do ano, uma seca (de abril a setembro) e outra chuvosa (de outubro a março), com precipitação média anual de cerca de 1529,7 mm, temperatura média anual de 19,4 °C (ALVARES et al., 2013) e umidade relativa média de 76% (PINTO et al. 2004).

Uma plataforma de aproximadamente 18 m de altura foi erguida no mesmo nível do dossel para facilitar a observação e captura dos potenciais polinizadores e o registro de outros visitantes florais, incluindo outros menos frequentes que também podem polinizar esta espécie. Além disso, foi realizado monitoramento fotográfico para obtenção de imagens dos insetos com câmera digital Canon Power Shot SX 50 HS, e observações foram realizadas com binóculos Nikon Action 08 X 40. Os insetos que visitavam as flores foram coletados com rede entomológica, armazenados em álcool 70% (v/v) e posteriormente montados em alfinetes entomológicos e identificados por especialistas do Departamento de Entomologia da UFPA e Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos (BIOSIS) do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), utilizando chaves taxonômicas e as imagens obtidas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seis espécies de insetos da ordem Hymenoptera foram observadas visitando flores de *B. excelsa* (Tabela 1). Os insetos reconhecidos como potenciais polinizadores (três) foram todos abelhas da família Apidae (Figura 2). As outras três espécies de insetos que visitaram as flores de *B. excelsa* foram *Euglossa (Euglossa) cordata* (Linnaeus, 1758), *Trigona* sp. (abelhas da família Apidae) e *Crematogaster* sp. (Formicidae) (Figura 3), entretanto, devido ao tamanho do corpo, comportamento de forrageamento e morfologia floral, foram considerados apenas visitantes florais, mas não polinizadores desta cultura (espécies de pequeno porte) (Tabela 1).

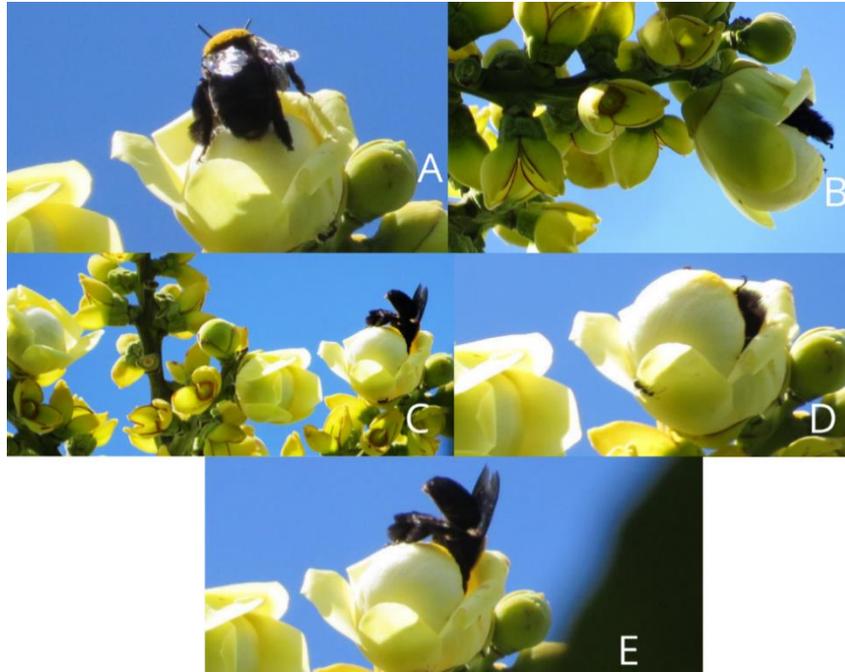
A classificação das espécies observadas neste estudo (ou seja, visitantes florais e polinizadores) pode variar se considerarmos que a planta estudada está distante de sua área natural de ocorrência.

Tabela 1 - Lista das espécies de Hymenoptera (Insecta) observadas visitando as flores de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.; Lecythidaceae) no plantio localizado em uma região ecotonal entre Cerrado e Mata Atlântica no município de Lavras, Minas Gerais, sudeste do Brasil

Família	Tribo	Espécies	Potencial Polinizador	Visitante floral	Tipo de registro	Figura
Apidae	Centridini	<i>Centris (Xanthemis) lutea</i> Friese, 1899	X		V, P	2(A,B,C,D,E)
Apidae	Euglossini	<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	X		V, T	3A
Apidae	Euglossini	<i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> (Fabricius, 1804)	X		V*, T	3B
Apidae	Euglossini	<i>Euglossa (Euglossa) cordata</i> (Linnaeus, 1758)		X	V, T	3C
Apidae	Meliponini	<i>Trigona</i> sp.		X	V, P	3E
Formicidae	Crematogastrini	<i>Crematogaster</i> sp.		X	V, P	3D

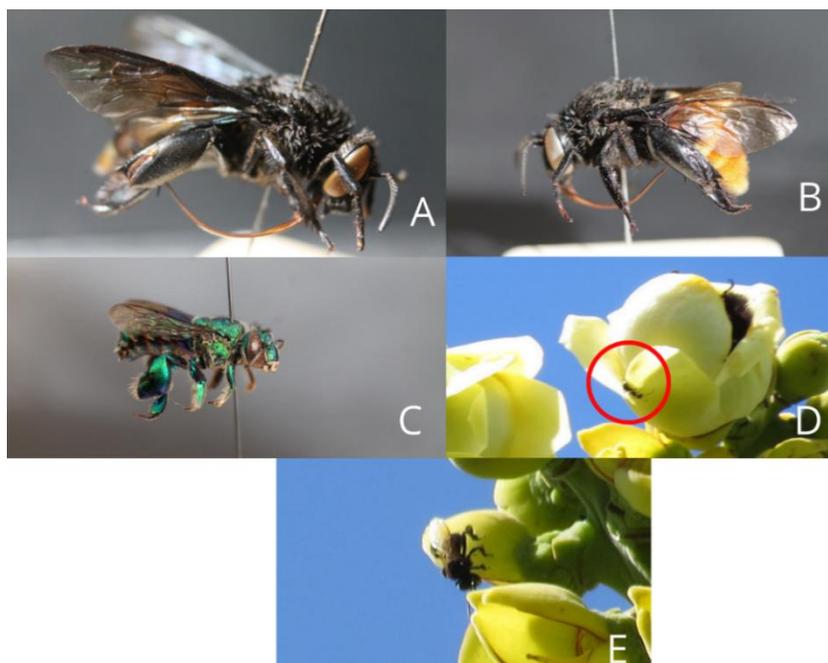
Legenda: V = visualização, V* = visto sobrevoando/pousando em flores, P = fotografado e T = capturado.

Figura 2 - A: *Centris lutea* pousando em flor de *B. excelsa*. B: *Centris lutea* abrindo o capuz da flor de *B. excelsa* para alcançar o nectário. C: *Centris lutea* entrando na flor de *B. excelsa*. D: *Centris lutea* dentro da flor de *B. excelsa*. E: *Centris lutea* saindo da flor de *B. excelsa* após a polinização. Todas as fotos foram feitas no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), sudeste do Brasil.



Fonte: Moura (2019).

Figura 3. A, B: *Eulaema nigrita* coletada em armadilha no dossel do plantio de *Bertholletia excelsa*. C: *Euglossa* sp. coletada por armadilhas no dossel do plantio de *B. excelsa*. D: *Crematogaster* sp. na flor de *B. excelsa*. E: *Trigona spinipes* visitando flores de *B. excelsa*. Todas as fotos foram feitas no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), sudeste do Brasil.



Fonte: Moura (2019).

Dentre os potenciais polinizadores, *Centris (Xanthemisia) lutea* Friese, 1899 (Figura 2), pertence ao grupo das abelhas coletoras de óleo. O gênero *Centris* possui grande diversidade de espécies no Brasil e ampla distribuição geográfica (MOURE et al., 2007). As espécies do gênero nidificam em madeira, solo, cupins, entre outros substratos (GAGLIANONE, 2005). Geralmente são coletores de óleo floral, porém atuam como polinizadores de diversas espécies florestais, como *Senna multijuga* (Rich.) (Fabaceae), *Senna macranthera* (Collad.) (Fabaceae) e *Moringa oleifera* LAM. (Moringaceae) (KIILL et al., 2012; PINHEIRO; SAZIMA, 2007). As abelhas do gênero também são importantes na produção agrícola de espécies como *Passiflora alata* Curtis (Passifloraceae) (maracujá doce), *Passiflora edulis* Sims. (Passifloraceae) (maracujá amarelo), *Malpighia emarginata* DC. (Malpighiaceae) (acerola), *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae) (caju) (FREITAS; PAXTON, 1998; HOFFMANN et al., 2000; VILHENA et al., 2007).

O gênero *Eulaema* é composto por abelhas de grande porte, variando de 20 a 30 mm (OLIVEIRA, 2006), com distribuição geográfica entre a Costa Rica e o estado do Rio Grande do Sul – Brasil (ROUBIK, 1998), com presença considerável no bioma Cerrado (NEMÉSIO; FARIA JÚNIOR, 2004), atuando como importantes polinizadores de espécies florestais nativas como *Senna multijuga*, *Senna macranthera*, *Swartzia oblata* Cowan (Fabaceae) e *Swartzia simplex* (Sw.) Spreng. LC (Fabaceae) (PINHEIRO; SAZIMA, 2007) e espécies exóticas como *Jacaranda mimosifolia* D. Don (Bignoniaceae) (ALVES et al., 2010), e espécies agrícolas, com destaque para *Passiflora edulis* (maracujá amarelo) (HOFFMANN et al., 2000).

Apesar da espécie *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis* (Olivier, 1789) (abelha carpinteira, da família Apidae) ser uma das espécies mais abundantes e frequentes em estudos de polinização na região sudeste brasileira, e ter sido registrada como polinizadora da castanheira-do-Brasil nas regiões norte e nordeste do Brasil (CAVALCANTE et al, 2018; MAUÉS, 2002; OLIVEIRA-FILHO; FREITAS, 2003) não houve registros visuais ou coletados dessas espécies no presente estudo.

A nidificação artificial é construída para atrair *Centris* spp. (aquelas que nidificam em cavidades de madeira pré-existent) em áreas em que crescem as aceroleiras, apoiando assim a capacidade desta espécie de realizar o serviço de polinização (SAZAN et al., 2014). Além disso, é importante preservar os fragmentos de vegetação para a nidificação natural e plantar outras espécies polinizadas por esses insetos para incentivar sua presença constante na área (MAUÉS, 2002).

Com base neste pressuposto, pode ser extremamente valioso consorciar as culturas de maracujá, acerola, caju e castanha-do-pará para explorar os serviços de polinização, não apenas

nas áreas naturais de ocorrência dessas plantas, mas também em todas as regiões onde elas coexistem. A manutenção de áreas naturais ao redor da cultura para fornecer locais de nidificação é uma estratégia importante para manter a diversidade e abundância de polinizadores na área, especialmente para manter espécies de abelhas de grande porte que nidificam no solo, que são importantes para a polinização dessas culturas como muitas espécies das abelhas do gênero *Centris*.

Além de *Centris lutea*, *Eulaema cingulata* e *Eulaema nigrita*, três outras espécies de insetos [*Euglossa (Euglossa) cordata* (Linnaeus, 1758), *Trigona* sp. (abelhas da família Apidae) e *Crematogaster* sp. (Formicidae)] visitaram as flores de *B. excelsa*, mas não se mostraram polinizadores efetivos desta planta devido ao seu pequeno tamanho corporal, impossibilitando-os de levantar o capuz das flores e chegar ao nectário. O fato dessas espécies de insetos não serem fortes o suficiente para levantar o capuz das flores de *B. excelsa* dificulta a polinização, mas não impede que elas tenham sucesso na coleta de alimentos (Figura 3).

A observação da floração e frutificação das árvores de *B. excelsa* é muito importante do ponto de vista ecológico, econômico e social. Ecologicamente, pois permite zonestar áreas com possibilidades de cultivo de castanhas devido à presença de potenciais polinizadores, além das características edafoclimáticas. Possivelmente a viabilidade estará associada aos tratamentos de manejo do cultivo e à presença de abelhas de grande porte.

Economicamente, a principal justificativa para o estabelecimento de plantios de castanha-do-brasil é a comercialização de sua castanha, produto de alto valor agregado. O longo tempo de floração e frutificação, 20 anos no presente estudo, e a incerteza quanto à produção da castanha, limitaram o uso desta espécie em projetos agrícolas fora da área de ocorrência natural. Assim, uma vez observada a produção de frutos e identificados os agentes polinizadores, *B. excelsa* pode ser incluída em listas de espécies potenciais a serem plantadas em áreas agroflorestrais para fins de produção.

Socialmente, o cultivo da castanha-do-brasil poderá gerar renda para o agricultor e empresário. A promoção de projetos de longo prazo aprofunda a relação homem-terra, a distribuição do trabalho ao longo do ano e aumenta a segurança alimentar das famílias envolvidas. O cultivo em larga escala também pode melhorar a logística do produto, o que pode otimizar sua produção e reduzir seu custo de mercado.

Com base nos resultados deste trabalho e futuras investigações sobre a fenologia e comportamento de polinizadores, será possível planejar a adequação da castanha-do-brasil e desenvolver estratégias para atrair polinizadores para áreas de cultivo.

4. CONCLUSÃO

As abelhas *Centris lutea*, *Eulaema nigrita* e *Eulaema cingulata* foram registradas pela primeira vez como polinizadoras da castanha-do-brasil em uma região ecotonal entre os hotspots globais dos domínios Cerrado e Mata Atlântica, no município de Lavras, Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, G.R.; PERUCHI, A.; AGOSTINI, K. Polinização em área urbana: o estudo de caso de *Jacaranda mimosifolia* D. Don (Bignoniaceae). **Bioikos**, v. 24, n. 1, 2010.
- BRASIL. **Decreto nº 5.975, de 30 de novembro de 2006**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 01 dez. 2006. Seção 1, p. 2.
- CAVALCANTE, M.C. et al. Pollination requirements and the foraging behavior of potential pollinators of cultivated Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) trees in central Amazon rainforest. **Psyche**, v. 2012, 2012.
- CAVALCANTE, M.C. et al. Nectar production dynamics and daily pattern of pollinator visits in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) plantations in Central Amazon: implications for fruit production. **Apidologie**, v. 49, n. 4, p. 505-516, 2018.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 2019. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/comercio-exterior-por-porto>
- FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2019. *Bertholletia excelsa* Bonpl. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23424>
- FREITAS, B.M.; OLIVEIRA FILHO, J.H. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1135-1139, 2003.
- FREITAS, B.M.; PAXTON, R.J. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, n. 1, p. 109-121, 1998.
- GAGLIANONE, M.C. Nesting biology, seasonality, and flower hosts of *Epicharis nigrita* (Friese, 1900) (Hymenoptera: Apidae: Centridini), with a comparative analysis for the genus. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 40, n. 3, p. 191-200, 2005.
- HOMMA, A. K. O.; DE MENEZES, A. J. E. A.; MAUÉS, M. M. Brazil nut tree: the challenges of extractivism for agricultural plantations. **Bol Museu Paraense Emílio Goeldi Ciê Nat**, v. 9, p. 293-306, 2014.
- HOFFMANN, M. et al. Pollination of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae) by bees (Hymenoptera, Anthophoridae) in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. **Iheringia. Série Zoologia**, n. 89, p. 149-152, 2000.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades, IBGE. 2000.
- IUCN 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>

KIILL, L.H.P.; MARTINS, C.T de V.D; LIMA, P.C.F. *Moringa oleifera*: registro dos visitantes florais e potencial apícola para a região de Petrolina, PE. **Embrapa Semiárido-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2012.

MARCHI, P.; ALVES-DOS-SANTOS, I. As abelhas do gênero *Xylocopa* Latreille (Xylocopini, Apidae) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 13, p. 249-269, 2013.

MAUÉS, M.M. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. **Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature**, v. 245, 2002.

MAUÉS, M.M.; DE OLIVEIRA, P.E.A.M. Consequências da fragmentação do habitat na ecologia reprodutiva de espécies arbóreas em florestas tropicais, com ênfase na Amazônia. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 238-250, 2010.

MAUÉS, M. M. et al. A castanheira-do-brasil: avanços no conhecimento das práticas amigáveis à polinização. **Embrapa Amazônia Oriental-Livro científico (ALICE)**, 2015.

MITTERMEIER, R.A. et al. A brief history of biodiversity conservation in Brazil. **Conservation Biology**, p. 601-607, 2005.

MOURE, J. S.; MELO, G. A. R.; VIVALLO, F. Centridini Cockerell & Cockerell, 1901. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region. Sociedade Brasileira de Entomologia, Curitiba**, p. 83-142, 2007.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NEMÉSIO, A.; FARIA JR, L.R.R. First assessment of the orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) at Parque Estadual do Rio Preto, a cerrado area in southeastern Brazil. **Lundiana: International Journal of Biodiversity**, v. 5, n. 2, p. 113-117, 2004.

OLIVEIRA, M. L. D. Três novas espécies de abelhas da Amazônia pertencentes ao gênero *Eulaema* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). **Acta Amazonica**, v. 36, p. 121-127, 2006.

OLIVEIRA FILHO, J.H. de; FREITAS, B.M. Colonização e biologia reprodutiva de mamangavas (*Xylocopa frontalis*) em um modelo de ninho racional. **Ciência Rural**, v. 33, p. 693-697, 2003.

PEREIRA, I.M. et al. Evaluation and proposal of connectivity of remnant fragments in the campus of Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. **Cerne**, v. 16, n. 3, p. 305-321, 2010.

PEREIRA, Márcio; GARÓFALO, Carlos Alberto. Biologia da nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 193-209, 2010.

PINHEIRO, M.; SAZIMA, M. Visitantes florais e polinizadores de seis espécies arbóreas de

Leguminosae melitófilas na Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 447-449, 2007.

PINTO, L.V.A. et al. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 775-793, 2005.

ROUBIK, David W. Grave-robbing by male *Eulaema* (Hymenoptera, Apidae): implications for euglossine biology. **Journal of the Kansas Entomological Society**, p. 188-191, 1998.

SARTORI, A.G.O.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SKIBSTED, L.H. Brazil nut: nutritional benefits from a unique combination of antioxidants. **J. Food Bioact.**, v. 9, p. 36-39. 2020

SAZAN, M.S. et al. Manejo dos polinizadores da aceroleira. **Holos**, Ribeirão Preto, 54p, 2014.

SCOLES, R. et al. Sobrevivência e Frutificação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. Em Áreas Desmatadas em Oriximiná, Para. **Floram**, v. 23 n. 4, p. 555-564. 2016.

SILVA, O. et al. Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em área de restinga do nordeste do Maranhão. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 2, p. 186-196, 2009.

TONINI, H. et al. Fenologia, estrutura e produção de sementes em castanhais nativos de Roraima e características socioeconômicas dos extrativistas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 399-414, 2014.

VILHENA, A. M. G. F. et al. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 1, p. 14-23, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou os mecanismos reprodutivos, fenologia e polinização, de *B. excelsa* introduzida em ambiente extra amazônico, no município de Lavras, Minas Gerais.

A partir disto, foi verificado que há a ocorrência das fenofases de forma anual, mas que diferem da área de ocorrência natural da espécie quanto às épocas de precipitação.

Foram identificadas três espécies de insetos como potenciais polinizadoras, *Centris lutea*, *Eulaema nigrita*, *Eulaema cingulata*. As duas últimas já registradas como polinizadoras da castanheira-do-brasil na Amazônia; e é o primeiro registro de *C. lutea* como polinizador de *B. excelsa*. Este conhecimento é essencial tanto na conservação da espécie quanto para estudos da viabilidade comercial da espécie fora do bioma Amazônico.

Há necessidade de estudos a longo prazo que proporcionem o melhor entendimento dos fatores climáticos que se relacionam com as fenofases, se há mais agentes polinizadores da espécie fora da área de origem da espécie e que confirmem a possibilidade da produção em maior escala em outros biomas além do Amazônico, por meios de áreas experimentais em mais regiões do país.