



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**EM BIODIVERSIDADE VEGETAL**



**RAYSA KRISTINE OLIVEIRA CAVALCANTE**

**Sistema sexual e polinização por mariposas em *Simarouba versicolor***  
**(Simaroubaceae)**

Goiânia, 2018

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR  
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES  
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico:       **Dissertação**       **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

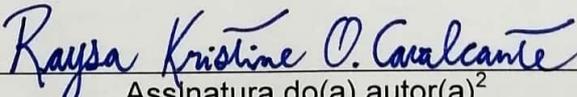
Nome completo do autor: **Raysa Kristine Oliveira Cavalcante**

Título do trabalho: **Sistema sexual e polinização por mariposas em *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae).**

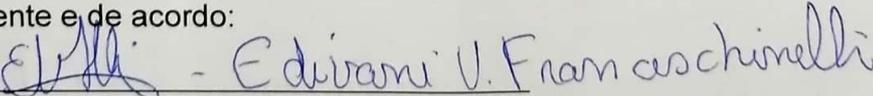
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento  **SIM**       **NÃO**<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

  
Assinatura do(a) autor(a)<sup>2</sup>

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)<sup>2</sup>

Data: 01/10/2019

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

<sup>2</sup> A assinatura deve ser escaneada.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS  
DE TESES E  
DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**1. Identificação do material bibliográfico:**     **Dissertação**     **Tese**

**2. Identificação da Tese ou Dissertação:**

Nome completo do autor: Raysa Kristine Oliveira Cavalcante.

Título do trabalho: Sistema sexual e polinização por mariposas em *Simarouba versicolor* (Simaroubaçeeae).

**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Assinatura do(a) autor(a)<sup>2</sup>

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) Assessor(a)<sup>2</sup>  
**Edvani Vilaron-Franco**  
**Instituto de Ciências Biológicas**  
**Universidade Federal de Goiás**

Data: 07 / 11 / 2018

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

- Casos de embargo:
- Solicitação de registro de patente
  - Submissão de artigo em revista científica
  - Publicação como capítulo de livro
  - Publicação da dissertação/tese em livro

<sup>2</sup>A assinatura deve ser escaneada.

**RAYSA KRISTINE OLIVEIRA CAVALCANTE**

**Sistema sexual e polinização por mariposas em *Simarouba versicolor*  
(Simaroubaceae)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Goiás, como requisito para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Vegetal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edivani Villaron Franceschinelli.  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Helena Rezende.

Goiânia, 2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Cavalcante , Raysa

Sistema sexual e polinização por mariposas em *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae) [manuscrito] / Raysa Cavalcante . - 2018.  
39 f.

Orientador: Profa. Dra. Edivani Villaron Franceschinelli; co orientadora Dra. Maria Helena Rezende.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal, Goiânia, 2018.

Bibliografia.

Inclui fotografias, gráfico, tabelas.

1. Dioecia. 2. Cerrado. 3. Polinização por lepidopteros. 4. Agamospermia. I. Franceschinelli, Edivani Villaron , orient. II. Título.

CDU 581



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE VEGETAL

## ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Nº 51

1  
2 **ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO EM**  
3 **NÍVEL DE MESTRADO.** – Aos 31 dias do mês de Agosto do ano de dois mil e dezoito  
4 (31/08/2018), às 09h00min, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Edivani  
5 Villaron Franceschinelli – orientador, Prof. Dra. Vera Lúcia Gomes-Klein e Prof. Dr. Carlos de  
6 Melo e Silva-Neto para, sob a presidência do primeiro, e em sessão pública realizada no auditório  
7 do ICB 1, procederem à avaliação da defesa de Dissertação intitulada “Sistema sexual e polinização por  
8 mariposas em *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae)” em nível de mestrado, área de concentração em  
9 Botânica, de autoria de **Raysa Kristine Oliveira Cavalcante**, discente do Programa de Pós-  
10 Graduação em Biodiversidade Vegetal da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pelo  
11 presidente da Banca Examinadora Prof. Dr. Edivani Villaron Franceschinelli que fez a apresentação  
12 formal dos membros da banca. A palavra a seguir foi concedida a autora da dissertação que, em  
13 40 minutos procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada  
14 membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada  
15 a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista o que consta na Resolução  
16 nº 1453/2017 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o  
17 Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e procedidas às correções recomendadas,  
18 a Dissertação foi aprovada por unanimidade, considerando-se integralmente  
19 cumprido este requisito para fins de obtenção do título de MESTRE EM BIODIVERSIDADE  
20 VEGETAL, na área de concentração em Botânica pela Universidade Federal de Goiás. A conclusão  
21 do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGBV da versão definitiva da dissertação,  
22 com as devidas correções, em trinta dias a contar da data da defesa. A banca examinadora recomenda  
23 a publicação de artigo(s) científicos oriundos dessa dissertação em periódicos de circulação nacional  
24 e, ou, internacional, depois de procedidas as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades de  
25 pauta, às 12:00 horas a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de  
26 Dissertação de Mestrado e para constar eu, Prof. Dra. Simone Maria Teixeira de Sabóia-Morais,  
27 secretária ad hoc do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal, lavrei a presente Ata,  
28 que após lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual  
29 teor.

30  
31  
32 Prof. Dr. Edivani Villaron Franceschinelli  
33 Presidente da Banca  
34 Universidade Federal de Goiás



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE VEGETAL

37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51

Prof. Dra.  
LOCAL DE ORIGEM - CIDADE - ESTADO

CARLOS DE MELO E SILVA NETO  
Prof. Dr.  
LOCAL DE ORIGEM - CIDADE - ESTADO

IFG - GOIÁS

Vera Lúcia Gomes Klein  
Prof. Dra.  
Universidade Federal de Goiás

## DEDICATÓRIA

À minha mãe, Heloisa Helena de Oliveira (*in memoriam*) e a minha irmã, Kamilla Karolyne, a quem eu devo todo o meu amor.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força concedida para concluir esse desafio.

À minha mãe (*in memoriam*) por idealizar essa conquista muito antes de mim, e fazer-me crer que era possível alcançá-la.

À minha irmã, Kamilla, pelo companheirismo de uma vida inteira, por todo amor e cuidado, por cada ligação com palavras de incentivo, e por manter-me firme nos momentos turbulentos.

À FAPEG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás, pela concessão da bolsa de mestrado.

À Universidade Federal de Goiás, pela infraestrutura para realização da pesquisa e a toda equipe do Programa de Biodiversidade Vegetal.

À professora Dra. Edivani Villaron Franceschinelli, pela incansável paciência e determinação na concretização desse estudo. Muito obrigada!

À professora Dra. Maria Helena Rezende, pela disponibilidade em ajudar e ouvir sempre, mesmos nos momentos mais difíceis.

Ao professor Dr. Daniel Silva Paiva, pela prontidão em auxiliar nas análises estatísticas, em incontáveis trocas de e-mails.

Aos proprietários e funcionários da Fazenda Vagafogo, pela hospitalidade e gentileza.

À Indiara Ferreira, pela oportunidade de aprendizado em campo e partilha de conhecimentos.

À Vanessa Gonzaga e Geisa Yukari, companheiras de mestrado, pela ajuda valiosa antes da entrega da dissertação.

A toda equipe do SESI Canaã, em especial à minha coordenadora, Laís de Paiva, pela compreensão ilimitada das minhas ausências no trabalho, e por todo apoio concedido. Aos meus queridos amigos de profissão, Ana Flávia, Thyago e Valdemar, pela constante disponibilidade de auxílio nas diversas substituições de aulas que não pude lecionar. Obrigada!

A todos os meus amigos, que partilharam cada angústia comigo, pela paciência e pelas palavras de sabedoria. Em especial, à Jordana Gomes, por todo amor recebido. Obrigada.

## SUMÁRIO

<b>Sistema sexual e polinização por mariposas em <i>Simarouba versicolor</i> (Simaroubaceae)</b>	i
.....	.....
SUMÁRIO.....	viii
RESUMO .....	8
Sexual system and moth pollination in <i>Simarouba versicolor</i> (Simaroubaceae).....	9
ABSTRACT .....	9
REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	12
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	17
<i>Área de estudo</i> .....	17
<i>Fenologia reprodutiva</i> .....	17
<i>Biologia floral</i> .....	18
<i>Visitantes florais</i> .....	18
<i>Sistema reprodutivo</i> .....	19
<i>Sistema sexual – razão e dimorfismo sexual</i> .....	19
<i>Análises estatísticas</i> .....	20
RESULTADOS .....	20
<i>Caracterização da espécie</i> .....	20
<i>Fenologia reprodutiva</i> .....	21
<i>Biologia floral</i> .....	21
<i>Visitantes florais</i> .....	22
<i>Sistema reprodutivo</i> .....	22
<i>Sistema sexual</i> .....	23
DISCUSSÃO .....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28
TABELAS E FIGURAS.....	36

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Produção de frutos em % (número de frutos/número de flores) nos tratamentos de polinização cruzada, apomixia e controle em *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. (Floresta Semidecídua – Pirenópolis-GO). ..... 36
- Tabela 2** – Número médio de flores femininas vs flores masculinas de *Simarouba versicolor*, sendo X=média, DP=desvio padrão e N=número de ramos \*valor significativo. .... 36
- Tabela 3** – Morfometria floral das pétalas de *Simarouba versicolor* na população, sendo X=média, DP=desvio padrão e N=número de pétalas. \*valor significativo. .... 36
- Tabela 4** – Eixos florais de *Simarouba versicolor* mensurados entre morfos (X=média, DP=desvio padrão e N=número de flores. \*valor significativo). .... 37

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Aspectos da biologia reprodutiva de *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. no Santuário de Vida Silvestre Vagafofo, Pirenópolis/GO, 2017. (A). Árvore com ca de 5m. (B). Flores dispostas em panícula. (C). Flor feminina. (D). Flor masculina. (E). Frutos verdes.....37
- Figura 2** - Fenologia reprodutiva de *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. nos períodos de julho a outubro de 2016 em Floresta Semidecídua do Santuário Ecológico de Vida Silvestre Vagafofo, Pirenópolis/ GO. ....38
- Figura 3** - Flor feminina de *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. Seta evidenciando a presença de néctar através de um leve brilho que o mesmo apresentava nos ginóforos da flor. ....38
- Figura 4** - Visitantes florais de *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. em Floresta Semidecídua do Santuário Ecológico de Vida Silvestre Vagafofo, Pirenópolis/ GO. (A). *Trigona spineps*. (B). Lepidóptero da família Noctuidae (seta). ....39
- Figura 5** - Inflorescências de *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. (A). Inflorescência masculina pendula e flexível. (B). Inflorescência feminina. ....39

## Sistema sexual e polinização por mariposas em *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae)

### RESUMO

#### **Sistema sexual e polinização por mariposas em *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae).**

O gênero *Simarouba* Aubl. é composto por seis espécies com distribuição restrita à região Neotropical e com duas espécies (*S. amara* Aubl. e *S. versicolor* A. St.-Hil) ocorrendo no Brasil. Alguns estudos com ênfase na fenologia e biologia reprodutiva de *S. amara* já foram realizados. *Simarouba amara* é uma espécie dioica, polinizada principalmente por mariposas noturnas, apresentando reprodução sexuada e assexuada. *Simarouba versicolor* é uma espécie que ocorre frequentemente em simpatria com *S. amara* em ambientes do Cerrado; porém nada se sabe sobre sua biologia reprodutiva. Desta forma, foram estudados aspectos da sua fenologia, sistema sexual, sucesso reprodutivo, biologia floral e interação com os polinizadores. O estudo foi desenvolvido em uma área de mata transição para cerrado no município de Pirenópolis, Goiás. Os resultados mostram que *S. versicolor* apresenta floração anual, com pico floral no mês de agosto. A espécie é dióica e os indivíduos masculinos antecederam sua floração, produzindo dez vezes mais flores que os femininos, demonstrando maior *display* floral. As flores são pequenas, pálidas, sem guias de néctar, possuem antese noturna, sendo visitadas por pequenas mariposas durante a noite e pequenas abelhas durante o dia. Estas características também foram verificadas em sua congênica *S. amara* e são comumente encontradas em espécies dióicas. O período de floração de ambas as espécies sobrepõe e a partilha de polinizadores pode ocorrer entre elas. *Simarouba versicolor* apresentou reprodução sexuada e assexuada (apomixia), havendo formação de frutos dos experimentos de polinização cruzada manual de 21%, controle 7% e apomíticos 0,73%; taxas menores do que as de sua congênica. Experimentos futuros que verifique a ocorrência de partilha de polinizadores e a hibridização entre estas duas espécies devem ser feitos.

**Palavras-chave:** Agamospermia, Cerrado, diocia, polinização por lepidópteros.

## Sexual system and moth pollination in *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae)

### ABSTRACT

The genus *Simarouba* Aubl. is composed of six species with distribution restricted to the Neotropical region and with two species (*S. amara* Aubl. and *S. versicolor* A. St.-Hil) occurring in Brazil. *Simarouba amara* is a dioecious species, pollinated mainly by nocturnal moths, presenting sexual and asexual reproduction. *Simarouba versicolor* is a species that occurs frequently in sympatry with *S. amara* in Cerrado environments; but nothing is known about its reproductive biology. In this way, aspects of its phenology, sexual system, reproductive success, floral biology and interaction with pollinators were studied. The study was carried out in an area of transition forest to cerrado in the municipality of Pirenópolis, Goiás. The results show that *S. versicolor* presents annual flowering, with floral peak in August. The species is dioecious and the male individuals flower first, produce ten times more flowers than the females, showing a larger floral display. The flowers are small, pale, without nectar guides, have nocturnal anthesis, being visited by small moths at night and small bees during the day. These characteristics were also verified in *S. amara* and are commonly found in dioecious species. The flowering period of both species overlaps and the pollinators sharing can occur. *Simarouba versicolor* presented sexual and asexual reproduction (agamospermy), with fruit formation resulted of manual cross pollination of 21%, 7% of control and 0.73% apomythic; showing lower rates than its congeneric. Future experiments that verify the occurrence of pollinator sharing and hybridization between these two species are suggested.

**Key words:** Agamospermy, cerrado, dioecious, lepidoptera pollination.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O sistema sexual conhecido por dioicia é caracterizado pela presença de indivíduos masculinos e femininos em uma população de plantas (Lenza & Oliveira 2005). Existem 15.600 angiospermas dioicas em 987 gêneros e 175 famílias, ou seja, 5-6% do total de espécies (Renner 2014). A dioicia provavelmente evoluiu de maneira independente (Charlesworth 2002) várias vezes dentro das Angiospermas (Amorim & Oliveira 2006). Alguns fatores parecem conduzir a evolução da dioicia, como a interação planta-polinizador, maximização da exogamia e processos evolutivos disruptivos, que levam à especialização sexual e à alocação diferencial de recursos entre as funções masculina e feminina (Bawa 1980; Freeman *et al.* 1997). Assim, a dioicia pode ter evoluído por meio de duas rotas: a primeira rota por surgimento por mutação da esterilidade masculina ou feminina, resultando em androdioicia ou ginodioicia, respectivamente, ou por seleção disruptiva de uma variação existente (como distília, monoicia) (Charlesworth 1984, Oliveira & Maruyama 2014).

Na dioicia toda polinização resulta em fluxo gênico entre indivíduos, porém o estabelecimento desse sistema gera uma dependência total dos polinizadores (Oliveira & Maruyama 2014). Além disso, a sincronia de florescimento entre plantas femininas e masculinas é fator imprescindível para o sucesso da polinização de espécies dioicas (Cesário & Gaglianone 2008). Sendo assim, a semelhança entre flores masculinas e femininas, aliada à sincronia de floração entre os sexos, parece contribuir para seu sucesso reprodutivo, através da atração de visitantes florais a plantas masculinas e femininas (Cesário & Gaglianone 2008).

Algumas características das plantas podem ser associadas à dioicia, como uma distribuição tropical, hábito arbustivo-arbóreo, alta produção de flores pequenas e inconspícuas com colorações claras ou pálidas, polinização por pequenos insetos (generalistas), dispersão dos frutos carnosos por aves (Renner & Ricklefs 1995). Outras características sexuais secundárias são aspectos também muito comuns entre plantas dioicas tropicais, como a produção diferencial de estruturas de atração dos visitantes (quantidade de flores), de recursos florais e mesmo no enviesamento da razão sexual das populações de espécies dioicas (Amorim *et al.* 2007). Características com mais viés favorecendo as flores masculinas é comum e amplamente distribuído em espécies dióicas e parece estar relacionado

principalmente com a alocação diferencial de recursos entre os morfos sexuais e até mesmo competição intra-sexual entre os indivíduos masculinos (Amorim *et al.* 2007).

Em populações de plantas dioicas, algumas diferenças intrasexuais em estratégias reprodutivas, como período de floração e frequência relativa de indivíduos reprodutivos na população, ou razão sexual, são interpretadas como consequência da seleção sexual agindo na separação dos sexos (Bawa, 1980). Estudos com espécies dioicas mostraram que essas espécies geralmente possuem a razão sexual de 1:1 (Opler & Bawa 1978), estruturas reprodutivas diferentes entre os dois tipos flores (Lenzi & Orth 2004), maior produção de flores masculinas (Fuzeto *et al.* 2001) e polinizadores pequenos e pouco especializados, (Bawa, 1980).

A família Simaroubaceae é composta por 22 gêneros e pouco mais de 100 espécies (Devecchi & Pirani 2016), tendo seu centro principal de diversidade na América Tropical e um centro secundário na África Ocidental Tropical (Pirani 2002). No Brasil ocorrem sete gêneros nativos com cerca de 51 espécies (Pirani & Thomas 2015). As flores de Simaroubaceae podem ser bissexuais ou unissexuais (em plantas monoicas, dioicas, poligâmicas ou hermafroditas (Pirani 2002) e são polinizadas por diversos tipos de insetos (principalmente abelhas) (Judd *et al.* 2009).

*Simarouba* Aubl., um gênero da família Simaroubaceae, é composta por seis espécies com distribuição restrita à região Neotropical (Clayton 2011). Apenas duas espécies (*S. amara* Aubl. e *S. versicolor* A. St.-Hil) têm registros de ocorrência no Brasil (Devecchi & Pirani 2016). Alguns estudos com ênfase na fenologia e biologia reprodutiva de *S. amara* já foram realizados (Pinto *et al.* 2005, Souza & Funch 2016, Ferreira 2017). Para essa espécie, já relataram a dioicia como sistema sexual e a polinização sendo realizada por pequenos insetos ou talvez por mariposas (Bawa *et al.* 1985, Ferreira 2017) e até mesmo a ocorrência de anemofilia (Macedo & Maués 2001). Já para a espécie *S. versicolor*, a mesma teve sua síndrome de polinização descrita como melitofílica (Reis *et al.* 2012), porém não são encontrados estudos da sua biologia floral e de polinização, que são essenciais para o entendimento das estratégias reprodutivas da espécie e manutenção das populações (Souza & Funch 2016).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, F.W. & Oliveira, P.E. 2006. Estrutura sexual e ecologia reprodutiva de *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae), uma espécie dioica de formações florestais de cerrado. *Revista Brasil. Bot.* 29 (3): 353-362.
- Amorim, F.W., Mendes-Rodrigues, C. & Oliveira, P.E. 2007. *Distribuição sexual e ecologia populacional de Neea theifera oerst. (Nyctaginaceae) em uma área rupestre no bioma Cerrado*. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG.
- Bawa, K.S. 1980. Evolution of dioecy in flowering plants. *Annual Review in Ecology and Systematics* 11: 15-39.
- Bawa, K.S., Bulloch, S.H., Perry, D.R., Coville, R.E. & Grayum, M.H., 1985. Reproduction biology of tropical lowland rain forest tree. II. Pollination system. *Am. J. Bot.*, 72: 346-356.
- Cesário, L.F. & Gaglianone, M.C. 2008. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. *Acta bot. bras.* 22 (3): 828-833.
- Charlesworth, D. 1984. Androdioecy and the evolution of dioecy. *Biological Journal of the Linnean Society* 23: 333-348.
- Charlesworth, D. 2002. Plant sex determination and sex chromosomes. *Heredity* 88: 92-101.
- Clayton, J.W. 2011. *Simaroubaceae*. In: The families and genera of vascular plants. Vol. 10. Ed. K. Kubitzki. Springer-Verlag, Heidelberg. Pp. 408-423.
- Devecchi, M.F. & Pirani, J.R. 2016. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Simaroubaceae. *Rodriguesia* 67 (5): 1471-1476.
- Ferreira, I.N.M. 2017. *Simarouba amara* Aubl. (Simaroubaceae): estudo da biologia reprodutiva e suas variações fenotípicas em áreas distintas do Cerrado do Brasil Central. Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Vegetal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. 90p.
- Freeman, D. C.; Doust, J. L.; El-Keblawi, A.; Miglia, K. J. & McArthur, E. D. 1997. Sexual specialization and inbreeding avoidance in the evolution of dioecy. *Bot. Rev.* 63: 65-92.
- Fuzeto, A. P., Barbosa, A.A.A. & Lomonaco, C. 2001. *Cabralea canjerana* subsp. *polytricha* (A. Juss.) Penn. (Meliaceae), uma espécie dióica. *Acta Botanica Brasilica* 15: 167-175.

- Judd, W.S.; Campbell, C.S.; Kellogg, E.A.; Stevens, P.F. & Donoghue, M.J. 2009. *Sistemática vegetal: um enfoque filogenético*. 3ª ed. Artmed, Porto Alegre. 612p.
- Lenza, E. & Oliveira, P.E. 2005. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. *Revista Brasil. Bot.* 28 (1): 179-190.
- Lenzi, M. & Orth, A.I. 2004. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. *Biotemas* 17 (2): 67-89.
- Macedo, A.C.B. & Maués, M.M. 2001. *Insetos polinizadores e biologia reprodutiva de duas espécies florestais amazônicas: Cumaru (Dipteryx odorata (Aubl) Wild. Leguminosae) e Marupá (Simarouba amara Aubl. Simaroubaceae)*. In: Congresso Nacional De Botânica, 52; Reunião Nordestina De Botânica, 24, 2001, João Pessoa. Resumos. João Pessoa: Sociedade Botânica do Brasil: Universidade Federal da Paraíba. Embrapa Amazônia Oriental CPATU.
- Oliveira, P.E. 1996. Dioecy in the cerrado vegetation of central Brazil. *Flora* 191: 235-243.
- Oliveira, P.E. & Maruyama, P.K. 2014. Sistemas reprodutivos. In: Rech, A.R., Agostini, K., Oliveira, P.E. & Machado I.C. (Orgs.). *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. p. 71-92.
- Opler, P.A. & Bawa, K.S. 1978. Sex ratios in tropical forest trees. *Evolution* 32: 812-821.
- Pinto, A.M., Ribeiro, R.J., Alencar, J.C. & Barbosa, A.P. 2005. Fenologia de *Simarouba amara* Aubl. na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM. *Acta Amazonica* 35 (3): 347-352.
- Pirani, J.R. 2002. Simaroubaceae In: Wanderley, M.G.L., Shepherd, G.J., Giulietti, A.M., Melhem, T.S., Bittrich, V., Kameyama, C. (Eds.) *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. Instituto de Botânica, São Paulo, vol. 2, pp: 313-322.
- Pirani, J.R. & Thomas, W.W. 2015. Simaroubaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Reis, S.M., Mohr, A., Gomes, L., Silva, A.C.S., Abreu, M. F. & Lenza, E. 2012. Síndromes de polinização e dispersão de espécies lenhosas em um fragmento de Cerrado sentido restrito na transição Cerrado - Floresta Amazônica. *Heringeriana* 6 (2): 28-41.
- Renner, S.S. 2014. The relative and absolute frequencies of angiosperm sexua systems: dioecy, monoecy, gynodioecy and na updated online database. *American Journal of Botany* 101 (10): 1588-1596.

- Renner, S.S. & Ricklefs, R.E. 1995. Dioecy and its correlates in the flowering plants. *American Journal of Botany* 82: 596-606.
- Souza, I.P. & Funch, L.S. 2016. *Fenologia, biologia floral e dispersão de Simarouba amara Aubl. (Simaroubaceae) em mata ciliar na Chapada Diamantina, Bahia*. Anais Seminário de Iniciação Científica (20).

## INTRODUÇÃO

O estudo da biologia reprodutiva de plantas engloba aspectos relativos à biologia floral, aos mecanismos de polinização e sistemas de reprodução (Richards 1986). A maioria das espécies de plantas possui flores hermafroditas. Contudo, cerca de 5-6% das espécies de angiospermas conhecidas tem flores masculinas e femininas em plantas separadas (Renner 2014). Este tipo de sistema sexual é denominado dioecia (Bawa 1980a, Gurevitch 2009). Em algumas comunidades de plantas, como as de regiões tropicais, esta porcentagem pode ser maior (Bawa 1980a). Cerca de 30% das espécies arbóreas do Cerrado este tipo de sistema sexual (Oliveira 1996).

A dioecia aparenta ter evoluído de forma independente nas plantas e nem sempre ser uma consequência da monoecia (Charlesworth 2002). O surgimento da esterilidade masculina ou feminina por mutação, que resulta em androdioecia ou ginodioecia, ou uma seleção disruptiva de uma variação existente (distilia, heterodicogamia e monoecia), são os principais caminhos na evolução desse sistema reprodutivo (Ashman 2006, Ming *et al.* 2011). A evolução da dioecia aparenta estar relacionada a uma assimetria nos balanços das vantagens de cada função sexual, que pode culminar ou não numa zona estável com os dois sexos separados (Ashman 2006). Segundo Bawa (1980a), em espécies dióicas, as flores são geralmente pequenas e pouco especializadas, possuem cores claras e inconspícuas e são produzidas em maior número nas plantas masculinas. Esse dimorfismo sexual é interpretado como uma das consequências da seleção sexual para aumentar o sucesso reprodutivo masculino (Bawa & Opler 1975, Bawa 1980b).

A família Simaroubaceae é composta por 22 gêneros e pouco mais de 100 espécies entre arbustos e árvores com distribuição principalmente pantropical (Clayton 2007, Devecchi & Pirani 2016). As espécies dessa família apresentam folhas alternas compostas ou inteiras, sem pontuações, com ou sem espinhos. Suas flores, em geral, estão reunidas em inflorescências axilares, sépalas livres ou soldadas, pétalas livres, estames diplostêmones, filetes muitas vezes com apêndices. O ovário é súpero sobre um curto ginóforo ou sobre um disco com 4 ou 5 carpelos, em geral livres na base e soldados pelo estilete com 1 ou 2 óvulos por carpelo. Seu fruto é drupáceo, em geral separando-se em frutículos (Muhammad *et al.* 2004).

No Brasil, as plantas da família Simaroubaceae são representadas pelos gêneros *Quassia* L. (1 sp) e *Picrolemma* Hook.f. (1 sp) na região Amazônica; *Castela* Turpin (1 sp) e *Pricasma* Blume (1 sp) no sul do país. *Simaba* Aubl. (21 sp) e *Simarouba* Aubl. (2 sp) estão presentes em quase todas as regiões brasileiras (BFG 2015). O gênero *Simarouba* Aubl. possui seis espécies, todas dióicas (Franceschinelli & Yamamoto 1993, Franceschinelli 1999). Apenas duas espécies (*S. amara* Aubl. e *S. versicolor* A. St.-Hil), têm registros de ocorrência no país (Devecchi & Pirani 2016). *Simarouba versicolor* possui folhas compostas, com folíolos alternos, tomentosos na face abaxial, raro glabrescentes; glândulas laminares na face adaxial próxima ao ápice. As flores são unissexuadas em plantas dioicas, com estigma com cinco ramos divergentes (Pirani & Thomas 2015). A importância de *S. versicolor* tem sido reportada sob vários aspectos farmacológicos, comerciais e ecológicos. Recomenda-se o uso de sua madeira na construção civil (Nahuz 1974; IPT 1989), na ornamentação (Guarim Neto & Morais 2003a), na área medicinal (Guarim Neto & Morais 2003b, Trevisan & Macedo 2003, Grieve 2007), como inseticida (Fernandes *et al.* 2004, Simote *et al.* 2004, Coelho *et al.* 2006, Pires *et al.* 2007) e como espécie sucessora em recuperação de áreas degradadas do Cerrado (Cortes 2012).

Macedo e Maués (2001), em estudo realizado na Amazônia com a espécie congênica *S. amara*, relatam que a polinização das flores desta espécie se dá pelo vento, embora outros autores tenham sugerido a polinização entomófila para a espécie (Bawa 1994; Hardesty *et al.* 2005). Ferreira (2017) confirmou que *S. amara* é polinizada por mariposas noturnas em um estudo realizado no Município de Pirenópolis GO. Neste estudo, foi confirmada também que em *S. amara* ocorre a produção de frutos por apomixia e a reprodução assexuada através de brotamento de raízes gemíferas. *Simarouba amara* é tipicamente dioica e apresenta maior display floral masculino.

As flores de *S. versicolor* também são unissexuais, pequenas e dispostas em grandes inflorescências paniculadas (Franceschinelli *et al.* 1999). Esta espécie é frequentemente confundida com a congênica *S. amara*, que também pode ocorrer em simpatria em ambientes de cerrado como *S. versicolor*. Contudo, nada se sabe sobre sua fenologia, biologia floral ou sistema de polinização. *S. versicolor* tem ampla distribuição geográfica, ocorrendo no Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, em cerrado (*latu sensu*) e caatinga, com extremo de distribuição nos cerrados do Centro-Oeste e estado de Minas Gerais, no Sudeste (Pirani & Thomas 2015). Em espécies dióicas é possível encontrar uma variação na razão sexual entre plantas masculinas e femininas, o que leva a uma diminuição na produção de

frutos e sementes, podendo ser compensada pela reprodução assexuada através de rebrota. Este tipo de reprodução ocorre em *S. amara*, em especial em áreas do cerrado (Ferreira 2017). *Simarouba versicolor* ocorre em ambientes áridos como os da caatinga e do cerrado, mas não parece apresentar reprodução assexuada.

Assim, este trabalho tem por objetivo ampliar os conhecimentos a respeito da biologia reprodutiva e o sistema de polinização de *S. versicolor* em ambiente de Cerrado na região Centro-Oeste do Brasil, com intuito de responder as seguintes questões: (1) Qual a razão sexual entre os indivíduos masculinos e femininos na população amostrada? (2) Qual é o padrão fenológico apresentado pela espécie? (3) Quais são os polinizadores desta espécie? (4) Qual é a eficiência reprodutiva da espécie na área? (5) Há produção de frutos através da agamospermia conforme ocorre em *S. amara*?

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Área de estudo*

O trabalho foi realizado no Santuário de Vida Silvestre Vagafogo, localizado no município de Pirenópolis, Goiás (15°49'00" S, 48°59'30" W), entre os meses de julho a outubro de 2016 e julho a outubro de 2017. A fazenda Vagafogo está localizada a aproximadamente 15 Km de Pirenópolis, dispondo de uma área de 46 hectares, com 17,76 hectares constituindo uma Unidade de Conservação, classificada como Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN (FUNATURA, 1990). O domínio é classificado como fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2016).

### *Fenologia reprodutiva*

Para análise fenológica de *S. versicolor*, 20 indivíduos – dez femininos e dez masculinos –, foram marcados aleatoriamente durante a fase de floração. Realizaram-se observações semanais durante o período reprodutivo da espécie, para estudo das fenofases: produção de botões florais, flores e frutos. As fenofases foram quantificadas com a atribuição de valores aproximados de sua intensidade, seguindo o método de Fournier (1974).

A classificação fenológica foi estimada em um percentual aproximado de floração e frutificação, de acordo com uma escala determinada de zero a quatro, em que zero expressa a ausência de fenofase reprodutiva, 1 a presença da fenofase – 1% a 25% –, 2 a presença de fenofase – 26% a 50% –, 3 a presença de fenofase – 51% a 75% e 4 a presença de fenofase – 76% a 100% –. Mediante os valores alcançados em campo, foi determinada uma percentagem de intensidade de cada fenofase, calculada por meio da seguinte fórmula:

$$\% \text{ de Fournier} = \frac{\Sigma \text{ Fournier} \times 100}{4 \times N}$$

Em que:  $\Sigma$  Fournier é a somatória das categorias de Fournier dos indivíduos, a qual é dividida pelo valor máximo de Fournier que pode ser alcançado por todos os indivíduos (N) na amostra (Fournier 1974, Martin-Gajardo & Morellato 2013).

### *Biologia floral*

Foi observado o horário da antese floral, da liberação dos grãos de pólen e da presença de odor, em dez indivíduos masculinos e dez femininos. Flores em pré-antese retidas em frascos de vidro, foram utilizadas para apuração de odor (Kearns & Inouye 1993). Averiguou-se a receptividade estigmática inserindo gotas da solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 3% (Kearns & Inouye 1993) no estigma das flores. Foram avaliados botões fechados (n=10), botões em pré-antese (n=10), flores abertas na manhã seguinte da antese floral (n=10) e flores coletadas no período da tarde seguinte a antese, com estigmas levemente escurecidos (n=10). O estigma receptivo é evidenciado pelo borbulhamento da solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

### *Visitantes florais*

Os visitantes florais foram observados em horários distintos do dia e da noite, dois dias por semana, durante todo o período de floração, em um total de 30 horas de análises. Foi verificado o horário de maior confluência de visitantes florais e seu comportamento, procedendo-se a coleta de alguns, com assistência de uma rede entomológica. Os insetos coletados foram armazenados em câmeras mortíferas, detendo algodão embebido com acetado

de etila. Em laboratório, procedeu-se a análise de seus corpos com o auxílio de microscópio estereoscópico, para conferência da presença de grãos de pólen. Compararam-se os grãos de pólen encontrados com os de *S. versicolor*, e posteriormente, os insetos foram colocados em fracos etiquetados com informações sobre o sexo da planta, o local, data e horário de coleta. Em seguida os insetos foram depositados na Coleção Entomológica do Laboratório de Biologia Reprodutiva Vegetal da Universidade Federal de Goiás.

### *Sistema reprodutivo*

Foi averiguada a eficiência reprodutiva de *S. versicolor* através dos seguintes experimentos: polinização cruzada manual, apomixia, polinização aberta (controle) e um teste para verificar a existência ou não da polinização pelo vento. Utilizou-se ao menos 30 flores (15 masculinas e 15 femininas) - identificadas com linha colorida junto ao pedicelo e ensacadas em pré-antese -, para execução de cada procedimento. Nos testes de polinização cruzada manual e apomixia, foram usados sacos de tecido organza, com dimensões de 10x10x14cm, detendo mínimas perfurações, que impediam a entrada de visitantes, mas permitiam o desenvolvimento das flores e frutos. Para o tratamento de anemofilia, foram empregados sacos de filó, um tecido com microperfurações, medindo 10x10x14cm, permitindo o ingresso de grãos de pólen, porém impossibilitando a visita de insetos. As flores foram ensacadas em pré-antese, procedendo a retirada dos sacos no dia seguinte. Nos experimentos de polinização cruzada, o pólen da antera da flor masculina foi conduzido para o estigma de flores femininas. Para averiguar a existência de frutos formados por apomixia, flores em pré-antese foram ensacadas e mantidas assim, até a maturação de possíveis frutos. Para os testes de polinização aberta, as flores contadas e destacadas com linha colorida junto ao pedúnculo da inflorescência, foram mantidas com livre acesso dos visitantes florais.

A produção de frutos dos experimentos de polinização aberta e polinização cruzada manual foram comparadas para verificar a eficiência reprodutiva (ER):

$$ER = \frac{\text{No frutos produzidos}}{(\text{N}^{\circ} \text{ de flores} \times 5)} \times 100$$

### *Sistema sexual – razão e dimorfismo sexual*

Determinou-se a razão sexual pelo número de indivíduos masculinos e femininos que se encontraram reprodutivos em duas populações (Fazenda Vagafogo e Tapera). Avaliou-se no biênio de 2016 e 2017, durante o período reprodutivo da espécie, o padrão sexual, para aferir se os indivíduos continuaram dioicos e com o mesmo sexo. Foi contado o número de flores de quatro inflorescências em oito indivíduos masculinos e oito femininos, para analisar o investimento das plantas masculinas em relação às femininas. A análise morfométrica foi realizada em 60 flores (30 flores masculinas e 30 flores femininas) de cinco plantas de cada sexo. Esses dados foram obtidos através da medida das cinco pétalas de cada flor, utilizando um paquímetro digital com precisão de 0,01mm. Os eixos florais (principal e o primeiro e segundo laterais da base) também foram medidos com auxílio de fita métrica, em três inflorescências de cinco indivíduos masculinos e cinco femininos, para verificar a diferença entre morfos.

#### *Análises estatísticas*

Em todos os testes foram verificados os pressupostos de normalidade dos dados e variâncias homogêneas. Quando não se encontrou, as variáveis foram transformadas para se adequarem ao teste. Foi utilizado teste t para verificar se houve diferença na média de produção de flores, na média do tamanho das pétalas masculinas e femininas e também na distinção dos morfos de acordo com comprimento do eixo principal (primeiro e segundo laterais da base). As análises foram realizadas no programa BioEstat 5.3. Para constatar a razão (1:1) dos indivíduos masculinos e femininos foi realizado o teste  $X^2$  utilizando o programa R (R Development Core Team 2017).

## **RESULTADOS**

#### *Caracterização da espécie*

*Simarouba versicolor* A. St.-Hil. é uma espécie dióica, arbórea que apresenta flores de cor creme, com pétalas elípticas com ápice agudo e base obtusa, dispostas em panículas. Suas flores são actinomorfas, pentâmeras, gamossépalas e dialipétalas. As flores masculinas apresentam ginóforo nectarífero com carpelos reduzidos e são diplostêmones. O estilete é ginobásico e o estigma pentalobado. Suas anteras são basefixas e têm deiscência longitudinal.

Já as flores femininas têm ovário súpero, pentacarpelar, dialicarpelar, com ginóforo nectarífero e dez estames rudimentares. Os frutos são do tipo drupa, com produção de até cinco folículos independentes, com coloração escura, próxima ao preto, levando aproximadamente 60 dias para a sua maturação (Figura 1).

### *Fenologia reprodutiva*

Os primeiros botões florais foram verificados no início do mês de junho, e as primeiras flores no início do mês de julho. O período de maior intensidade de floração ocorreu durante o mês de agosto, decrescendo ao longo do mês de setembro. A floração não foi simultânea no seu início, pois parte dos indivíduos masculinos floresceram anteriormente aos femininos. Porém, ao longo dessa fenofase houve simultaneidade até o final da estação reprodutiva. Notou-se a produção de alguns frutos no início do mês de agosto, com pico máximo na primeira quinzena de outubro. A maturação dos frutos se deu no final do mês de setembro estendendo-se até a primeira quinzena de novembro. (Figura 2).

### *Biologia floral*

A antese nas flores masculinas e femininas ocorreu entre as 17:30h e 21:00hs. No dia seguinte, após cerca de 18 horas da abertura floral, as flores masculinas não apresentavam grãos de pólen, e os sinais de senescência foram observados logo pela manhã, cerca de 20hs após a antese. As flores masculinas caducam cerca de 24 horas após sua abertura, enquanto as flores femininas permanecem abertas e por dois dias. O estigma das flores em antese borbulhou na solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 3%, exibindo aspecto claro e brilhoso. Flores abertas na manhã seguinte à antese apresentaram estigmas levemente escurecidos, e não borbulharam com a solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Com o início da antese, por volta das 17:30, o pólen encontra-se acessível aos visitantes florais, percebendo-se a existência de néctar no início da noite, mediante um brilho superficial nos ginóforos das flores femininas e masculinas (Figura 3). Frequentemente formigas foram observadas visitando as bractéolas das inflorescências, sugerindo a possível produção de néctar extrafloral. Não foi verificada a produção de odores perceptíveis nas flores de *S. versicolor*.

### *Visitantes florais*

Flores masculinas receberam visitas a partir das 17:00h, embora a disponibilidade do pólen ocorresse apenas por volta das 17:30h. Todos os visitantes pertencem à classe Insecta, em sua maioria abelhas da família Apidae, como as dos gêneros *Trigona spineps* (Figura 4A), em menor quantia *Apis mellifera*, e vespas (Vespidae). Logo no começo da noite esses visitantes se dispersavam. *Trigona spineps* e *A. mellifera* apresentaram comportamento pilhador, pois durante suas visitas as flores masculinas coletaram grãos de pólen das flores recém-abertas e muitas vezes de flores em pré-antese. Contudo, visitas destes insetos em busca de néctar também foram visualizadas no final da tarde em plantas masculinas e femininas, quando podiam tocar nas anteras e estigmas das flores. No começo das manhãs, observou-se a presença de alguns visitantes, como abelhas *Trigona* e vespas, que visitaram flores masculinas para a coleta de pólen e raramente as flores femininas. O pico de visitantes deu-se entre 08:00 e 10:00h, carregando praticamente todo o pólen restante produzido no dia anterior, e por volta de 12:00h, aparentemente quase não havia grãos de pólen nas flores.

Lepidópteros da família Noctuidae visitaram as flores masculinas (Figura 4B) durante a noite, entre os períodos de 18:00h e 00:00h, apresentando menor frequência em flores femininas. O pico das eventuais visitas se deu entre 21:00 e 22:30h. Procedeu-se a coleta de 3 mariposas da família Noctuide, detectando-se grãos de pólen nas antenas, probóscides e parte ventral de seus corpos.

### *Sistema reprodutivo*

Para os experimentos executados em dez indivíduos de *S. versicolor* no ano de 2016, as flores (n=50) submetidas aos tratamentos de polinização cruzada apresentaram a formação de 117 frutos (46,80%), no entanto apenas 52 frutos (20,80%) chegaram à maturação. Flores submetidas à polinização aberta formaram 320 frutos (9,63%) a partir de 664 flores. Porém, apenas 45 (1,35%) desses frutos chegaram à maturação. Foram formados 116 frutos (3,80%) apomíticos, de um total de 872 flores analisadas, contudo apenas 27 (0,61%), chegaram à maturação. As análises feitas em 2017 demonstram um padrão semelhante ao encontrado no ano de 2016 (Tabela 1). Os experimentos de anemofilia, das 61 flores ensacadas, não foram verificados a formação de nenhum fruto.

## *Sistema sexual*

As inflorescências masculinas e femininas apresentam diferenças. As masculinas são pendulas e flexíveis (Figura 5A), enquanto as femininas não (Figura 5B). Os indivíduos masculinos de *S. versicolor* possuem maior “display” floral, produzindo mais flores por inflorescência. O número médio de flores masculinas foi mais do que dez vezes o de flores femininas (Tabela 2). As pétalas das flores femininas são maiores quando comparadas às flores masculinas, sendo essa diferença significativa (Tabela 3). Já em relação aos eixos florais (principal e o primeiro e segundo laterais da base) não foi verificado uma diferença entre os morfos (Tabela 4).

Para a população da área da Fazenda Vagafogo, a proporção de plantas femininas (n = 14) e masculinas (n = 17), floridas durante o período de estudos foi de 1:1 ( $\chi^2 = 0,29$ ; p = 0,59). A mesma proporção (1:1) foi verificada na população da Tapera, com 10 plantas femininas e 10 plantas masculinas ( $\chi^2 = 0$ ; p = 1). Os indivíduos mantiveram-se estáveis no biênio 2016-2017, não havendo alteração no sexo dos mesmos.

## **DISCUSSÃO**

Espécies dióicas tropicais possuem geralmente flores pequenas, de cores claras e pouco especializadas (Bawa 1980a, Givnish 1982, Sakai *et al.* 1995), assim como as de *S. versicolor*. A manutenção de órgãos rudimentares do sexo oposto nas flores masculinas e femininas de plantas dióicas mostra que a separação dos sexos é um fenômeno relativamente recente no gênero *Simarouba* (Rottenberg 1998). Essas características também foram descritas nas flores de *Simarouba amara* (Ferreira 2017). Quanto à razão sexual da população estudada, os dados obtidos estão de acordo com a expectativa de Opler e Bawa (1978), segundo os quais as espécies dióicas geralmente apresentam razão sexual de 1:1. A ausência de mudança de sexo entre períodos reprodutivos em *S. versicolor* indica marcante estabilidade na expressão sexual da espécie, não havendo formação de frutos em indivíduos masculinos. Outros estudos desenvolvidos com plantas dióicas corroboram os resultados encontrados (Lenza & Oliveira 2005; Amorim & Oliveira 2006; Franceschinelli *et al.* 2015, Ferreira 2017).

O padrão fenológico observado na população de *S. versicolor*, segue o descrito por Newstrom *et al.* (1994) e Ferreira (2017) para *S. amara*, como sazonal e anual, também

verificado em outras espécies arbóreas do Cerrado (Freitas & Oliveira 2002; Silva Junior 2005; Gama *et al.* 2011). O pico de floração de *S. versicolor* ocorre em agosto, durante o auge do período de seca. No cerrado, a maioria das espécies arbóreas floresce na estação seca (Batalha & Mantovani 2000). A dispersão das sementes dos frutos ocorreu durante a estação úmida, o que favorece a germinação das sementes e estabelecimento das plântulas desta espécie e de outras do Cerrado que também são dispersas no período das chuvas (Batalha & Mantovani 2000, Oliveira 2008, Silveira *et al.* 2015).

A fenologia de espécies congêneras simpátricas pode ser influenciada tanto fatores ecológicos quanto filogenéticos (Staggemeier *et al.* 2010). A cofloração ou floração sequenciada, como observado em *S. versicolor* e *S. amara*, foi encontrado em outros gêneros presentes no Cerrado, tais como em *Diplusodon* (Barros 1996), *Byrsonima* (Barros 1992), *Kielmeyera*, *Tabebuia* (Barros 1989), *Styrax* (Saraiva *et al.* 1988), *Vochysia* (Oliveira & Gibbs 1994) e *Vriesea* (Araújo *et al.* 1994).

*Simarouba versicolor* apresenta antese de flores masculina brevemente antecipada em relação à antese de flores femininas. Flores masculinas de espécies dióicas em geral manifestam comportamento de antecipação e maior duração da antese em relação a flores femininas com a possível finalidade deste florescimento adiantado e mais duradouro atrair e manter os polinizadores (Willson 1979; Bawa 1980, 1983; Stephenson & Bertin 1983). Contudo, Loyd (1977), indica como possíveis razões para este comportamento o fato de flores femininas demandarem um alto custo energético para reprodução e formação de frutos. A floração inicial dos indivíduos masculinos em *S. versicolor* deve provocar uma atração inicial de polinizadores e o reconhecimento das flores dessa espécie como importantes doadoras de recurso (néctar), o que também foi constatado em *S. amara* (Ferreira 2017). A semelhança entre flores femininas e masculinas em espécies dióicas deve facilitar o reconhecimento destas pelos polinizadores e o fluxo de pólen entre os sexos (Bawa 1980b, Freeman *et al.* 1997). Portanto, quando as flores femininas *S. versicolor* começam a abrir, os grãos de pólen disponíveis devem ser entregues pelos agentes polinizadores; padrão semelhante ao de *S. amara* (Ferreira 2017).

Em espécies de polinização biótica, o perianto serve para atrair polinizadores, e os ganhos alcançados através da alocação diferencial em estruturas de atração podem diferir entre os sexos (Delph *et al.* 1996). Geralmente, plantas dioicas apresentam inflorescências masculinas maiores e com maior número de flores do que as femininas (Bawa & Opler 1975, Armstrong & Irvine 1989, Lenza & Oliveira 2005). As inflorescências masculinas e femininas

de *S. versicolor*, apesar de distintas, não exibiram diferenças significativas em seu tamanho. As flores masculinas da espécie possuem pétalas menores que as femininas, mas são produzidas em maior quantidade. Em *S. amara*, as flores masculinas são maiores que as femininas, além de serem produzidas em maior número e de possuírem pétalas igualmente maiores (Ferreira 2017).

A alta produção de flores e a liberação de pólen seriam fatores condicionantes ao sucesso reprodutivo masculino (Lloyd & Webb 1977), enquanto que os indivíduos femininos alocariam recursos visando a garantia na produção e maturação dos frutos (Freeman *et al.* 1997). A produção de frutos e sementes é energeticamente muito dispendiosa, principalmente, quando produzem frutos carnosos e sementes grandes (Bawa 1980). O alto custo feminino despendido da reprodução também deve incorrer em florescimento tardio e baixa frequência desse florescimento (Jing & Coley 1990; Ataroff & Schwarzkopf 1992; Thomas & LaFrankie 1993), como observado para *S. versicolor* e também relatado em *S. amara* (Ferreira 2017).

Espécies dioicas tropicais possuem sistemas de polinização generalistas ou pouco especializados (Bawa & Opler 1975; Bawa 1980a; Beach 1981), como algumas espécies de abelhas e mariposas. As mariposas foram os principais polinizadores de *S. versicolor*, o que demonstra um sistema de polinização mais especializado, como o de *S. amara* (Ferreira 2017). As mariposas polinizam cerca de 22% das espécies arbóreas do Cerrados (Oliveira *et al.* 2004). Elas forrageiam em horários crepusculares, embora atividade de visita possa se prolongar na noite, especialmente em ambientes tropicais. Flores polinizadas por esfingídeos compartilham características associadas à atração desses animais, como antese noturna e coloração pálida (Oliveira *et al.* 2004), conforme ocorre em *S. versicolor*.

O baixo volume de néctar e a semelhança de morfos em *S. versicolor* pode facilitar a polinização cruzada, pois favorece o movimento dos polinizadores para muitas flores, inclusive de outras plantas (Navarro 1999, Ferreira 2017). Em *S. versicolor*, características como a antese noturna da flor, volume reduzido de néctar e flores pálidas (Faegri & Van der Pijl 1979), além das visitas de mariposas em flores femininas e masculinas, sugerem a síndrome da falenofilia, também descrita por Ferreira (2017) em flores de *S. amara*, que apresentam odor suave em pré-antese. Outros insetos como as abelhas, vespas, dípteras, estão em busca do pólen e por isto visitam quase que exclusivamente apenas as flores dos indivíduos masculinos, não efetuando a polinização de *S. versicolor*. Ferreira (2017) descreveu o mesmo padrão de comportamento desses visitantes florais em flores de *S. amara*.

No presente estudo, as abelhas demonstraram comportamento pilhador, não promovendo o fluxo de pólen entre os indivíduos, hábito observado também por outros autores (Mendes *et al.* 2011; Alves-dos-Santos *et al.* 2015; Ferreira 2017). As flores de *S. versicolor* não apresentam características condizentes à síndrome da anemofilia, e não foi constatada a formação de frutos nos experimentos de polinização pelo vento. A presença de formigas foi corriqueira nos nectários de bractéolas em *S. versicolor* no período de floração e frutificação o que, possivelmente, garante um sucesso reprodutivo maior à planta, devido ao patrulhamento realizado por formigas nas flores. Em flores de *S. amara* foi observado comportamento similar (Ferreira 2007), assim como em *Amaioua guianensis* Aubl. em que as visitas de formigas nas inflorescências, relacionam-se à proteção dos frutos durante a sua formação contra os herbívoros (Amorim & Oliveira 2006).

Em dias mais quentes, as flores de *S. versicolor* apresentaram antese antecipada, fator que pode levar a exposição dos grãos de pólen à pilhagem por períodos de maior duração que dias com temperaturas mais amenas, e impactar no sucesso reprodutivo da espécie. Alterações análogas na biologia floral foram descritas por Ferreira (2017), em *S. amara*. Mudanças climáticas podem causar alterações na fenologia e no sucesso reprodutivo de espécies vegetais (Kelly & Sork 2002; Rubim *et al.* 2010).

Em relação ao sistema reprodutivo de *S. versicolor*, a espécie demonstrou ter os modos de reprodução sexuada e rara produção de sementes por apomixia. Os resultados, entretanto, apontam um percentual bem mais baixo de produção de frutos nas condições de polinização natural em relação a manual, sugerindo um déficit reprodutivo provavelmente devido a uma falha no serviço de polinização. Possivelmente, a frequência de visitas das mariposas às flores da espécie é baixa, o que também foi descrito em *Simarouba amara* (Ferreira 2017). Contudo, a produção de frutos em *S. versicolor* é aproximadamente metade da produção em *S. amara*, tanto na polinização natural, como na manual. Resultados superiores aos de *S. versicolor* também foram descritos em espécie dióica *Jacaratia spinosa* Aubl. (40%) e em espécie hermafrodita *Byrsonima* Rich (46,6%) (Ferreira 2017, Piratelli *et al.* 1998, Mendes *et al.* 2011).

*Simarouba versicolor* não apresenta propagação vegetativa, o que difere de *S. amara*, que também se reproduz de forma vegetativa na forma de rebrotas de suas raízes gemíferas (Ferreira 2017). Contudo, ambas espécies podem produzir frutos através de apomixia. Em *S. versicolor* houve uma baixa frequência de formação de frutos apomíticos, assim como referido em *S. amara* (Ferreira 2017). A formação de frutos apomíticos, seria uma alternativa

para que a espécie se perpetue e garanta a reprodução, principalmente em situações quando há deficiência nos serviços de polinização (Baker & Cox 1984; Richards 1997). Nas angiospermas, a apomixia é muito menos frequente do que a propagação vegetativa (Holsinger 2000; Whitton *et al.* 2008), ocorrendo em cerca de 90 famílias de angiospermas (Carman 2007), com um padrão de distribuição que indica sua origem independente em diferentes grupos (Asker & Jerling 1992; Tucker & Koltunow 2009). O número de espécies apomíticas é maior em determinadas famílias como Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Rutaceae (Richards 1997; Naumova 2008) e Melastomataceae (Goldenberg & Shepherd 1998; Goldenberg & Varassin 2001), refletindo uma possível predisposição destes grupos a ocorrência e manutenção da apomixia (Grimanelli *et al.* 2001).

Os dados apresentados demonstram que *Simarouba versicolor* é uma espécie dióica, como flores pequenas e inconspícuas, flores masculinas sendo produzidas em maior número e polinizadas por insetos generalistas. Porém, a espécie apresenta baixo sucesso reprodutivo, o que sugere uma ineficiência nos sistemas de polinização, que pode ser em parte compensada pela produção de frutos apomíticos. Experimentos futuros que verifique a ocorrência de partilha de polinizadores entre *S. amara* e *S. versicolor* e a ocorrência de hibridização entre estas duas espécies devem ser realizados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves dos Santos, I., Silva, C. I., Pinheiro, M., Keinert, A. M. P. 2016. Ecologia funcional da Polinização: Quando um visitante floral é um polinizador? *Rodriguésia*, v. 67 n.2.
- Amorim, F.W. & Oliveira, P.E. 2006. Estrutura sexual e ecologia reprodutiva de *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae), uma espécie dióica de formações florestais de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 29 (3): 353-362.
- Ashman, T. L. 2006. The evolution of separate sexes: a focus on the ecological context. Pp. 204-222. In: Harder, L. D. & Barrett, S. H. (eds.) *Ecology and evolution of flowers*. Oxford, University Press, 390pp.
- Ataroff, M. & Schwarzkopf, M. 1992. Leaf production, reproductive patterns, field germination and seedling survival in *Chamaedorea bartlingiana*, a dioecious understory palm. *Oecologia* 92: 250-256.
- Armstrong, J.E. & Irvine, A.K. 1989. Floral biology of *Myristica insipida* (Myristicaceae), a distinctive beetle pollination syndrome. *American Journal of Botany* 76:86-94.
- Araújo, A.C., Fischer, E.A. & Sazima, M. 1994. Floração sequencial e polinização de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região de Juréia, sudeste do Brasil. *Revta brasil. Bot.* 17:113-118.
- Asker, S.E. & Jerling, L. 1992. *Apomixis in plants*. Boca Raton, CRC, 298pp.
- Baker, H. G.; Cox, P. A. 1984. Further thoughts on dioecism and islands. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 71:244-253
- Barros, M.A.G. 1989. *Studies on the pollination biology and breeding systems of some genera with sympatric species in the Brazilian cerrados*. PhD thesis, Scotland, UK.
- Barros, M.A.G. 1992. Fenologia da floração, estratégias reprodutivas e polinização de espécies simpátricas de *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae). *Rev. Brasil. Biol.* 52:343-353.
- Barros, M.A.G. 1996. Biologia reprodutiva e polinização de espécies simpátricas de *Diplusodon*. *Acta Botánica Mexicana* 37: 11-21.
- Batalha, M.A. & Mantovani, W. 2000. Reproductive phenology patterns of cerrado plant species at the Pé-de- Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody flora. *Revista Brasileira de Biologia* 60: 129-145.

- Bawa, K.S. 1979. Breeding systems of trees in a tropical wet forest. *New Zealand Journal of Botany* 17: 521-524.
- Bawa, K.S. 1980a. Evolution of dioecy in flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11:15-39.
- Bawa, K.S. 1980b. Mimicry of male by female flowers and intrasexual competition for pollinators in *Jacaratia dolichaula* (D. Smith) Woodson (Caricaceae). *Evolution* 34: 467-474.
- Bawa, K.S. 1983. Patterns of flowering in tropical plants. In: Jones, E. & Little, R. J. (Eds.). *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Scientific and Academic Editions. Pp. 394-410.
- Bawa, K.S. 1994. Pollinators of tropical dioecious angiosperms: a reassessment? No, not yet. *American Journal of Botany* 81 (4): 456-460.
- Bawa, K.S. & Opler, P.A. 1975. Dioecism in tropical forest trees. *Evolution* 29: 167-179.
- BFG. 2015. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia* 66 (4): 1085-1113.
- Beach, J.H. 1981. Pollinators foraging and the evolution of dioecy. *The American Naturalist* 118: 572-577.
- Carman, J.G. 2007. Do duplicate genes cause apomixis? p. 63-91. In: Hörandl, E.; Grossniklaus, U.; van Dijk P.J. & Sharbel T.S. (eds.) *Apomixis: evolution, mechanisms and perspectives*. Ruggell, Liechtenstein, Gantner Verlag, 424pp.
- Clayton, J.W., Fernando, E.S., Soltis, P.S. & Soltis, D.E. 2007. Molecular phylogeny of the Tree-of-Heaven family (Simaroubaceae) based on chloroplast and nuclear markers. *International Journal of Plant Sciences* 168: 1325-1339.
- Charlesworth, D. 2002. Plant sex determination and sex chromosomes. *Heredity* 88: 92-101.
- Coelho, A.A.M., De Paula, J.E. & Espindola, L.S. 2006. Insecticidal activity of cerrado plant extracts on *Rhodinus milesi* Carvalho, Rocha, Galvão & Jurberg (Hemiptera: Reduviidae), under laboratory conditions. *Neotropica Entomology* 35 (1): 133-138.
- Cortes, J.M. 2012. Desenvolvimento de espécies nativas do Cerrado a partir do plantio de mudas e da regeneração natural em uma área em processo de recuperação, Planaltina-DF.

- Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, *Publicação Departamento de Engenharia Florestal*, Universidade de Brasília, DF, 89p.
- Delph, L.F.; Galloway, L.F. & Stanton, M.L. 1996. Sexual dimorphism in flower size. *American Naturalist* 148: 299-320.
- Devecchi, M.F. & Pirani, J.R. 2016. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Simaroubaceae. *Rodriguesia* 67 (5): 1471-1476.
- Faegri, K. & Van der Pijl, L. 1979. *Principles of pollination ecology*. 3 ed. London, Pergamon Press.
- Fernandes, M.Z.L.C.M., Fernandes, R.M., Viana, G.E.N. & Lopes, J.B. 2004. Acute toxicity (LD50) determination of the *Simarouba versicolor* St. Hil., aqueous extracts in mice. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 6 (2): 48-51.
- Ferreira, I.N.M. 2017. *Simarouba amara* Aubl. (Simaroubaceae): o estudo da biologia reprodutiva e suas variações fenotípicas no Cerrado do Brasil Central. Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Vegetal. *Universidade Federal de Goiás*, Goiás, 90p.
- Franceschinelli, E.V. & Yamoto, K. 1993. Taxonomic use of leaf anatomical characters in the genus *Simarouba* Aublet (Simaroubaceae). *Flora* 188 (1): 117-121.
- Franceschinelli, E.V., Yamoto, K. & Shepherd, G.J. 1999. Distinctions among three *Simarouba* species. American Society of Plant Taxonomists. *Systematic Botany* 23 (4): 479-488.
- Franceschinelli, E.V., Carmo, R.M., Silva-Neto, C.M. & Mesquita-Neto, J.N. 2015. Functional dioecy and moth pollination in *Cabralea canjerana* subsp. *Canjerana* (Meliaceae). *Darwiniana* 3 (1): 96-107.
- Freeman, D.C., Doust, J.L., El-Keblawi, A., Miglia, K.J. & McArthur, E.D. 1997. Sexual specialization and inbreeding avoidance in the evolution of dioecy. *The Botanical Review* 63: 65-92.
- Freitas, C. V. & Oliveira, P.A. 2002. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinoideae). *Revista Brasileira de Botânica* 63:311-321.
- Fournier, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.

- Funatura. 1990. Plano de manejo: Santuário de Vida Silvestre da Fazenda Vagafogo, Pirenópolis - GO. *Funatura*. Brasília, DF. 76p.
- Gama, L.U., Barbosa, A. A. A. & Oliveira, P.E.A.M. 2011. Sistema sexual e biologia floral de *Pouteria ramiflora* e *P. torta* (Sapotaceae). *Revista Brasil. Bot.* 34 (3): 375-387.
- Givnish, T.J. 1982. Outcrossing versus ecological constraints in the evolution of dioecy. *The American Naturalist* 119: 849-865.
- Griev, M.A. 2007. Modern herbal. Serviço de Referência. Disponível em: <http://www.botanical.com>. Acesso em 04/08/2017.
- Grimanelli, D.; Leblanc, O.; Perotti, E. & Grossniklaus, U. 2001. Developmental genetics of gametophytic apomixis. *Trends in Genetics*, 17, 597-604.
- Goldenberg, R. & Shepherd, G.J. 1998. Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in “cerrado” vegetation. *Plant Systematics and Evolution*, 211, 1-29.
- Goldenberg, R. & Varassin, I.G. 2001. Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 24, 283-288.
- Guarim-Neto, G. & Morais, R.G. 2003a. Plantas medicinais com potencial ornamental: um estudo no cerrado de Mato Grosso. *Rev. Bras. Hortic. Ornam.* 9 (1): 89-97.
- Guarim-Neto, G. & Morais, R.G. 2003b. Recursos medicinais de espécies do Cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. *Acta bot. bras.* 17 (4): 561-584.
- Gurevitch, J. & Scheiner, S.M., Fox, G.A. 2009. *Ecologia Vegetal*. 2a ed. Artmed Editora, Porto Alegre, 592p.
- Hardesty, B.D., Dick, C.W., Kremer, A., Hubbell, S. & Bermingham, E. 2005. Spatial genetic structure of *Simarouba amara* Aubl. (Simaroubaceae), a dioecious, animaldispersed Neotropical tree, on Barro Colorado Island, Panama. *Heredity Nature* 95: 290-297.
- Holsinger, K.E. 2000. Reproductive systems and evolution in vascular plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 97, 7037-7042.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível: <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=521730&sarch=||in%20fogr%E1ficos:-hist%20F3rico>]. Acesso em 07/06/2016.

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT.  
1989. Sistema de Informações de Madeiras Brasileiras. São Paulo, IPT, 291 p. (Relatório nº 27.078).
- Jing, S.W. & Coley, P.D. 1990. Dioecy and herbivory: the effect of growth rate on plant defense in *Acer negundo*. *Oikos* 58: 369-377.
- Kearns, C.A. & Inouye, D. 1993. Techniques for pollinations biologists. *Niwot, Colorado: University press of Colorado*. 579p.
- Kelly, D. & Sork, V.L. 2002. Mast seeding in perennial plants?: Why, how, where? *Annual Review of Ecology and Systematics* 33: 427-447.
- Lenza, E. & Oliveira, P.E. 2005. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anarcadinaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triangulo Mineiro, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28: 180-190.
- Lenza, E. & Oliveira, P.E. 2006. Biologia reprodutiva e fenologia de *Virola sebifera* Aubl. (Myristicaceae) em mata mesofítica de Uberlândia, MG, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 29: 443-451.
- Lloyd, D. G, Webb C J. 1977. Secondary sex characters in plants. *The botanical review*, 43: (2).
- Macedo, A.C.B. & Maués, M.M. 2001. Insetos polinizadores e biologia reprodutiva de duas espécies florestais amazônicas: Cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl) Wild. Leguminosae) e Marupá (*Simarouba amara* Aubl. Simaroubaceae) In: Congresso Nacional de Botânica, 52. Reunião Nordestina de Botânica, 24. João Pessoa. Resumos. João Pessoa: Sociedade Botânica do Brasil: Universidade Federal da Paraíba. Embrapa Amazônia Oriental CPATU.
- Martin-Gajardo, I. S. & Morellato, L.P.C. 2003. Fenologia de espécies de Rubiaceae do sub-bosque em floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 26: 299-309.
- Mendes-Rodrigues, C.; Carmo-Oliveira, R.; Talavera, S.; Arista, M.; Ortiz, P. L. & Oliveira, P. E. 2005. Polyembryony and apomixis in *Eriotheca pubescens* (Malvaceae Bombacoideae). *Plant Biology*, 7, 533-540.

- Mendes, F. N.; Rêgo, M.M.C.; Albuquerque, P.M. 2011. Fenologia e biologia reprodutiva de duas espécies de *Byrsonima Rich.* (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Nordeste do Brasil. *Biota Neotrop.* vol.11, n.4, pp. 113-115.
- Ming, R.; Bendahmanem A. & Renner, S. 2011. Sex chromosomes in land plants. *Annual Review of Plant Biology*, 62, 485-514.
- Muhammad, I., Bedir, E., Khan, S.I., Tekwani, B.L., Khan, I.A., Takamatsu, S., Pelletier, J. & Walker, L.A. 2004. A New Antimalarial Quassinoid from *Simaba orinocensis*. *Journal of Natural Products* 67: 772-777.
- Nahuz, M.A.R. 1974. Some aspects of the introduction of lesser-known Brazilian species of the European timber market. *Bangor*, 244 p. (M. Sc. University College of North Wales).
- Navarro, L. 1999. Pollination ecology and effect of nectar removal in *Macleania bullata* (Ericaceae). *Biotropica* 4: 618-625.
- Naumova, T.N. 2008. Apomixis and amphimixis in flowering plants. *Cytology and Genetics*, 42, 179-188.
- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W.; Baker, H. G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering plants in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141–159.
- Oliveira, P.E. 1996. Dioecy in the Cerrado vegetation of Central Brazil. *Flora* 191: 235-243.
- Oliveira, P.E. 2008. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do Cerrado. In: Sano, S. M., Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. (Eds.). *Cerrado: Ecologia e Flora*. EMBRAPA CPAC, Brasília, vol.1. pp. 273-287.
- Oliveira, P.E. & Gibbs, P.E. 1994. Pollination biology and breeding systems of six *Vochysia* species. *J. Trop.Ecol* 10: 509-522.
- Oliveira, P. E.; Maruyama, P. K. 2014. Sistemas Reprodutivos *in*: *Biologia da Polinização*, Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 527 p.
- Oliveira, P.E., Gibbs, P.E. & Barbosa, A.A., 2004. Moth pollination of woody species in the Cerrados of Central Brazil: a case of so much owed to so few? *Plant Syst. Evol.* 245: 41-54.
- Oliveira, P.E., Tomé, C.E.R., Torezan-Slilingardi, H.M., Doteri, S., Gottsberger, I.S. & Gottsberger, G. 2017. Differential pollination modes between distant populations of

- Unonopsis guatterioides* (Annonaceae) in Minas Gerais and Amazonas, Brazil. *Flora* 232: 39-46.
- Opler, P.A. & Bawa, K.S. 1978. Sex ratios in tropical forest trees. *Evolution* 32: 812-821.
- Pirani, J.R. & Thomas, W.W. 2015. Simaroubaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB1394>. Acesso em: 20/08/2018.
- Pires, J.E.P., Fernandes, R.M., Fernandes, M.Z.L.C.M., Viana, G.E.N., Dourado, J.C.L. & Souza, S.A.A. 2007. Determinação da concentração inibitória média (CI50) do extrato aquoso de *Simarouba versicolor* St Hill sobre a ovipostura do carrapato bovino (*Boophilus microplus*, Canestrine, 1887). *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s 9 (4): 23-26.
- Piratelli, A. J.; Piña –Rodrigues, F. C. M. Gandara, F. B., Santos, E. M. G.; Costa, L. G. S. 1998. Biologia da polinização de *Jacaratia spinosa* (Aubl.) Adc. (Cariaceae) em Mata residual do sudeste brasileiro. *Rev. Brasil. Biol* vol. 58 (4): 671-679.
- Renner, S.S. 2014. The relative and absolute frequencies of angiosperm sexual systems: dioecy, monoecy, gynodioecy, and an up-dated online database. *American Journal of Botany* 101 (10): 1588-1596.
- Richards, A. J. 1986. Plant Breeding Systems. London. George Allen & Unwin. 529p.
- Richards, A.J. 1997. Plant breeding system. 2º Ed. London, Garland Science, 529pp.
- Rottenberg, A. 1998. Sex ratio and gender stability in the dioecious plants of Israel. *Botanical Journal of the Linnean Society* 128:137-148.
- Rubim, P.; Morelato, Nascimento, H. E. M. E.; Morelato, L. P. C. 2010. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 24(3): 756-764.
- Sakai, A.K., Wagner, W.L., Ferguson, D.M. & Herbst, D.R. 1995. Biogeographical and ecological correlates of dioecy in the Hawaiian flora. *Ecology* 76: 2530-2543.
- Saraiva, L.C., Cesar, O. & Monteiro, R. 1988. Biologia da polinização e sistemas de reprodução de *Styrax camporum* Pohl e *S. ferrugineus* Nees et Mart. (Styrac.). *Revta brasil. Bot.* 11: 71-80.
- Silva-Júnior, M.C. 2005. *100 árvores do cerrado*. Ed. Rede de Semente do Cerrado, p.278.

- Silveira, F.A.O., Santos, J.C., Franceschinelli, E.V., Morellato, L.P.C. & Fernandes, G.W. 2015. Costs and benefits of reproducing under unfavorable conditions: an integrated view of ecological and physiological constraints in a cerrado shrub. *Plant Ecol.* 216: 963-974.
- Simote, S.Y., Gomes, F., Fernandes, J.B., Vieira, P.C., Silva, M.F.G.F. & Bueno, O.C. 2004. Estudo fitoquímico de *Simarouba versicolor* associado ao controle de formigas cortadeiras. In: XXVI Reunião Anual sobre Evolução, Sistemática e Ecologia Micromoleculares. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro. p.36.
- Staggemeier, V.G., Diniz-Filho, J.A.S. & Morellato, L.P.C. 2010. The shared influence of phylogeny and ecology on the reproductive patterns of Myrtae (Myrtaceae). *Journal of Ecology* 98: 1409-1421.
- Stephenson, G. & Bertin, R.I. 1983. Male competition, Female choice, and sexual selection in plant. In: L. Real. (Ed.) *Pollinization biology*. Orlando: *Academic Press*, p.110:140.
- Trevisan, M.T.S. & Macedo, F.V. 2003. Seleção de plantas com atividade anticolinesterase para tratamento da doença de Alzheimer. *Quim. Nova.* 26 (3): 301-304.
- Thomas, S.C. & LaFrankie, J.V. 1993. Sex, size, and inter year variation in flowering among dioecious trees of the Malayan rain forest. *Ecology* 74: 1529-1537.
- Tucker, M.R. & Koltunow, A.M.G. 2009. Sexual and asexual (apomictic) seed development in flowering plants: molecular, morphological and evolutionary relationships. *Functional Plant Biology*, 36, 490-504.
- Willson, M.F. 1979. Sexual selection in plants. *American Naturalist* 113: 777-790.
- Whitton, J.; Sears, C.J.; Baack, E.J. & Sarah P.O. 2008. The dynamic nature of apomixis in the angiosperms. *International Journal of Plant Sciences*, 169, 169- 182.

## TABELAS E FIGURAS

**Tabela 1** – Produção de frutos em % (número de frutos/número de flores) nos tratamentos de polinização cruzada, apomixia e controle em *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. (Floresta Semidecídua – Pirenópolis-GO).

Tratamento	Nº de Flores		Nº de Frutos Formados (%)		Nº de Frutos Maduros (%)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
<b>Polinização cruzada</b>	50	51	46,80	49,41	20,80	22,35
<b>Apomixia</b>	872	309	3,80	5,76	0,61	0,84
<b>Controle (sem tratamento)</b>	664	460	9,63	11,95	1,35	2,30
<b>Polinização pelo vento</b>	61	0	0	0	0	0

**Tabela 2** – Número médio de flores femininas vs flores masculinas de *Simarouba versicolor*, sendo X=média, DP=desvio padrão e N=número de ramos \*valor significativo.

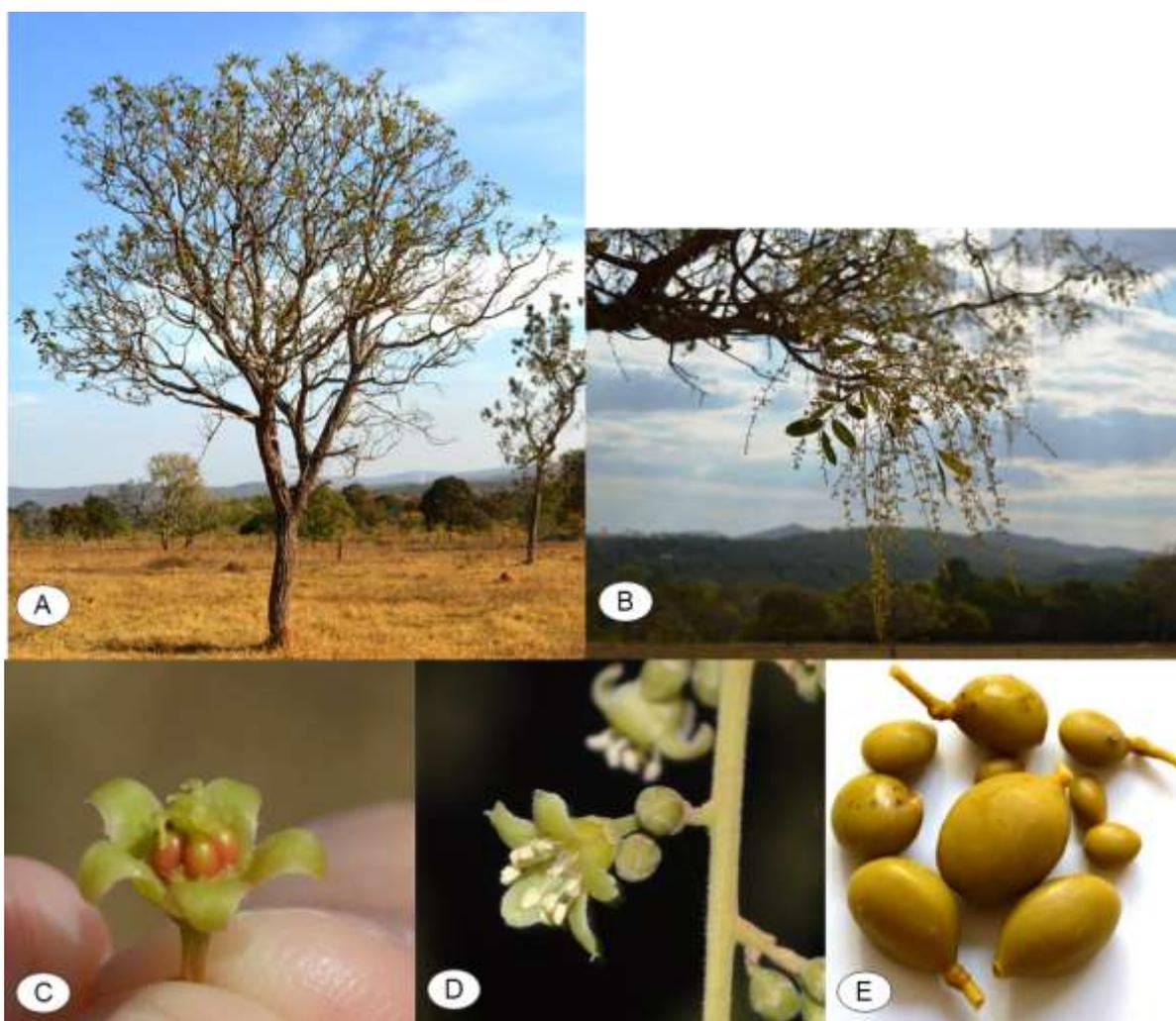
	X ± DP (N)		Teste t	
	Femininas	Masculinas	p	t
<b>Nº de flores por inflorescência</b>	169.25±20.61 (32)	1836.75±288.64 (32)	0.000001	-16.29

**Tabela 3** – Morfometria floral das pétalas de *Simarouba versicolor* na população, sendo X=média, DP=desvio padrão e N=número de pétalas. \*valor significativo.

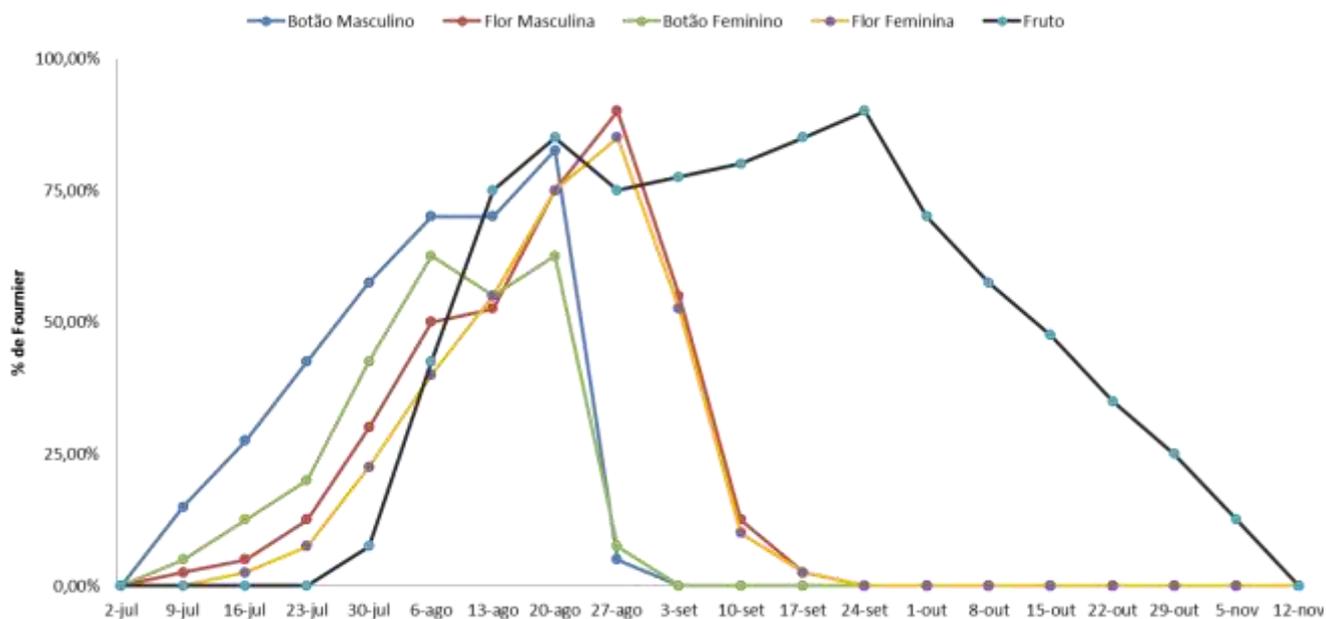
Medidas	X ± DP (N)		Teste t	
	Femininas	Masculinas	p	t
<b>Comprimento das pétalas (mm)</b>	3,78 ± 0,31 (150)	2,87 ± 0,42 (150)	<0,0001*	6,97

**Tabela 4** – Eixos florais de *Simarouba versicolor* mensurados entre morfos (X=média, DP=desvio padrão e N=número de flores. \*valor significativo).

Medidas (cm)	X ± DP (N)		Teste t	
	Femininas	Masculinas	p	t
<b>Principal</b>	28,93 ± 8,47 (15)	28,60 ± 9,17(15)	0,95	-0,60
<b>Primeiro lateral da base</b>	16,53 ± 5,83 (15)	15,80 ± 4,59 (15)	0,80	0,24
<b>Segundo lateral da base</b>	13,26 ± 4,99 (15)	12,07 ± 4,75 (15)	0,66	0,44



**Figura 1**- Aspectos da biologia reprodutiva de *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. no Santuário de Vida Silvestre Vagafogo, Pirenópolis/GO, 2017. (A). Árvore com ca de 5m. (B). Flores dispostas em panícula. (C). Flor feminina. (D). Flor masculina. (E). Frutos verdes.



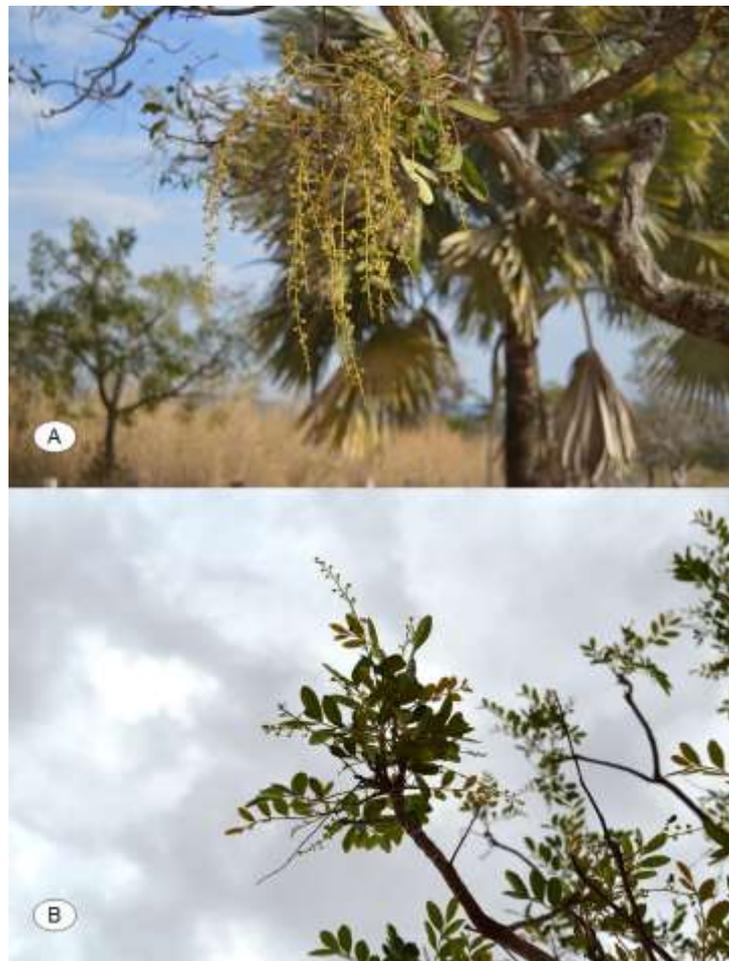
**Figura 2** - Fenologia reprodutiva de *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. nos períodos de julho a outubro de 2016 em Floresta Semidecídua do Santuário Ecológico de Vida Silvestre Vagafogo, Pirenópolis/ GO.



**Figura 3** - Flor feminina de *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. Seta evidenciando a presença de néctar através de um leve brilho que o mesmo apresentava nos ginóforos da flor.



**Figura 4** - Visitantes florais de *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. em Floresta Semidecídua do Santuário Ecológico de Vida Silvestre Vagafogo, Pirenópolis/ GO. (A). *Trigona spineps*. (B). Lepidóptero da família Noctuidae (seta).



**Figura 5** - Inflorescências de *Simarouba versicolor* A. St.-Hil. (A). Inflorescência masculina pendula e flexível. (B). Inflorescência feminina.