

RAMON DA SILVA SANTOS

**REQUERIMENTOS REPRODUTIVOS DE DUAS CULTURAS  
AGRÍCOLAS NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

**Recife-PE**

**2016**

RAMON DA SILVA SANTOS

**REQUERIMENTOS REPRODUTIVOS DE DUAS CULTURAS  
AGRÍCOLAS NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Botânica.

Orientadora: Profª. Dra. Cibele Cardoso de Castro

Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Milfont

**Recife-PE**

**2016**

Ficha catalográfica

S237r Santos, Ramon da Silva  
Requerimentos reprodutivos de duas culturas agrícolas no  
agreste pernambucano / Ramon da Silva Santos. -- Recife, 2016.  
93 f. : il.

Orientadora: Cibele Cardoso de Castro.  
Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife,  
2016.

Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Biologia reprodutiva 2. Polinização 3. Proteaceae  
4. Rutaceae 5. Sistema reprodutivo I. Castro, Cibele Cardoso de,  
orientadora II. Título

CDD 581

**RAMON DA SILVA SANTOS**

**REQUERIMENTOS REPRODUTIVOS DE DUAS CULTURAS AGRÍCOLAS NO  
AGRESTE PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada e \_\_\_\_\_ em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientadora:

\_\_\_\_\_

Dra. Cibele Cardoso de Castro (UFRPE)

Co-orientador:

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Milfont (UFRPE)

Examinadores:

\_\_\_\_\_

Prof. Dra. Ana Virginia de Lima Leite (UFRPE) (titular)

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Natan Messias de Almeida (UNEAL) (titular)

\_\_\_\_\_

Prof. Dra. Margareth Ferreira de Sales (UFRPE) (titular)

\_\_\_\_\_

Prof. Dra. Elisangela Lucia de Santana Bezerra (UFRPE) (Suplente)

*A Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meus passos e sonhos e presente nos momentos de aflição. Aos meus pais Ronaldo de Oliveira Santos e Joana D'arc dos Santos Silva, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando.*

*Dedico carinhosamente.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por todas as maravilhas e bênçãos que ele tem me proporcionado, e também por suas provações que me fazem experimentar seu temor e a graça da espera pelo seu tempo.

Aos meus familiares, em especial Ronaldo Santos (pai), Joana D'arc (mãe) e Roniedson (irmão), que sempre me apoiaram e acreditaram em mim, até mesmo quando eu já não acreditava mais, amo vocês.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica, pelo apoio institucional e financeiro, e por ter me acolhido e proporcionado um maior aprendizado, contribuindo para meu desempenho profissional.

Aos meus orientadores, de forma especial a Cibele Cardoso de Castro que sempre esteve presente me instruindo, criticando, me fazendo crescer intelectual e profissionalmente. Obrigado pela paciência ao longo de todo trabalho.

Aos docentes que avaliaram o trabalho na fase de Seminário 1, Seminário 2, pré-banca e banca, pelas valiosas sugestões: Ana Virgínia de Lima Leite, Carmen Sílvia Zickel, Elba Nogueira Ferraz, Elisângela Lúcia Bezerra, Margareth Ferreira de Sales e Natan Messias de Almeida.

À CAPES pela bolsa de mestrado, e ao CNPq, pelo auxílio financeiro concedido.

Ao Laboratório de Ecologia Reprodutiva de Angiospermas pelo apoio logístico.

Ao Instituto de Pesquisa Agronômica e aos trabalhadores da Estação Experimental de Brejão pelo apoio logístico.

Aos amigos que sempre estiveram e estarão comigo onde eu estiver...

À minha companheira, Maria José de Holanda Leite que, mesmo nesse pouco tempo de caminhada que temos, se fez presente em minha vida de tal forma que acredito que não

existam palavras para descrever todo amor, incentivo, apoio, carinho e paciência que você demonstrou por mim, por isso meu muito obrigado. Sempre estarei ao seu lado.

## Sumário

INTRODUÇÃO .....	14
REVISÃO DE LITERATURA .....	16
Importância da polinização em culturas agrícolas.....	16
<i>Macadamia integrifolia</i> .....	18
O tangelo Nova e tangelo Lee .....	22
REFERÊNCIAS.....	25
Capítulo I .....	33
Resumo .....	34
Introdução.....	36
Material e métodos .....	37
Resultados.....	39
Discussão.....	46
Referências.....	49
Capítulo II .....	71
Resumo .....	72
Introdução.....	73
Material e métodos .....	74
Resultados.....	77
Discussão.....	80
Referências.....	82

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

**Tabela 1.** Resultados dos experimentos reprodutivos de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) no Instituto Agronômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. Letras diferentes indicam valores significativamente diferentes pelo teste do Qui-quadrado.

**Tabela 2.** Visitantes florais de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) no Instituto Agronômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. PE: polinizador efetivo; PO: polinizador ocasional; PI: pilhador.

### Capítulo 2

**Tabela 1.** Resultados dos experimentos reprodutivos de tangelos Nova e Lee no Instituto Agronômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil.

**Tabela 2.** Sólidos solúveis totais (SST, °Brix), acidez total (%), relação sólidos solúveis: acidez (*ratio*) e pH dos frutos dos tangelos Nova e Lee originados a partir de polinizações controladas no Instituto Agronômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

**Figura 1.** Fenosafes de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) no período de julho de 2014 a junho de 2015 no Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. A: Brotamento e queda de folhas. B. Floração e frutificação. Dados climatológicos: IPA.

**Figura 2.** Flor de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) no Instituto Agrônômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil, evidenciando a apresentação de pólen na face abaxial do estigma.

**Figura 3:** Frequência de visitas às flores de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) no Instituto Agrônômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. (A) Himenópteros; (B). Demais visitantes.

### Capítulo 2

**Figura 1.** Fenosafes do tangelo Nova no período de julho de 2014 a junho de 2015 no Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. A: Brotamento e queda de folhas; B: Floração e frutificação. Dados climatológicos: IPA.

**Figura 2.** Fenosafes do tangelo Lee no período de julho de 2014 a junho de 2015 no Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. A: Brotamento e queda de folhas; B: Floração e frutificação. Dados climatológicos: IPA.

**Figura 3.** Frequência de visitas às flores dos tangelos Nova e Lee no Instituto Agrônômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Pernambuco, Brasil. (A) Himenópteros; (B). Demais visitantes.

**Figura 4:** Comportamento de pilhagem de botões em flores, e fruto com a rasca rompida de tangelos Lee e Nova no Instituto Agrônômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Pernambuco, Brasil. (A) *Trigona spinipes* pilhando flor; (B,C) *Pepsis* sp. rompendo

botão floral de tangelo Nova ; (D) Rompimento do fruto por aumento repentino na precipitação.

## RESUMO

A fenologia e a biologia reprodutiva auxiliam na compreensão dos requerimentos de plantas cultivadas para a formação de frutos e sementes, bem como no estabelecimento de manejo de polinizadores, quando necessário. Este trabalho tem como objetivo investigar a fenologia e a biologia reprodutiva de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) e dos tangelos Nova e Lee na Unidade Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), município de Brejão (PE). As fenofases vegetativas e reprodutivas de *M. integrifolia* (n= 7), do tangelo Nova (n=6) e tangelo Lee (n= 6) foram acompanhadas quinzenalmente no período de julho/2014 a junho/2015. As intensidades de floração e de frutificação foram estimadas, o padrão de floração foi descrito e a correlação entre precipitação pluviométrica e ocorrência das fenofases foi testada. A investigação da biologia floral incluiu análises de período de antese, receptividade estigmática, disponibilidade de pólen e presença de néctar. O sistema reprodutivo foi determinado por meio de polinizações controladas em campo. Os visitantes florais e sua frequência de visitas foram determinados por meio de observações focais. Os resultados obtidos estão dispostos em dois capítulos: o primeiro trata de *Macadamia integrifolia* e o segundo dos tangelos Nova e Lee (citros). *Macadamia integrifolia* não sofre influência da precipitação em seus eventos fenológicos; os visitantes florais mais comumente observados Lepidoptera, Hymenoptera e Diptera, os quais visitavam com baixa frequência. Foram registrados baixa formação de frutos nos testes reprodutivos, baixa eficiência reprodutiva e limitação polínica. No segundo capítulo, as variedades apresentaram padrão fenológico semelhante: a floração ocorreu três vezes, com pico em dezembro (período seco) e não houve correlação significativa entre precipitação e os eventos fenológicos observados. As variedades possuem inflorescências terminais, flores hermafroditas, actinomorfas, que foram visitadas por espécies de Hymenoptera, Diptera e Lepidoptera, sendo as abelhas as mais frequentes. Ambas variedades são auto-incompatíveis e frutos resultantes de polinização cruzada apresentaram características semelhantes em relação àqueles formados por polinização natural. Similarmente ao observado para macadâmia, as variedades apresentaram baixa eficiência reprodutiva e limitação polínica. Esses resultados podem ser resultado da aplicação semanal de pesticidas, que podem causar abscisão floral e reduzir as populações de polinizadores (e, conseqüentemente, a formação de frutos).

**Palavras chaves:** biologia reprodutiva; macadâmia; polinização; Proteaceae; Rutaceae; sistema reprodutivo; tangelo.

## ABSTRACT

Phenology and reproductive biology assist in understanding the requirements of plants grown for the formation of fruits and seeds as well as in the management of pollinators when needed. This study aims to investigate the phenology and the reproductive biology *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) and the tangelos Nova and Lee in the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), the municipality of Brejão (PE). The vegetative and reproductive phenophases of *M. integrifolia* (n = 7), tangelo Nova (n = 6) tangelo Lee (n = 6) were followed every two weeks from July / 2014 to June / 2015. The intensity of flowering and fruiting were estimated, the pattern of flowering was described and the correlation between rainfall and the occurrence of phenophases was tested. The investigation of the floral biology included analysis of anthesis period, stigmatic receptivity, as well as pollen and nectar availability. The reproductive system was determined by means of controlled pollination in the field. The floral visitors and their frequency of visits were determined by means of focal observations. The results are distributed in two chapters: The first one regarding *M. integrifolia* and the second one regarding the tangelos. In the first chapter the phenological events were not influenced by rainfall. Lepidopterans, himenopterans and dipterans were the most frequently observed visitors, which visited in low frequency. The species is self-compatible, had low fruit set, low reproductive efficiency and pollen limitation. In the second chapter, the varieties showed similar phenological patterns. Flowering occurred three times, with a peak in December (dry period), and there was no significant correlation between precipitation and analyzed phenological phases. The varieties have terminal inflorescences, hermaphroditic, actinomorphic flowers that were visited by Hymenoptera, Diptera and Lipidoptera species; bees were the most frequent. Both plants are self-compatible and the fruits resulted from and the fruits resulted from cross-pollination has similar to those resulted from the natural pollination. Pollen limitation and a low reproductive efficiency were observed, a result that may be related to the frequent pesticide spraying. These compounds may cause floral abscission and reduce pollinators' populations (and, consequently, fruit set), especially in plants that need pollinators to.

**Keywords:** Reproductive biology; pollination; Proteaceae; Rutaceae; breeding system; tangelo.

## INTRODUÇÃO

Requerimentos reprodutivos de plantas constituem aspectos da sua biologia reprodutiva, ou as necessidades para a formação de frutos e sementes, sendo um termo geralmente utilizado em estudos com espécies cultivadas (Silva, 2013). Incluem dados de fenologia, sistemas sexual, reprodutivo e de polinização. Plantas hermafroditas, autocompatíveis ou que produzem frutos por autopolinização espontânea (ou seja, sem a presença de um polinizador), por exemplo, dependem menos de polinizadores em relação a plantas com sistema sexual dióico, autoincompatíveis e polinizadas por animais (Endress, 1994; Silva, 2013). A investigação dos requerimentos reprodutivos representa, assim, um importante passo para o conhecimento do status produtivo de uma cultura em uma determinada região. Tais dados são essenciais para saber se o potencial produtivo da espécie cultivada (relacionado à reprodução) está atingindo seu máximo ou se intervenções devem ser realizadas, tais como o manejo de polinizadores (Yamamoto et al., 2014).

A polinização constitui um elemento chave na produção agrícola (Imperatriz-Fonseca et al., 2012; Imperatriz-Fonseca; Nunes-Silva 2010; Witter; Blochtein, 2003), quer seja possibilitando novas combinações de fatores hereditários e/ou aumentando a produção de frutos e sementes (Couto; Couto, 2002). Estudos realizados no Brasil e no mundo comprovam a importância da reprodução sexuada via polinização biótica na obtenção da produção de frutos e sementes em maior quantidade e qualidade (Chacoff; Aizen, 2006; Malerbo et al., 2003; Morgado et al., 2002; Papadakis et al., 2009; Rodrigues, 2012).

A polinização em cultivos agrícolas depende do manejo da cultura (uso de pesticidas, incremento de polinizadores) e da qualidade dos habitats adjacentes (Klein et al., 2003). A crescente redução e alteração dos ecossistemas naturais e o uso inadequado de pesticidas tem causado a redução das populações de polinizadores em todo o mundo e, conseqüentemente, da produtividade agrícola em muitas culturas (Bhatia et al., 1995; Moreti et al., 1996; Vaissiere et al., 1996; Collevatti et al., 1997; Ish-Am; Eisikowitch, 1998; Collevatti et al., 2000; Vicens; Bosch, 2000; Potts et al. 2010). As estratégias de manejo de polinizadores consistem em aumentar a frequência de visitas dos polinizadores na cultura, aumentando assim a produtividade da cultura.

A macadâmia (*Macadamia integrifolia*, Proteaceae) é uma espécie arbórea originária da Austrália (Neal et al., 2010) que produz frutos do tipo folículo com uma semente (Trueman, 2013), da qual se extrai uma castanha com propriedades medicinais (Venkatachalam; Sathe, 2006). Nos últimos quatro anos essa cultura vem sendo considerada como alternativa de investimento ou fonte de diversificação de renda em propriedades rurais dos estados da Bahia,

Espirito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo em função da crescente demanda do mercado externo e da consolidação das processadoras e exportadoras brasileiras (De Villiers, 2003; Penoni, 2011).

Embora haja uma crescente demanda na produção de macadâmia, a maioria dos estudos desta cultura focam exclusivamente a produção, o armazenamento e as qualidades organolépticas da castanha (Borompichaichartkul, 2009; De Villiers, 2003; Entelmann, 2010), e poucos investigam seus requerimentos reprodutivos. Sabe-se que é hermafrodita (Trueman, 2013), autocompatível (Collins et al., 2008) e possui sistema de polinização generalista, sendo polinizada por uma grande diversidade de insetos, dentre eles coleópteros, dípteros, hemípteros, heterópteros, himenópteros, lepidópteros e neurópteros (Paulino et al., 2003; Trueman, 2013). Os himenópteros e lepidópteros são os mais frequentes (Francke et al., 1969; Gamito; Malerbo-Souza, 2006; Malerbo-Souza et al., 2003).

Os citros híbridos tangelo Nova [*Citrus clementina* hort. ex Tanaka x (*C. paradisi* Macfad. X *Citrus tangerina* hort. ex Tanaka)] e tangelo Lee (*C. paradisi* Macf. x *C. tangerina* Hort. ex-tan.) constituem uma boa opção aos citricultores brasileiros, pois possuem um mercado interno crescente e boas perspectivas de exportação em função de sua baixa quantidade de sementes, além da produção ocorrer na entressafra do hemisfério norte (Ferraro, 2006). O gênero *Citrus* já foi bastante estudado em relação à sua biologia reprodutiva (especialmente de laranjas), no entanto pouco se sabe sobre a reprodução de tangerinas e tangelos. De maneira geral, sabe-se que possuem grande disponibilidade de néctar (Malerbo-Souza; Halak, 2013) e pólen viscoso e aderente, características importantes para a polinização entomófila geralmente observada (Toledo et al., 2013). São polinizados por grande diversidade de insetos, tais como coleoptera, diptera, himenoptera, lepidoptera e neuroptera (Free, 1993), sendo os himenópteros os visitantes mais frequentes. Gamito e Malerbo-Souza (2006) constataram que *Apis mellifera* é a espécie polinizadora mais frequente na região de Bebedouro, estado de São Paulo e apresenta preferência em coletar mais néctar do que pólen. São autoincompatíveis (Soler-Aznar, 1999) e produzem frutos sem semente quando cultivados isoladamente, porém quando plantados próximos a variedades compatíveis pode produzir frutos com sementes (Soler-Aznar, 1999). Há diversas questões a serem investigadas, tais como sua biologia floral, sistema sexual e eficiência de polinização. O gênero apresenta uma taxonomia muito complexa, principalmente com relação ao número de espécies e híbridos que o constituem (Bastianel et al., 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os requerimentos reprodutivos de *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche, tangelo Nova [*Citrus clementina* hort. ex Tanaka x (*C. paradisi*

Macfad. X *Citrus tangerina* hort. ex Tanaka)] e tangelo Lee (*C. paradisi* Macf. X *C. tangerina* Hort. ex-tan.) no agreste pernambucano.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **Importância da polinização em culturas agrícolas**

A polinização é um fator imprescindível na produção de muitas culturas agrícolas, estando aliada a técnicas que são aprimoradas a fim de melhorar cada vez mais o manejo agrícola (Trindade et al., 2004). A disponibilidade e abundância de polinizadores são fatores importantes nos sistemas de produção (Oliveira; Schlindwein, 2009).

Flores bem polinizadas apresentam mais chance de fecundidade dos óvulos, contribuindo para a formação de frutos com melhor qualidade (Williams et al., 1991). Além disso, a polinização reduz as chances de mal formação do fruto, aumentam o teor de óleos e outras substâncias dos frutos, reduz o ciclo biológico de certas culturas e ainda padroniza o amadurecimento dos frutos, diminuindo perdas na colheita (Ricketts et al., 2008; Williams et al., 1991).

Através de estudos relacionados à polinização são obtidas informações relevantes, quanto ao manejo adequado para a cultura, esses conhecimentos são repassados aos produtores, permitindo assim um adequado planejamento na implantação dos pomares tendo por objetivo a obtenção de frutos com melhor qualidade e com baixo número de sementes (Azevedo; Pio, 2001). Assim, aumentando a produção, tornando-a de melhor qualidade e obtendo melhores lucros no período de venda.

Na Europa, a Espanha apresenta tradição em produzir frutos de mesa, pesquisadores elaboram gráficos de polinização, mostrando os prováveis resultados de cruzamento entre variedades, quanto ao número de sementes ou ausência das mesmas (Azevedo; Pio, 2001), contribuindo diretamente no manejo e produção das culturas.

Esses estudos mostram que a polinização por abelhas pode aumentar em 31% a fixação de frutos cítricos (Ferraro et al., 2006). O Departamento de Agricultura – Western Australia (2004), relatou que na China, há um aumento na produção de tangerinas de 10 a 15% devido à presença de abelhas e no Brasil 99,4% das flores de laranjeira Natal são visitadas por abelhas durante o florescimento.

Há relatos sobre a contribuição dos estudos de polinização que melhoraram a forma do manejo na produção em diversas culturas de variedades de tangerina com importância comercial, como Daisy na África do sul (Barry et al., 1995) do tangor Murcott em Israel (Lupo et al., 1990) e na Austrália (Wallace; Lee, 1999) e o tangelo Nova, na Espanha (Bono

et al., 1989), e outras culturas como, abóbora (Vidal, 2000), as quais flores que não receberam visitas dos insetos não produziram frutos, em frutos oriundos de flores que receberam 2, 4, 8, 16 visitas e livre visitação, a porcentagem de frutificação foram de 5,5, 15, 55 e 38% respectivamente. Os resultados mostram que a visita das abelhas nas flores aumenta a produção dos frutos (Nicodemo; Nogueira-Couto, 2002), berinjela (Avila; Marchini, 2005). No tratamento com flores impedidas de visitação por insetos apenas 22,64% produziram frutos, enquanto que em tratamento livre a visitação de insetos houve produção de 92,45%. Não há produção de frutos comercialmente viáveis sem a polinização, seja entomófila ou manual (Moraes-Filho, 2001). A presença de abelhas *A. mellifera* na cultura da canola variedade Hyola proporcionou um aumento significativo tanto no comprimento médio das siliquas, quanto na produção de sementes, sendo de 6,1% e 10,9%, respectivamente. Isso comprova que a polinização cruzada efetuada por abelhas é benéfica, mesmo em culturas com alto grau de auto-fecundação como a canola (Kotaka et al., 2004), assim como em outras culturas como Café (Fávero et al., 2000), cebola (Witter; Blochten, 2003) e girassol (Silva, 2000).

Abelhas são consideradas os principais polinizadores em ambientes naturais e agrícolas (Imperatriz-Fonseca; Nunes-Silva, 2010; Witter; Blochtein, 2003). Por apresentar estruturas corpóreas especializadas para coleta de recursos florais e uma grande área de forrageamento, as abelhas aumentam as chances de cruzamento entre flores (Imperatriz-Fonseca; Nunes-Silva, 2010).

*Apis mellifera* é considerado polinizador eficiente de muitas culturas, sendo indispensável sua presença para uma melhor produção (Witter; Blochtein, 2003). Segundo Heard (1999), abelhas da espécie *Trigona thoracica*, são polinizadores eficientes de culturas como coco (*Cocos nucifera*), carambola (*Averrhoa carambola*) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Slaa et al., (2006) afirmaram que os meliponíneos são polinizadores efetivos de dezoito culturas agrícolas, sendo fortes candidatos para o serviço de polinização.

Existem casos nos quais algumas abelhas solitárias realizam melhores serviços de polinização que as espécies sociais (Hogendoorn, 2004), como as pertencentes aos gêneros *Centris*, polinizadoras da aceroleira (*Malpighia glabra*), *Xylocopa* que polinizam o maracujazeiro (*Passiflora edulis*), e *Megachile* que polinizam a alfafa (*Medicago sativa*) (Camillo, 2003; Freitas et al., 1999).

Mesmo sendo imprescindíveis no serviço de polinização, as abelhas estão desaparecendo em ambientes naturais e cultivos agrícolas, acarretando redução na produção (Santos, 2010). A população de insetos nativos, responsável pela polinização de muitas

espécies vegetais, tem sido reduzida de maneira drástica devido a fatores antrópicos como desmatamento, queimadas e uso de pesticidas, aumentando a dependência de polinizadores com ampla distribuição e eficiência, como tem demonstrado ser a abelha do gênero *Apis* (Guedes et al., 2011; Potts et al., 2010; Santos, 2010).

Segundo Guedes et al. (2011), a cultura de acerola sofre uma drástica diminuição na produção em períodos secos do ano em que o déficit de polinizadores é alto, tendo aumento da frutificação por meio de polinização manual complementar.

No Brasil, um dos primeiros casos de desaparecimento de abelha foi detectado em 2008 na cidade de Brotas no estado de São Paulo, ocasião em que foram perdidas mais de duzentas colônias de abelhas africanizadas após pulverização aérea com o inseticida thiomethaxan em uma cultura de laranja (Imperatriz-Fonseca et al., 2012).

Pesquisas realizadas nos Estados Unidos a fim de avaliar os possíveis fatores de declínio das abelhas mostraram que a abundância relativa de quatro espécies diminuíram em até 96% nos últimos 20 anos, tendo essas populações em declínio níveis significantes de infecção por patógeno (Cameron et al., 2011).

Abelhas normalmente apresentam doenças, sendo as causas mais atribuídas até o momento para a perda de colônias, foram o contágio por ácaro (*Varroa destructor*), protozoário (*Nosema ceranae*), estresses causados pelo transporte a longas distâncias, ampla relação de vírus (APV-*Akute paralysis*, IAPV- *Israeli akute paralysis virus*, DWV *Deform wing virus*, etc) e pesticidas (Imperatriz-Fonseca et al., 2012).

Potts (2010) retrata o desaparecimento das abelhas em 18 países da Europa, sendo causados por diversos fatores, incluindo perda de habitat e mudanças climáticas, embora só exista evidências substancial do declínio generalizado nos serviços de polinização no Brasil, Kerr et al. (2005) apontam impactos causados por ação antrópica de melieiros eliminando quatro espécies de abelhas em Uberlândia: *Melipona rufiventris*, *Melipona bicolor*, *Melipona marginata* e *Cephalotrigona femorata*.

O Brasil sendo um dos principais produtores de alimentos do mundo busca não dispensar a participação das abelhas garantindo sua produção, tendo em vista que outros insetos polinizadores também estão sendo devastados progressivamente pela aplicação abrupta e cada vez mais intensa dos defensivos agrícolas (UFV, 1997).

### ***Macadamia integrifolia***

*Macadamia integrifolia* pertence à família Proteaceae. O gênero é composto por quatro espécies de árvores endêmicas das florestas tropicais e fronteiras de florestas subtropicais da

Austrália oriental (Mast et al., 2008; Shapcott; Powell, 2011), entretanto apenas as espécies *M. integrifolia* e *Macadamia tetraphylla* produzem nozes comestíveis e tem possibilidades de produção econômica. Apenas *M. integrifolia* é cultivada comercialmente e representa 90% da produção mundial, possuindo noz de melhor sabor, *M. tetraphylla* é mais utilizada como porta-enxerto (Brenes, 1983). Assim, a maioria das cultivares é da espécie *M. integrifolia* e menor número de *M. tetraphylla* e de híbridos interespecíficos (Cereda; Marchi, 1991).

Macadâmia é uma árvore de porte médio a grande, alcançando entre quinze e vinte metros de altura. O florescimento inicia-se no final do inverno (Moncur et al., 1985) com pico ocorrendo geralmente no início da primavera (Nagao et al., 1994; Trueman; Turnbull, 1994; Wallace et al., 1996; Wilkie et al., 2009).

Na época de floração as árvores de macadâmia chegam a produzir até 2500 racemos (McFadyen et al, 2011; Moncur et al., 1985; Moncur, 1988; Olesen et al., 2011). As flores em antese apresentam cerca de 15 mm incluindo o pedúnculo, suas anteras são curtas e anexadas na base do perianto em cada epipétala (Joubert, 1986). O pistilo é unicarpelar, ovário supero e apresenta estilete delgado com área estigmática claveforme (Wallace et al., 1992). O ovário contém dois óvulos ortotrópicos (Strohschen, 1986). O estilete começa a alongar e dobrar cerca de 6-7 dias antes da antese, a deiscência das anteras ocorre de 1-2 dias antes da antese (Sedgley et al., 1985). O grão de pólen é triaperturado e depositado em tufo em uma região abaixo do estigma (Wallace et al., 1992). Onde pode ser carregado pelos visitantes florais (Pisanu et al., 2009) Apresentação de pólen no estilete abaixo do estigma pode parecer ser uma adaptação para a auto-polinização, mas muitas espécies de Proteaceae também exibem protandria e auto-incompatibilidade (Collins et al., 2008; Goldingay; Carthew, 1998; Matthews; Sedgley, 1998).

Em macadâmia, a germinação do pólen não ocorre, até o segundo dia após a antese, o qual coincide com o desenvolvimento de uma secreção extracelular nas papilas estigmáticas (Wallace et al., 1992). O pólen coletado de flores um dia antes da antese germina no estigma de outras flores três dias após sua abertura, indicando que o pólen é maduro antes da antese, mas que o estigma ainda não está receptivo (Sedgley et al., 1985).

Os visitantes mais abundantes em pomares de macadâmia australianos são abelhas, embora uma grande variedade de outros grupos de insetos e algumas aves foram observados visitando suas flores (Blanche et al., 2006; Heard, Exley, 1994; Wallace et al., 1996), estudos realizados na Costa Rica demonstraram que as espécies *A. mellifera* e *Trigona carbonaria* são os principais insetos visitantes das flores de macadâmia (Heard, Exley, 1994).

Os frutos são globosos e de coloração verde escura, sendo a amêndoa envolta por uma casca de coloração castanha, que pode ainda variar em sua coloração, desde branco creme até tons amarelados (Sobierajski et al., 2007). Segundo Cereda e De Marchi (1991), *M. integrifolia* é noz só no sentido popular, porém botanicamente é classificada como folículo deiscente, produzindo geralmente uma só semente envolvida pelo pericarpo (carpelo), que se abre de um lado ao completar sua maturação, no entanto sem desprender-se na queda. Toledo Piza (2000) relata que o fruto possui um pericarpo de cor verde, usualmente chamado de carpelo. Envolvida pelo carpelo encontra-se a semente de coloração marrom brilhante, e no interior da semente está a amêndoa de cor creme. O autor relata ainda que a parte interna da semente (noz), denominada endosperma, é formada por uma amêndoa de consistência frágil, com alto teor de óleo a qual devidamente preparada é extremamente saborosa.

Essas nozes de *M. integrifolia* são consumidas em grande parte do mundo, tendo uma alta aceitação entre os consumidores (Marrocos et al., 2003). É considerada a mais saborosa entre as nozes comercializadas no mundo, sendo bastante utilizada na culinária, em especial, em fabricação de produtos doces. É conhecida como a mais rica em óleo, atingindo até 78% de óleo de alta qualidade, auxiliando no equilíbrio dos níveis de colesterol, além da presença de ácido palmitoléico (ômega 7), importante auxiliar na quebra de gorduras prejudiciais ao organismo (França, 2007).

Devido à ampla comercialização das nozes, sua distribuição se estendeu a outras regiões do mundo de climas semelhantes onde essas plantas conseguiram se estabelecer. Atualmente a espécie é cultivada extensivamente em plantações comerciais na África do Sul, Austrália, Brasil, Costa Rica, Havaí e Quênia, a maioria das cultivares foi derivada de programas de seleção na Austrália e Havaí que identificaram rendimento superior nas mudas das árvores (Hardner et al., 2009; Nagao; Hirae, 1992; Peace et al., 2003; Steiger et al., 2003; Stephenson; Gallagher, 2000). Na maior parte dos países produtores, a noz é destinada à exportação, com exceção dos Estados Unidos, que é o principal consumidor e que recorre ao mercado externo para suprir suas necessidades (Toledo Piza, 2000).

Pelo fato do Brasil apresentar condições ambientais tropicais, essa espécie desenvolve-se muito bem nos estados da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo, sendo esses responsáveis por 92% da produção nacional, estimada em 3.200 toneladas (Sobierajski et al., 2007). Embora tenha sido introduzida no Brasil na década de 1940, muitas técnicas empregadas à cultura são adaptações de pesquisas desenvolvidas em outros países, como Austrália e Estados Unidos, em condições edafoclimáticas diferentes (Sacramento; Pereira, 2003). Não há registo de plantações comerciais de *M. integrifolia* para o agreste

pernambucano, entretanto, o Instituto de Pesquisa Agronômica (IPA) apresenta uma coleção experimental com sete indivíduos na Estação Experimental de Brejão-PE, as quais se adaptaram bem ao clima encontrado para a região. O IPA busca investigar o potencial da região em produzir essa cultura.

Em 2008, o Brasil produziu 2,5 mil toneladas de noz e em 2010 a produção cresceu 71%, passando para 4,2 mil toneladas, cerca de 80% da produção brasileira é exportada (Portal agronegócio, 2011). Nos últimos quatro anos no Brasil, esta frutífera vem sendo considerada como alternativa de investimento ou fonte de diversificação de renda, em função da crescente demanda do mercado externo pelo produto e consolidação das processadoras e exportadoras brasileiras neste mercado, muitos estudos têm contribuído significativamente com informações viáveis à produção e armazenamento de frutos (Penoni, 2011).

Em São Paulo, a maioria dos produtores pertence à Associação Brasileira de Noz Macadâmia (ABM) fundada em 1991. Grande parte da produção é vendida para a beneficiadora Queen Nut Macadâmia, localizada no município de Dois Córregos-SP, com capacidade média de beneficiamento de 2.000 toneladas/ano, mas também podem ser beneficiadas, quando em menor escala, em unidades com estruturas enxutas, com produção voltada para abastecer o mercado interno. Há também no município de Uchoa-SP, uma pequena empresa instalada para a extração do óleo da macadâmia para fins farmacêuticos e alimentares, que comercializa ao mês aproximadamente 150 litros do óleo (Sobierajski et al., 2007).

O desempenho produtivo das mais diversas cultivares disponíveis no mercado brasileiro em nível comercial é desconhecido (Penoni, 2011). Estas cultivares vem sendo avaliadas em pomares comerciais, advindas de introduções ou como as geradas em programas de melhoramento genético do IAC (Penoni, 2011). Dependendo da cultivar e espaçamento, estima-se que em pomar, em plena produção (após doze anos de plantio), seja colhido entre 30 e 40 kg de noz/árvore (Almeida Neto, 1991).

Segundo Entelmann (2010), o espaçamento recomendado para a cultura é de 8 x 6 m, o que promove densidade de 210 plantas/ha, e estimando a produção média de 30 kg de noz por planta aos 15 anos de cultivo, o rendimento produtivo de um hectare pode chegar a 6.300 kg. Algumas cultivares podem apresentar baixa produtividade, mas alta taxa de retorno (Squinca et al., 2003).

A fase de pós-colheita da macadâmia é de extrema importância, pois influencia diretamente na qualidade (percentagem de amêndoas inteiras, teor de óleo e açúcar) do

produto e, conseqüentemente, na taxa de retorno, que definirá o preço no mercado, que é cotado em dólar (Pimentel et al., 2007).

Em estudo comparativo entre a noz macadâmia paulista e a noz norte americana, Martin (1992) conclui que somente os produtores que obtêm rendimento acima de 4.000 kg/ha, e produto de qualidade intermediária (taxa de retorno acima de 23%), conseguem rentabilidade financeira acima de 20%. Desse modo, pode-se inferir que a qualidade é fator decisivo na viabilidade econômica dessa atividade.

### **O tangelo Nova e tangelo Lee**

O tangelo Nova [*Citrus clementina* hort. ex Tanaka x (*C. paradisi* Macfad. X *Citrus tangerina* hort. ex Tanaka)] é um híbrido entre a clementina Fina (*Citrus clementina* hort. ex Tanaka) e o tangelo Orlando (*C. paradisi* Macfad. x *Citrus tangerina* hort. ex Tanaka), obtido por F. C. Gardner e J. Bellows na Flórida, em 1942 (Bono et al., 1989). É uma variedade comercial importante na Espanha e em Israel, conhecida pelas denominações de Clemenvilla e Suntina, respectivamente (Saunt, 1990). Os produtores do Marrocos a exportam com o nome de Sol Brillhante (Castañer, 1995).

O tangelo Lee (*C. paradisi* Macf. x *C. tangerina* Hort. ex-tan.) também é um híbrido do tangelo Orlando. Na Turquia, Demirköser et al. (2001), constataram que a polinização de variedades como tangelos Orlando e Minneola e tangelo Lee em tangelo Nova favorecem o aumento do número de sementes por fruto, afetando negativamente suas qualidades.

As plantas de ambas as variedades são muito semelhantes, apresentam porte médio a grande, são vigorosas, bem desenvolvidas e frondosas. Possuem hábito de crescimento aberto e muitas características do grupo das clementinas, em geral seus ramos não possuem espinhos, suas folhas são de cor verde claro, de tamanho médio a grande, lanceoladas e com um curto pecíolo, são variedades auto-incompatíveis com floração ocorrendo de forma abundante e de uma só vez (Soler-Aznar, 1999).

O florescimento de espécies de citros inicia-se geralmente após o período vegetativo da planta, quando as condições térmicas e hídricas são favoráveis (Davies; Albrigo, 1994). Em *Citrus sinensis*, a tendência é de florescer uma vez ao ano, condição que pode ser alterada por fatores climáticos (Figueiredo, 1991). Entretanto, a época de florescimento é fortemente influenciada pelas condições de temperatura e precipitação (Toledo et al., 2013).

As flores em antese dos tangelos Lee e Nova apresentam cálice fusionado contendo cinco sépalas, corola evidente (de 2,5 a 4 cm de diâmetro) contendo cinco pétalas, brancas. O androceu contém entre 12-20 estames parcialmente unidos na base formando uma estrutura

que envolve o estilete e produz pólen abundantemente (Toledo et al., 2013). A produção de pólen em citros varia entre espécies, não sendo considerada como boa fonte de pólen (Mc Gregor, 1976). De acordo com Malerbo-Souza et al. (2003), os grãos de pólen de *C. sinensis* contêm 19,63% e 1,91% de teor de proteína bruta e extrato etéreo, respectivamente.

O ovário é súpero contendo de 8-15 carpelos, cada um com duas fileiras de óvulos e com um disco nectarífero em sua base (Sanford, 2011; Toledo et al., 2013). As flores abrem principalmente das 9 horas às 16 horas, com um pico próximo ao meio dia e não fecham até as pétalas caírem poucos dias depois. O estigma se torna receptivo antes do botão se abrir, mas os estames não liberam o pólen até algumas horas depois da flor estar completamente aberta (Pesson; Louveaux, 1984). Segundo Malerbo-Souza e Halak (2013), a antese em citros dura em média 25 horas.

A secreção do néctar ocorre durante toda a antese e continua por pelo menos 48 horas após a abertura da flor (Mc Gregor, 1976), atingindo seu auge quando a temperatura chega a 28°C e a umidade relativa do ar em torno de 96% (Free, 1993). O volume de néctar é abundante, cerca de 20 µL (Pesson; Louveaux, 1984). A concentração de açúcares no néctar de *C. sinensis* aumenta ao longo do dia nos Estados Unidos (Vansell; Griggs 1952). No Brasil o néctar do papo de operárias de *A. mellifera* possui média de 26,5%, em 1988, e 29,8% em 1989, (Malerbo-Souza et al., 2003), obtendo maior porcentagem na variedade Natal.

Os frutos do tangelo Nova são de tamanho médio e forma achatada (Soler-Aznar, 1999). Casca lisa, coloração laranja-avermelhada, muito atrativo, porém aderente, o que dificulta o ato de descascar, mas facilita o transporte a longas distâncias (IAC, 2003), já os frutos do tangelo Lee lembra um pouco uma laranja em tamanho e forma e assemelha-se muito com o tangelo Orlando, os frutos desta variedade contêm médio e elevado teor de sólidos, é bastante baixo em ácidos que contribui no desenvolvimento de boa cor da casca. A elevada proporção de sólidos de ácidos produzidos no fruto deixa o sabor muito doce, os frutos podem ser facilmente descascados (IAC, 2003).

Wafa e Ibrahim (1960) mostraram um aumento de 31% na produção de frutos em laranjeiras visitadas pelas abelhas, com 22% de aumento no peso dos frutos, 33% de aumento na quantidade de suco e 36% de aumento no número de sementes. Outros estudos avaliando a polinização da cultura da laranja (*C. sinensis*) e pomelo (*C. paradise*) constaram que *A. mellifera* foi o visitante floral mais frequente (Chacoff; Aizen, 2006; Malerbo-Souza et al., 2003). No Brasil, a polinização em tangelo Nova não desenvolveu frutos partenocárpicos. Na polinização cruzada foi observado de 20 a 23 sementes por fruto o que mostra a influência da

polinização nas características dos frutos, contudo não foi observada diferença significativa na qualidade do fruto (Ferraro et al., 2006).

Através de testes do sistema reprodutivo em pomelo (*C. paradise*) na Argentina, foi constatado que a polinização por insetos representa-se como recurso limitante que se encontra em estado crítico (Chacoff; Aizen, 2006). Na Grã-Bretanha e Holanda também foram encontradas evidências de declínios em diversidade de abelhas locais após estudos realizados antes e depois de 1980 (Biesmeijer et al., 2006).

Os cítricos são os frutos mais produzidos no mundo. Nesse grupo se incluem as laranjas (58%), as tangerinas e híbridos (21%), limões e limas (11%) e *grapefruit* ou pomelos (4%), entre outros. O Brasil, Estados Unidos e a China são os países responsáveis por mais de 46% da produção mundial de citros e, juntos com México e Espanha formam os cinco maiores produtores do mundo (FAO, 2011).

No Brasil, os cítricos ocupam lugar de destaque dentre as diversas culturas agrícolas, devido ao seu grande valor de exportação e à sua importância social, pois gera grande número de empregos e permite que pequenos proprietários permaneçam com suas famílias vivendo no campo.

A produção mundial de tangerinas está por volta de 13.900 mil toneladas, sendo a China o maior produtor (50%). O Brasil produziu 1.304 mil toneladas na safra de 2003, sendo a metade no Estado de São Paulo (FNP, 2006). O principal Estado produtor é São Paulo, com 658 mil toneladas, seguido pelo Paraná e Rio Grande do Sul (FNP, 2006). De acordo com Pompeu Júnior (2001), a distribuição das principais variedades dentro do grupo das tangerinas no Estado de São Paulo é a seguinte: Ponkan 60%, Murcott 20%, mexericas 15% e outras tangerinas 5%.

As exigências do mercado internacional são de frutas sem sementes. No Brasil, as pesquisas sempre estiveram voltadas para a citricultura de indústria, em detrimento da citricultura de mesa. Entretanto, com a importação de frutos vindos da Espanha e do Uruguai, onde a característica da apirenia figura entre as mais importantes, abre-se no país a possibilidade de pesquisa, produção e exportação desse tipo de variedade. Isso deverá incentivar o estudo de novas tangerinas e híbridos, no sentido de produzir frutos com alta qualidade e com poucas sementes.

Assim, o plantio de outros tipos de tangerinas, como o tangelo Nova, surge como boa opção aos citricultores quando produzidas com tecnologia, pois possuem um mercado interno crescente e boas perspectivas de exportação em função de sua produção ocorrer na entressafra do hemisfério norte.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA NETO, J. T. P. A colheita e o beneficiamento da macadâmia. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Ed.). **Macadâmia: tecnologia de produção e comercialização**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, p. 131-147, 1991.
- AVILA, M. D.; MARCHINI, L.C. Polinização realizada por abelhas em culturas de importância econômica no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, N. Odessa, v.62, n.1, p.79-90, 2005
- AZEVEDO, F.A.; PIO, R.M.; Estudo da Polinização na Redução do Número de Sementes do Tangor 'Murcott'. **LARANJA**, Cordeirópolis, v.23, n.2, p.489-497, 2002
- BARRY, G.H.; ESSELEN, L. Daisy mandarin is self-compatible. **Citrus Journal**, África do Sul, v.5, n.5, p.24, 1995.
- BASTIANEL, M. et al. Caracterização de genótipos de Citrus spp. através de marcadores RAPD. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.5, p.763-768, 2001.
- BHATIA, R., et al. Relative abundance of insect visitors on flowers of major subtropical fruits in Himachal Pradesh and their effect on fruit set. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, 65:907-912 pp. 1995
- BIESMEIJER, J. C. Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. **science** v. 313 p. 21, 2006.
- BLANCHE, K.R., et al. Proximity to rainforest enhances pollination and fruit set in orchards. **Journal Applied Ecology**. v.43, p.1182-1187, 2006.
- BONO, R. et al. Behavior of 'Nova' mandarin in Spanish conditions. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 6., Telaviv. **Proceedings...** Telaviv: ISC, 1988. v.1, p.101-106. 1988.
- BOROMPICHAICHARTKUL, C. et al. Improving quality of macadamia nut (*Macadamia integrifolia*) through the use of hybrid drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 93, p. 348-353, 2009.
- BOYTON, S.J.; HARDNER, C.M. Phenology of flowering and nut production in macadamia. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.575, p.381-387, 2002.
- BRENES, G.C. **El cultivo de la macadamia**. San Jose: Editorial Cafesa, 983. p.75 1983.
- CAMILLO, E. **Polinização do maracujá**. Ribeirão Preto: Holos, p.44, 2003.
- CAMERON, S.A. et al. Patterns of widespread decline in North American Bumble Bees. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108 p.662-667, 2011.
- CASTAÑER, M. A. **Producción de agrios**. Madrid, Mundi-Prensa, 1.ed., 286p., 1995.

CEREDA, E.; MARCHI, M. Botânica e caracterização da noqueira macadâmia. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Ed.). **Macadâmia: tecnologia de produção e comercialização**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, p.05-28, 1991.

CHACOFF, N. P.; M. A. AIZEN. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. **Journal of Applied Ecology** n.43 p18–27, 2006.

COLLEVATTI, R.G. et al. Role of pollinators in seed set and a test of pollen limitation hypothesis in the tropical weed *Triumfetta semitriloba* (Tiliaceae). **Revista de Biologia Tropical**, v.45 p.1401-1407, 1997.

COLLEVATTI, R.G. Foraging behavior of bee pollinators on the tropical weed *Triumfetta semitriloba*: Flight distance and directionality. **Revista Brasileira de Biologia**. n.60 p.29-37, 2000.

COLLINS, B.G. et al. Floral development and breeding systems of *Dryandra sessilis* and *Grevillea wilsonii* (Proteaceae). *Australian Journal of Botany*. v. 56, p119–130, 2008.  
COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, p.191, 2002.

DAVIES, F. S.; ALBRIGO, L. C.. **Citrus**. Wellingford, Cab International, p.245, 1994.

DEMIRKESER, T. H. The effects of self and crosspollination on the fruit set and quality of Nova mandarin. In: International Congress of Citrus Nurserymen, 6, Ribeirão Preto, **EECB/Fundecitrus**, p.305-308, 2001.

DE VILLIERS, E. A.; JOUBERT, P. H. **The cultivation of Macadamia**. Nelspruit: Institute for Tropical and Subtropical crops, p.198, 2003.

ENDRESS, P.K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge University Press, Cambridge. 1994.

ENTELMANN, F. A. Macadâmia: noz de alto valor agregado no mercado. **Jornal da Fruta**, Lages, n. 227, p. 7, 2010.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in: **Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use**, food and agriculture organization of the united nations, rome 2011.

FÁVERO, A.C. et al. Polinização entomófila em duas variedades de café (*Coffea arabica* var. Mundo Novo e var. Catuaí Vermelho). In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 4., Ribeirão Preto, 2000. **Anais...** FFCL, Ribeirão Preto-SP, p.342, 2000.

FERRARO, A.E. **Influência da polinização de variedades cítricas comerciais no número de sementes e nas qualidades organolépticas de tangelo nova**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em agricultura tropical e subtropical) - Instituto Agrônomo, Campinas, São Paulo, 2006.

FERRARO, A.E. et al. Influência da Polinização com Variedades de Laranja-Doce Sobre o Número de Sementes de Tangelo Nova. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 2, p. 244-246, 2006.

FIGUEIREDO, J.O. Variedades copa de valor comercial. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO, A.A. **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, p.228-264, 1991.

FNP AGRIANUAL 2006 – Anuário da Agricultura Brasileira. Citros – tangerina. FNP Consultoria & Comércio, M&S Mendes & Scotoni. São Paulo, Aros Comunicação, 2006.

FRANÇA, B. H. C., **Dossiê técnico: Macadâmia - cultivo e produtos derivados REDETEC** Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2007, 20p. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>, Acesso em: 24 maio 2015.

FREE, J. B. Insect pollination of crops. New York, **Academic Press**, p.544, 1993.

FREITAS, B.M. et al. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.133, p.303-311, 1999.

GAMITO, L. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. Visitantes florais e produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Acta Scientiarum Zootechny**, v. 28, p. 483-488, 2006.

GOLDINGAY, R.L., CARTHEW, S.M. Breeding and mating systems of Australian Proteaceae. **Australian Journal of Botany**. v.46, p.421-437, 1998.

GUEDES, R.S. et al. Déficit de polinização da aceroleira no período seco no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Fruticultura** v.33 n.(2), p.465-471, 2011.

HARDNER, Craig. et al. Genetic Resources and Domestication of Macadamia. In: JANICK, J. (Ed.). **Horticulture Reviews**. Wiley and Sons, v.35, p.1-128, 2009.

HEARD, T.A., The role of stingless bees in crop pollination. **Annual review of entomology** v. 44, p.183-206, 1999.

HEARD, T.A., EXLEY, E.M. Diversity abundance and distribution of insect visitors to macadamia flowers. *Environ. Entomol.* V.23, p.91-100, 1994

HOGENDOORN, K. On promoting solitary bee species for use as crop pollinators in greenhouses. In: FREITAS, BM; PEREIRA, J.O.P. (Eds.) **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária, p.213-221, 2004.

IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO. Tangelo Nova IAC 1583 – Variedade para citricultura de mesa. Campinas. Instituto Agrônômico (Folder), 2003.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. et al. Polinizadores e Polinização – um Tema Global. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. et al. (orgs). **Polinizadores no Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, cap.1, p.25-35. 2012.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NUNES-SILVA, P. Bees, ecosystem services and the Brazilian Forest Code. **Biota Neotropical** v.10 n.(4) 2010.

ISH-AM,G.; EISIKOWITCH,D. Low attractiveness of avocado (*Persea Americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.73 p.195-204, 1998.

JOUBERT, A.J., Macadamia. In: Monselise, S.P. (Ed.), **Handbook of Fruit Set and Development**. CRC Press, Boca Raton FL, pp. 247–252, 1986.

KERR W.E. et al. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Mensagemdoce**. v.52 n.80 p 46-60, 2005.

KLEIN, A.M. et al. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London (B)*: n.270 p.955-961, 2003.

KOTAKA, C.S. et al. Polinização por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em cultura de canola (*Brassica napus* e *B. campestris*, Cruciferae) na região de Maringá, PR. 2004. **Internet**. <http://www.sbz.org.br/anais2000/Pequenos/161.pdf>.

LUPO, A. et al. Pollination in Murcott cultivar of *Citrus* (Rutaceae), the influence on seed number and productivity. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POLLINATION, 6. Tilburg. **Proceedings...** Tilburg: Netherlands, 1990. p.27-31,1990.

MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A.L.; Efeito da interação abelha-flor na produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Zootecnia Tropical.**, v.31 n(1) p. 78-93, 2013.

MALERBO-SOUZA, D.T. et al. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, n.4, p.237-242. 2003.

MARROCOS, P. C. L. et al. Interação P x Fe em mudas de macadâmia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 323-325, 2003.

MARTIN, N. B. Análise do potencial de competição da produção da noz macadâmia em São Paulo e no Havaí. **Informações Econômicas**, v.22, n.10, p. 9-53, 1992.

MAST, A.R., et al. A smaller Macadâmia from a more vagile tribe: inference of phylogenetic relationships divergence times, and diaspora evolution in Macadâmia and relatives (tribe Macadamieae; Proteaceae). **American Journal of Botany**. v.95, p.843–870, 2008.

MATTHEWS, M.L., SEDGLEY, M., Breeding system of *Dryandra quercifolia* and *D. formosa* (Proteaceae). **Australian Journal of Botany**. v. 46, p439–452. 1998.

MCFADYEN, L. Postpruning shoot growth increases fruit abscission and reduces stem carbohydrates and yield in macadamia. **Annal Botanical**. v.107, p.993–1001, 2011.

- MONCUR, M.W. Floral Development of Tropical and Subtropical Fruit and Nut Species. **CSIRO**, Melbourne, Australia, 1988.
- MONCUR, M. W. et al. Floral developmednt of *Macadâmia integrifolia* Maiden & Betche under Australian conditions. **Scientiae Horticulturae**, n. 27 p. 87-96, 1985.
- MORAES-FILHO, J.R. **Polinização entomófila em berinjela (*Solanum melongena* L.) e coentro (*Coriandrum sativum* L.)**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2001.
- MORETI, A.C. et al. Aumento na produção de sementes de girassol (*Helianthus annuus*) pela ação de insetos polinizadores. **Scientia Agricola**, n. 53 p.2-3, 1996.
- MORGADO, L.N. et al. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthusannuus* L., em Lavras- MG. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.26, n.6, 2002.
- NAGAO, M.A., Hirae, H.H. Macadâmia: cultivation and physiology. **Critical Reviews in Plant Sciences**. v.10, p.441–470.1992.
- NAGAO, M. A. et al. Flowering, nut set and premature nut drop of macadâmia, Hawaii Macadâmia Nut Assc. 28 th **Annual Proccedings**. p. 54, 1988.
- NEAL, J.M. et al. Population demography and fecundity do not decline with habitat fragmentation in the rainforest tree *Macadamia integrifolia* (Proteaceae). **Biological Conservation**, n.143, p2591-2600. 2010.
- NICODEMO, D.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Biologia floral, insetos visitantes e o efeito das visitas das abelhas *Apis mellifera* nas flores de moranga (*Cucurbita máxima* Duch.) quanto a produção de frutos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14., Campo Grande, 2002 . **Anais...** p. 4 Campo Grande, MS: 2002.
- OLESEN, T., HUETT, D., SMITH, G., 2011. The production of flowers, fruit and leafy shoots in pruned macadamia trees. **Functional Plant Biology** v.38, p.327–336.
- OLIVEIRA, R.; SCHLINDWEIN, C. Searching for a manageable pollinator for Acerola orchards: the solitary oil-collecting bee *Centrisanalis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **Jornal Economic Entomology**. v. 102 n.(1), p.265– 273, 2009.
- PAULINO, F.D.G. et al. Comportamento forrageiro de *Apis mellifera* L. 1758 em panículas da noqueira macadâmia (*Macadamia integrifólia* Maiden & Betche), **Revista Ciência Agronômica**, v. 34 n.1 p5-10, 2003
- PEACE, C.P., et al. A genetic map of macadâmia based on randomly amplified DNA fingerprinting (RAF) markers. **Euphytica** n.134, p.17–26, 2003.
- PENONI, E. S. **Caracterização produtiva física e química de cultivares de noqueira-macadâmia**. 2011. 71f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- PESSON, P.; LOUVEAUX, J. Pollinisationet productions végétales. Paris: **INRA**, p.663, 1984.

- PIMENTEL, L. D. Estudo de viabilidade econômica na cultura da noz macadâmia no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 500- 507, 2007.
- PISANU, P.C. et al. Reproduction in wild populations of the threatened tree *Macadamia tetraphylla*: interpopulation pollen enriches fecundity in a declining species. **Biotropica** 41, 391–398. 2009.
- POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers **Trends in Ecology and Evolution** v.25 n.6, 2010.
- POMPEU JR., J.; AMARO, A.A. **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, p.228-264. 2001.
- RICKETTS, T.H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*, v.11, p499-515, 2008.
- RODRIGUES, A. E. Polinização de *citrus* In: Terceira Semana dos Polinizadores. (3: 2010. Petrolina, PE) Palestras e resumos / Terceira Semana dos Polinizadores / editora técnica, Márcia de Fátima Ribeiro.--- Petrolina: **Embrapa Semi-árido**, 2012.
- SANTOS, A.B. Native bees: declining pollinators. **Natureza on line**, v.8 n.3 p. 103-106, 2010.
- SANFORD, M.T. Pollination of Citrus by Honey Bees. one of a series of the Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, **Institute of Food and Agricultural Sciences**, University of Florida. 2011.
- SEDGLEY, M., et al. A developmental study of the structure and pollen receptivity of the macadamia pistil in relation to protandry and self-incompatibility. *Botanical Gazette* n.146, p.6–14, 1985.
- SHAPCOTT, A., POWELL, M. Demographic structure, genetic diversity and habitat distribution of the endangered Australian rainforest tree *Macadamia janseni* help facilitate an introduction program. **Australian Journal of Botany** n.59, p.215–225, 2011.
- SLAA, E.J. et al. Stingless bees in applied pollination practice and perspectives. **Apidologie**, Paris, v.37, p.293-315, 2006.
- SILVA, E.C.A. da. Polinização em culturas anuais: soja, girassol e feijão. Palestra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13., Florianópolis, 2000. **Anais...** Florianópolis: 2000. (CD-ROM).
- SILVA, N.N.A. **Fenologia, biologia reprodutiva e exigência térmica da uva ‘Isabel’ (*Vitis labrusca* L., VITACEAE) e a influência da vegetação nativa na polinização e na produção de frutos**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife, 2013.

SOBIERAJSKI, G. R. et al. Caracterização dos estágios fenológicos em sete cultivares e seleções de noqueira-macadâmia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 690-694, 2007.

SQUINCA, A. F. R. et al. Avaliação econômica da produção e comercialização da noz-macadâmia no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO INTER. DE ECONOMIA E GESTÃO DE REDES AGROALIMENTARES, 4., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: USP. p. 1-10, 2003

STEIGER, D.L. et al. Genetic relationships of macadâmia cultivars and species revealed by AFLP markers. **Euphytica** n.132,p. 269–277, 2003.

STEPHENSON, R., GALLAGHER, E., **Selecting Better Macadâmia Varieties.** Department of Primary Industries, Queensland, Australia, 2000.

STROHSCHEN., B. Contributions to the biology of useful plants 4. Anatomical studies of fruit development and fruit classification of the macadamia nut (*Macadamia integrifolia* Maiden and Betche). **Angewandte Botanik**, v.60 p.239–247, 1986.

TOLEDO PIZA, P.L.B. **Secagem e escoamento da noz macadâmia (*M. integrifolia*) em silo secador de fundo cônico.** 2000. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

TOLEDO, V.A.A. et al. Polinização por abelhas (*Apis mellífera* L.) em laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck).**Scientia Agraria Paranaensis – SAP.** Mal. Cdo. Rondon, v.12, n.4, p.236-246. 2013.

TRINDADE, M. S. de A. et al. Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellífera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra.** sem.1. v.4, n. 1. 2004.

TRUEMAN, S.J. The reproductive biology of macadamia. **Scientia Horticulturae**, n.150 p.354–359, 2013.

TRUEMAN, S.J., TURNBULL, C.G.N. Fruit set, abscission and dry matter accumulation on girdled branches of macadamia. **Annais em Botânica**, v.74, p.667–674, 1994.

VAISSIERE, B. et al. Pollination effectiveness of honey bee (Hymenoptera: Apidae) in a Kiwifruit Orchard. **Horticultural Entomology**, n.89 p. 453-461, 1996.

VANSELL, G.H.; GRIGGS, W.H. **Honey bees as agent of pollination.** USDA Yearbook, p.88-107, 1952.

VENKATACHALAM, M.; SATHE, S. K. Chemical composition of selected edible nut seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 13, p. 4705-4714, 2006.

VICENS,N.; BOSCH,J. Pollinating Efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on Red Delicious Apple. **Environmental Entomology**, n. 29 p.235-240, 2000.

VIDAL, M.G. **Polinização por abelhas (*Apis mellifera* L.) e produção de pólen e néctar em aboboreira (*Cucurbita pepo* L.)**. (Tese de Doutorado), 98 f. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2000.

VIEIRA, M.F. et al. **Floração, Polinização e Sistema Reprodutivo em Florestas Tropicais in Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2 ed. revisada e ampliada, Viçosa, MG: Ed. UFV, p.51-84. 2012.

WAFI, A. K.; IBRAHIM, S. H. Effect of the honeybees as a pollinating agent on the yield of orange. **Elfelaha**, Cairo, p. 18, 1960.

WALLACE, H.M. e LEE, L.S. Pollen source, fruit set and xenia in mandarins. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Australia, v.74, n.1, p.82-86, 1999.

WALLACE, H.M. et al. The effect of supplementary pollination on nut set of Macadâmia (Proteaceae). **Annual Botanical** n.78, p.765–773, 1996.

WILKIE, J.D., SEDGLEY, M., MORRIS, S., MULDOON, S., OLESEN, T., Characteristics of flowering stems and raceme position in macadamia. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Australia. 84, 387–392. 2009.

WILLIAMS, I.H. et al. Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community. **Bee World** v.72 n.(4) p.170-180, 1991.

WITTER, S.; BLOCHTEIN, B. Efeito da polinização por abelhas e outros insetos na produção de sementes de cebola. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1399-1407, 2003.

YAMAMOTO, M. et al. Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo / Coordenadores: Marcela Yamamoto, Paulo Eugênio Oliveira, Maria Cristina Gaglianone. – Rio de Janeiro: **Funbio**, 2014.

## Capítulo I

**Caracterização reprodutiva e comportamento de polinizadores em *Macadamia integrifolia* (Maiden & Betche) nas condições edafoclimáticas do Nordeste do Brasil**

Manuscrito a ser enviado ao periódico  
Scientia Horticulturae (Qualis B1 na Area de Biodiversidade)

**Caracterização reprodutiva e comportamento de polinizadores em *Macadamia integrifolia* (Maiden & Betche) nas condições edafoclimáticas do Nordeste do Brasil**

Ramon da Silva Santos<sup>1</sup>; Marcelo de Oliveira Milfont<sup>2</sup>; Mairon Moura Silva<sup>2</sup>; Cibele Cardoso de Castro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco (ramonjp@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns (marcelo\_m\_agro@yahoo.com.br, maironmoura@hotmail.com e cibelegastro@hotmail.com)

Autor para correspondência: C.C. Castro (cibelegastro@hotmail.com)

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil

**Resumo**

A fenologia e a biologia reprodutiva de plantas cultivadas são imprescindíveis para a compreensão dos requerimentos para a formação de frutos e sementes, bem como para o manejo de polinizadores, quando necessário. Este trabalho teve como objetivo investigar a fenologia e a biologia reprodutiva de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) na Unidade Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) localizado no município de Brejão (PE). As fenofases vegetativas e reprodutivas de sete indivíduos foram acompanhadas quinzenalmente no período de julho/2014 a junho/2015. As intensidades de fenofases foram estimadas, o padrão de floração foi descrito e a correlação entre precipitação pluviométrica e ocorrência das fenofases foi testada. A biologia floral incluiu análises de período de antese, de receptividade estigmática, de disponibilidade de pólen e presença de néctar. O sistema reprodutivo foi determinado por meio de polinizações controladas em campo. Os visitantes florais e sua frequência de visitas foram determinados por meio de observações focais. Os eventos fenológicos de *Macadamia integrifolia* não sofrem influência da precipitação. Os visitantes florais mais comumente observados foram lepidópteros, himenópteros e dípteros, os quais visitavam com baixa frequência. A espécie é auto-compatível, com baixa formação de frutos, limitação polínica e baixa eficiência reprodutiva, sendo indicado o manejo de polinizadores a fim de diminuir a limitação polínica e aumentar a eficiência reprodutiva. Esses resultados podem estar relacionados a uma depauperação da fauna de polinizadores resultante da alteração de habitats e/ou da aplicação de pesticidas. São indicadas investigações

sobre custo/benefício do uso de tais substâncias, as quais comprovadamente causam toxicidade e mortalidade em insetos polinizadores.

**Palavras chave:** Frutífera, noqueira-macadamia, polinização, requerimentos reprodutivos, sistema sexual.

### **Abstract**

The investigation of the phenology and the reproductive biology of crop species contribute to the understanding the requirements for fruit and seed sets, well as in the management of pollinators when needed. This study aimed to investigate the phenology and the reproductive biology *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) in the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) in the municipality of Brejão (PE). The vegetative and reproductive phenophases of seven individuals were followed every two weeks from July / 2014 to June / 2015. The intensity of flowering and fruiting were estimated, the pattern of flowering was described and the correlation between rainfall and phenophases occurrence was tested. Floral biology analysis included the observation of anthesis period, stigmatic receptivity, pollen availability and nectar secretion. The reproductive system was determined by means of controlled pollination in the field. The floral visitors, their frequency of visits and visiting behavior were determined by means of focal observations. The phenological events were not influenced by rainfall. Lepidopterans, himenopterans and dipterans were the most frequently observed visitors, which visited in low frequency. The species is self-compatible, had low fruit set, low reproductive efficiency and pollen limitation. These results may be related to a excessive application of pesticides. Investigations are indicated on cost / benefit of the use of such substances, which are known to cause toxicity and mortality in pollinating insects.

**Keywords:** Fruitful, walnut-macadamia, pollination, reproductive requirements, sexual system.

## Introdução

A associação entre agricultura e conservação da biodiversidade constitui parte importante do sucesso da produção agrícola. A formação de frutos e sementes da maioria das espécies cultivadas depende da ação de polinizadores (Palmer et al., 2004; Ricketts et al., 2008; Pinheiro; Freitas, 2010), os quais são favorecidos pela conservação de habitats naturais, apropriados para sua sobrevivência e reprodução (Ricketts et al., 2008). Estudos realizados no mundo comprovam a importância da polinização por animais na obtenção de frutos e sementes de espécies cultivadas em maior quantidade e qualidade (Chacoff; Aizen, 2006; Malerbo et al., 2003; Morgado et al., 2002; Rodrigues, 2012).

Mesmo sendo a polinização um serviço ecológico de grande importância, a densidade de polinizadores tem sido reduzida a níveis que podem causar colapsos no serviço de polinização, tanto nos ecossistemas naturais quanto agrícolas e influenciar negativamente na reprodução de plantas silvestres (Kremen et al., 2004) e cultivadas (Potts et al., 2010).

Além da compreensão da dinâmica da polinização de espécies cultivadas, é importante investigar a periodicidade e a intensidade das fenofases, as quais estão diretamente relacionadas à atratividade e à disponibilidade de recursos para polinizadores (Vieira et al., 2012), influenciando a dinâmica da presença de polinizadores na cultura. O estudo da ocorrência desses eventos fenológicos e suas relações com os fatores bióticos tais como a presença e/ou ausência de polinizadores é indispensável para uma melhor compreensão dos padrões de requerimentos reprodutivos das plantas, da oferta dos recursos vegetais, das interações na polinização, bem como na produção de frutos.

Macadâmia (*Macadamia integrifolia*, Proteaceae) é uma espécie arbórea originária da Austrália (Shapcott; Powell, 2011) que produz frutos do tipo fóliculo com uma semente (Trueman, 2013), da qual se extrai uma castanha com propriedades medicinais (Venkatachalam; Sathe, 2006). Nos últimos anos essa cultura vem sendo considerada como alternativa de investimento ou fonte de diversificação de renda em propriedades rurais dos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo em função da crescente demanda do mercado externo e consolidação das processadoras e exportadoras brasileiras (De Villiers, 2003; Penoni, 2011).

Embora haja um acréscimo na produção dessa frutífera, muitos estudos colaboram exclusivamente com informações acerca da produção, armazenamento e qualidades organolépticas de frutos (De Villiers, 2003; Entelmann, 2010), e poucos investigam os requerimentos reprodutivos (Yamamoto et al., 2014), que são de grande importância para saber se o potencial produtivo de espécies cultivadas está atingindo seu pico produtivo.

Este trabalho teve por objetivo analisar aspectos reprodutivos de *Macadamia integrifolia* cultivados em condições edafoclimáticas e de polinizadores no nordeste do Brasil. Levando-nos a responder as seguintes questões: A cultura está atingindo seu máximo produtivo ou intervenções precisam ser realizadas? É indicado o manejo de polinizadores? As condições climáticas da região nordeste proporciona subsídios para implantar essa cultura?

## **Material e métodos**

### **Área de estudo e espécie estudada**

O estudo foi desenvolvido na Unidade Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) localizado no município de Brejão (PE), (09° 01' 09" S e 36° 34' 07" W). Está situado a uma altitude de 780m, com clima do tipo A's tropical chuvoso (sensu Köppen, 1999) e precipitação média anual de 1.273mm. O período chuvoso ocorre de março a agosto e, ocasionalmente, chove também em dezembro e janeiro. As temperaturas médias variam de 18,5 °C no inverno a 22 °C no verão (Nunes Filho et al., 2013). A área experimental apresenta solos do tipo argissolo vermelho-amarelo distrófico abrupto, plúntico, arênico, com a textura variando de franco arenosa a franco argilo-arenosa, ácido, com baixos teores de matéria orgânica, cálcio, magnésio, fósforo e potássio (Nunes Filho et al., 2013). O plantio foi implantado na estação experimental do IPA no ano de 2006, a cultura foi plantada com espaçamento de 8 metros entre plantas.

Macadâmia é nativa da Austrália, é uma espécie arbórea de clima subtropical e de grande longevidade (Neal et al., 2010). Sua floração inicia entre meados de agosto e setembro (primavera, final do período seco) para as condições climáticas de Jaboticabal-SP (Sacramento; Pereira, 2003). Seus indivíduos são hermafroditas e apresentam entre 100-300 flores por inflorescência (Trueman; Turnbull, 1994).

### **Fenologia e biologia floral**

As fenofases vegetativas e reprodutivas de sete indivíduos de *M. integrifolia* foram acompanhadas quinzenalmente entre julho/2014 a junho/2015, estimando-se a intensidade de brotamento, queda de folha, floração e frutificação de acordo com Fournier (1974). O padrão de floração foi descrito de acordo com Newstron et al (1994). Testes de correlação de Spearman foram realizados para a precipitação e as fenofases, utilizando-se o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2007). A sincronia das fenofases nas subpopulações foi determinada de acordo com Bencke e Morellato (2002). Os dados pluviométricos foram cedidos pelo IPA.

Amostras de botões (n= 70, sendo distribuídos em sete indivíduos) e flores (n= 70, distribuídas em sete indivíduos) foram coletados e fixados em etanol a 70% para posteriores análises da morfologia floral e tomada de dados morfométricos (comprimento e diâmetro da corola, altura de anteras e altura do estilete) com auxílio de estereomicroscópio e paquímetro digital. A razão pólen/óvulo (P/O) foi estimada por meio da contagem do número de grãos de pólen por antera (em câmara de Neubauer sob microscópio óptico) e de óvulos por botão floral (n=10, de diferentes indivíduos; Cruden, 1977). Os grãos de pólen foram corados com solução a 2% de carmim acético para determinar a viabilidade polínica (Radford et al. 1974).

O período de antese foi monitorado a partir da marcação de cinco botões em fase inicial de abertura em duas inflorescências de cada indivíduo (total de 70 flores), sendo acompanhados até a senescência floral. Durante a antese foi avaliada a disponibilidade de pólen por meio de observação direta nas anteras e o recurso floral disponível. A receptividade estigmática foi testada por meio da aplicação de solução de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$  – 10 volumes; Dafni, 2005) em cinco flores diferentes a cada hora, sendo as flores anteriormente emasculadas e ensacadas. A flor foi emasculada, pois possui apresentação de pólen no estigma na fase de pré-antese, e os grãos de pólen poderiam reagir com a solução, comprometendo a integridade do teste.

### **Sistema reprodutivo**

O sistema reprodutivo foi estudado por meio de testes controlados *in situ*, utilizando-se 350 botões para cada tratamento (autopolinização espontânea, autopolinização manual e polinização cruzada) além da polinização natural-controle, distribuídos nos sete indivíduos (cinco inflorescências em cada um, dez flores em diferentes regiões da inflorescência). Os botões em pré-antese utilizados nos tratamentos de autopolinização espontânea, autopolinização manual e polinização cruzada foram ensacados com sacos de voal, para evitar o contato dos visitantes com as flores, e monitoradas até a formação dos frutos. No tratamento de polinização cruzada as flores foram emasculadas na fase de pré-antese para não haver contaminação no tratamento. Os frutos e sementes formados foram contados e a tomada da morfometria foi realizada para verificar diferença entre frutos resultantes dos experimentos.

A comparação da produção de frutos formados entre polinização natural, polinização cruzada, auto-polinização espontânea e auto-polinização manual foi realizada por meio do teste do Qui-quadrado. O índice de auto-incompatibilidade (IAI) e a eficiência reprodutiva (ER) estabelecidos por Zapata e Arroyo (1978) foram calculados com as modificações apresentadas por Oliveira e Gibbs (2000) e Freitas e Oliveira (2002). O IAI foi obtido pela

divisão do percentual de frutificações resultantes de autopolinização manual pelo percentual de frutos formados pela polinização cruzada; IAI menor ou igual a 0,2 indica espécie autoincompatível. A ER foi calculada pela divisão do percentual de frutificações provenientes de polinização natural pelo percentual de frutificações por polinização cruzada; valores abaixo de 0,66 indicam ER baixa, entre 0,67 e 0,80 indicam ER média e valores acima de 0,81 indicam alta ER. O índice de limitação polínica (ILP) foi calculado como  $ILP = 1 - (N/S)$ , onde N = conjunto de sementes formadas por polinização natural e S = número de sementes formadas a partir de polinização cruzada; valores negativos até 0,2 indicam ausência de limitação polínica. (Freitas et al. 2010).

### **Polinização e comportamento dos visitantes**

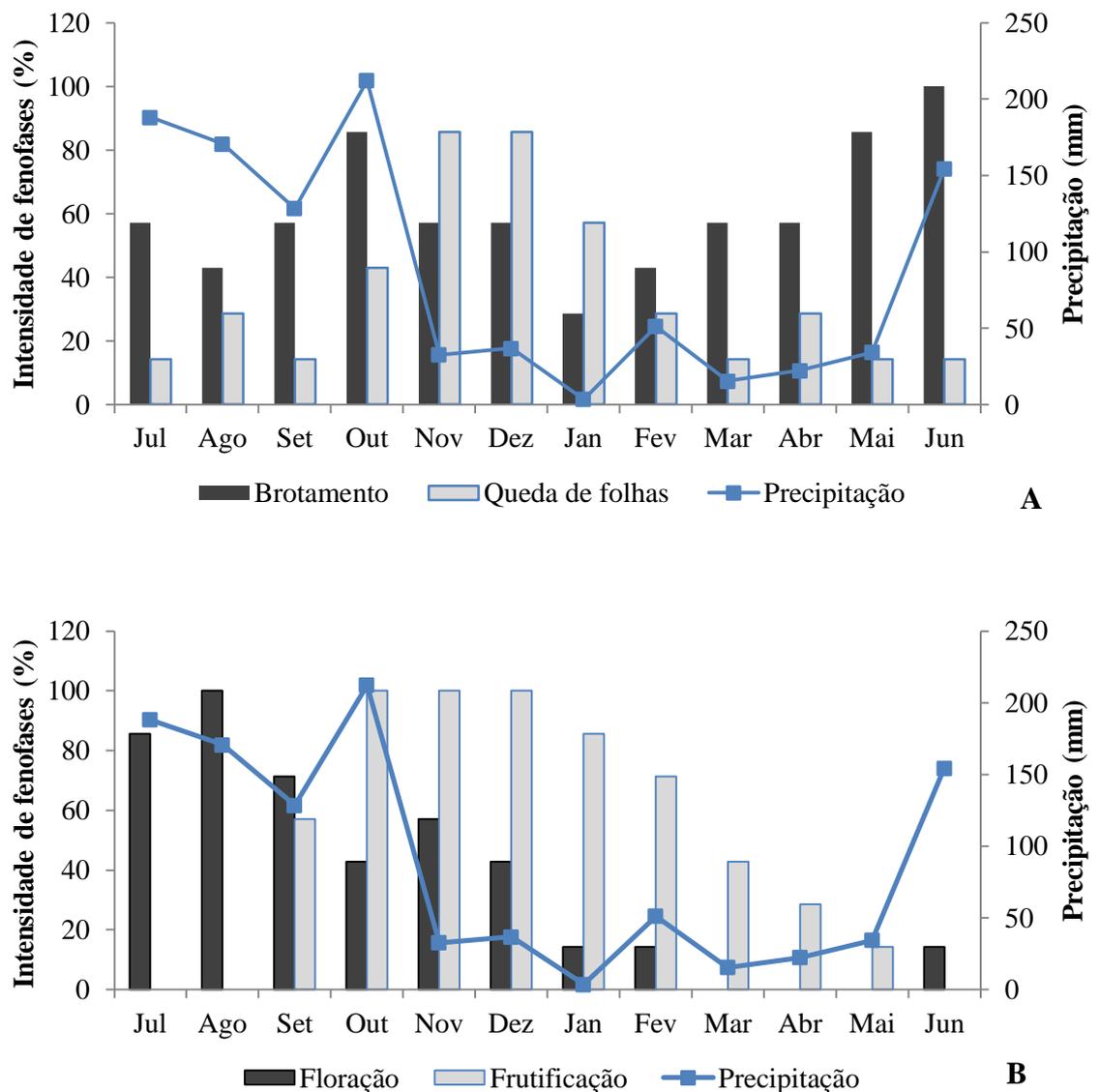
Foram realizadas observações diurnas das 5h:00min às 17h:00min em indivíduos focais (período de antese), totalizando 60h de observação distribuídas em cinco dias não consecutivos no período de maior intensidade de floração. Em cada visita foram registrados o recurso floral coletado, o contato com elementos sexuais e interações entre visitantes. A frequência dos visitantes florais foi estimada através da contagem direta das visitas diurnas a cada hora durante o período de observação. Os visitantes foram classificados em: polinizadores efetivos (PE), que contactaram as estruturas reprodutivas; polinizadores ocasionais (PO), que contactaram as estruturas reprodutivas; e pilhadores (PI), que utilizavam o recurso floral sem contactar as estruturas reprodutivas, ou contactando apenas uma delas.

Os visitantes foram coletados, identificados e depositados na coleção do Laboratório de Ecologia Reprodutiva de Angiospermas da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

## **Resultados**

### **Fenologia**

O brotamento de folhas ocorreu durante todos os meses, com pico em outubro (Fig. 1A). Apesar de coincidir com o período de maior precipitação, a correlação positiva não foi significativa ( $r_s = 0.3298$ ;  $t = 1.1046$ ;  $p = 0.2952$ ). A queda de folhas iniciou no período chuvoso e ocorreu entre julho e junho, com pico entre novembro e dezembro (Fig. 1A). Apesar da maior intensidade de perda de folhas ter ocorrido nos períodos de baixa precipitação, não houve correlação significativa ( $r_s = -0.2123$ ;  $t = -0.6870$ ;  $p = 0.5077$ ).



**Figura 1.** Fenosafes de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) no período de julho de 2014 a junho de 2015 no Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. A: Brotamento e queda de folhas. B. Floração e frutificação. Dados climatológicos: IPA.

A floração ocorreu entre julho e fevereiro, com pico em agosto (Fig. 1B), coincidindo com um período de precipitação alta na região e apresentando correlação com a precipitação ( $r_s = 0.6395$ ;  $t = 2.6306$ ;  $p = 0.0251$ ). A frutificação ocorreu entre setembro e início de maio, com pico entre outubro e dezembro (Fig. 1B), não apresentando correlação com a precipitação ( $r_s = -0.2624$ ;  $t = -0.8600$ ;  $p = 0.4099$ ).

Em todas as fenofases houve alta sincronia, estando mais de 60% dos indivíduos em uma mesma fenofase.

### **Biologia floral**

Os indivíduos de *M. integrifolia* apresentam inflorescências cimosas, terminais e axilares, com uma média de  $250 \pm 81,09$  botões, dos quais grande parte se abre no cacho no mesmo período, sendo a sequência de abertura do ápice para a base. As flores são pequenas (comprimento da corola  $4,16 \pm 0,84$  e diâmetro  $5,53 \pm 1,08$  mm) e brancas, com quatro sépalas petaloides fundidas formando um tubo. O androceu é formado por quatro estames ( $3,47 \pm 1,14$  mm de comprimento) com anteras com deiscência longitudinal e uma média de  $9,126 \pm 2,120$  grãos de pólen por flor, com viabilidade de  $96,52 \pm 1,02\%$ . O gineceu ( $12,57 \pm 0,88$  mm de comprimento) apresenta estigma punctiforme, estilete longo e levemente curvado, ovário súpero, unilocular com um óvulo. Foi observada a presença de néctar nas flores, porém não foi possível coletá-lo para avaliar a sua concentração, devido ao seu reduzido volume. A razão pólen-óvulo foi de 9.126.

A antese é diurna e tem duração de cerca de 72 horas, iniciando entre 4h:00min e 4h:30min. Entre três a quatro dias antes da abertura da flor, duas sépalas abrem expondo o estilete, que forma um pequeno arco. No dia anterior à abertura o estilete encontra-se mais encurvado. Horas antes da abertura o ápice do botão abre-se lentamente em formato de “X” e as sépalas progressivamente vão se enrolando extrorsamente, juntamente com os estames, expondo totalmente o gineceu, que até então encontrava-se dentro da corola. Em cerca de um minuto o estilete fica ereto e com todo pólen da flor depositado em uma região abaxial do estigma, como forma de apresentação secundária (Fig. 2).

A receptividade estigmática ocorre aproximadamente duas horas após o início da antese, entre 6h:30min e 7h:00min; o estigma permanece receptivo durante toda a vida da flor, tornando possível a ocorrência de auto-polinização. Os frutos são grandes no período inicial da frutificação ( $63,55 \pm 4,38$  mm de diâmetro e  $2,022 \pm 0,21$  g de massa) e visivelmente menores no fim do período de frutificação.



**Figura 2.** Flor de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) no Instituto Agronômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil, evidenciando a apresentação de pólen na face abaxial do estigma. Barra: 0,21cm.

### Sistema reprodutivo

Todos os tratamentos formaram frutos (Tabela 1), porém com percentual relativamente baixo (abaixo de 7%). A produção de frutos por polinização natural não diferiu significativamente dos demais tratamentos realizados, com exceção da polinização cruzada ( $\chi^2=26,3$ ;  $p>0,05$ ), em relação à qual foi menor. A ER foi 0,30, o IAI foi 0,48 e a limitação polínica foi 0,7. Os cachos utilizados nos tratamentos apresentaram poucos frutos e de tamanhos desiguais em relação à polinização natural. Para todos os tratamentos houve formação da semente.

**Tabela 1.** Resultados dos experimentos reprodutivos de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) no Instituto Agronômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. Letras diferentes indicam valores significativamente diferentes pelo teste do Qui-quadrado.

Tratamentos	% de frutos (flores-inflorescências)
Polinização natural (controle)	1.96 <sup>a</sup> (2650-35)
Autopolinização manual	3.14 <sup>a</sup> (350-35)
Autopolinização espontânea	2.28 <sup>a</sup> (350-35)
Polinização cruzada	6.57 <sup>b</sup> (350-35)

### Polinização e comportamento dos visitantes

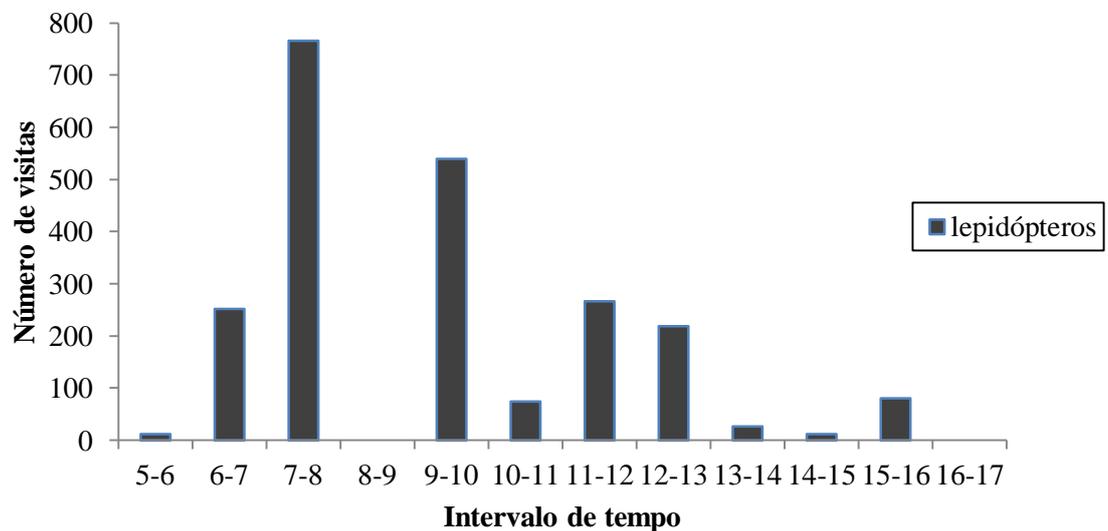
As flores receberam visitas de lepidópteros, himenópteros e dípteros, sendo o primeiro o mais frequente (Tabela 2, Fig. 3). A abelha *Apis mellifera*, o díptero *Dematobia hominis*, um díptero não identificado e os lepidópteros foram considerados polinizadores ocasionais e a abelha *Trigona spinipes* foi considerada pilhadora (Tabela 2).

**Tabela 2.** Visitantes florais de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) no Instituto Agronômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. PE: polinizador efetivo; PO: polinizador ocasional; PI: pilhador.

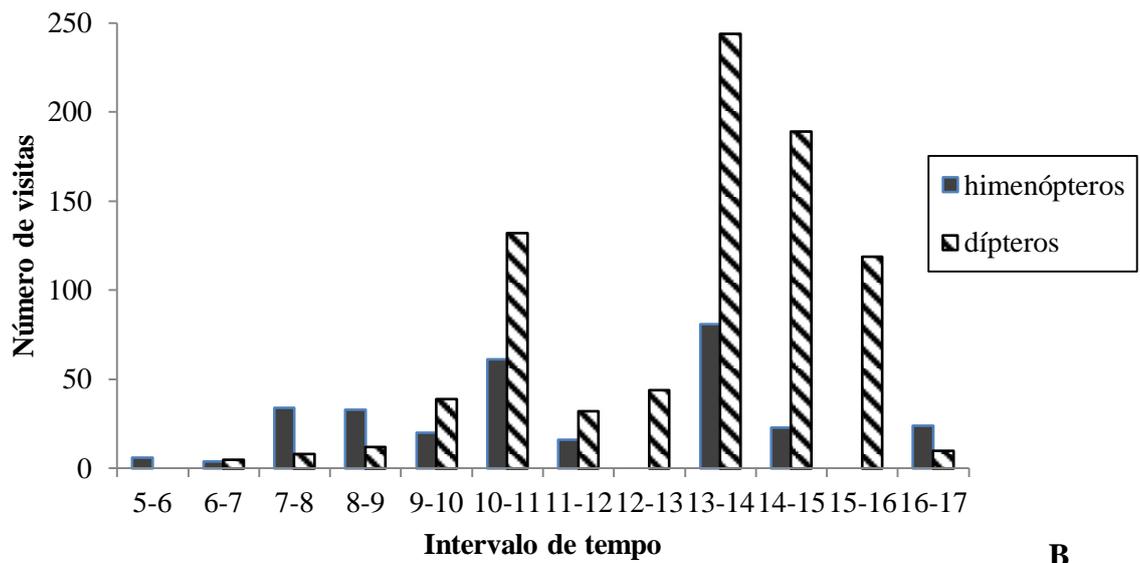
Visitantes florais	Resultado da visita		
<b>Himenoptera</b>			
<i>Trigona spinipes</i>	-	-	PI
<i>Apis mellifera</i>	PE	-	-
Abelha sp.	PE	-	-
sp.12	PE	-	-
<b>Lepidoptera</b>			
<i>Heliconia ethilia narcaeae</i>	PE	-	-
Nymphalidae	-	PO	-

<i>Greta oto</i>	-	PO	-
sp.4	-	PO	-
sp.5	-	PO	-
sp.6	PE	-	-
sp.7	-	PO	-
sp.8	-	PO	-
sp.9	-	PO	-

As espécies de lepidópteros visitaram em torno de oito inflorescências com cerca de cinquenta flores no cacho, em curtos intervalos de tempo. As visitas estenderam-se ao longo do dia, mas foram mais frequentes entre 7h:00min e 9h:30min (Fig. 3). As moscas foram mais frequentes que as abelhas. A abelha *A. mellifera* foi pouco frequente quando comparada a visitas de outros visitantes florais, visitando cerca de 80 flores no período de uma hora. Indivíduos de *T. spinipes* também foram pouco frequentes, visitando cerca de 50 flores durante uma sessão de visitação. Dois dípteros foram pouco frequentes e visitaram de uma a duas flores.



A



**Figura 3:** Frequência de visitas às flores de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae) no Instituto Agrônomo de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. (A) Lepidópteros; (B) Himenópteros e Dípteros.

Durante as visitas, as borboletas pousavam na plataforma de pouso, inseriam a espirotromba no interior do tubo da corola e tocavam no estigma com a espirotromba e com a parte interior das asas. Após a flor ser visitada, o inseto caminhava na inflorescência visitando outras flores. Durante este deslocamento, permaneceram com a espirotromba estendida, e apenas a recolhiam quando voavam para outra inflorescência.

Indivíduos de *A. mellifera* pousavam na flor tocando no estigma e filete e caminhavam na plataforma de pouso formada pelas sépalas e os estames antes de inserir a língua no tubo floral. Realizavam a polinização tocando os elementos sexuais com a região ventral do corpo ao sobrevoar a inflorescência, a qual visitava várias flores.

A abelha *T. spinipes* atuava como pilhador, tanto de botões para roubar o néctar, quanto de pólen raspando a região abaxial do estigma com as pernas dianteiras, bem como outros verticilos da flor, e carregando o pólen pelo seu corpo até as corbículas. Os dois dípteros também atuaram como pilhadores de pólen (apenas retirando o pólen do estigma e do estilete).

## **Discussão**

### **Fenologia**

A ausência de correlação entre as fenofases de queda foliar e frutificação com as variáveis climáticas, indica que os fatores ambientais na área de estudo não exercem influência direta sobre todas as fenofases. Este fato pode ser explicado pela irrigação diária que a cultura recebe, uma vez que os padrões de reprodução e crescimento em espécies vegetais são determinados primariamente por processos periódicos endógenos e secundariamente como adaptação às mudanças ambientais (Borchert, 1980).

Para a área de estudo o clima pouco sazonal da região parece favorecer a estratégia de perda e reposição de folhas durante todo o ano. Em plantas perenes vivendo em ambientes sujeitos a baixa sazonalidade climática, sem estação seca severa, a queda foliar e o brotamento contínuos são as estratégias mais vantajosas, pois permitem que a folha velha seja mantida na planta até ser realizada a translocação de nutrientes, além de possibilitar a manutenção da taxa fotossintética o ano todo (Jackson, 1978).

A espécie apresentou padrão de floração do tipo anual, segundo Newstrom et al., (1994), o que significa que possui um evento anual de reprodução, com a disponibilização de flores durante um longo período e sincronia entre os indivíduos. Tal padrão apresenta importante função ecológica, pois a longa floração sustenta uma guilda de visitantes florais por um longo período do ano na plantação. Esses animais podem visitar flores de culturas próximas (Freitas, 1998). A frutificação seguiu por um longo período de tempo com menor precipitação sendo reduzido o período de irrigação para cada dois dias, podendo explicar a diminuição no calibre do fruto, como observado por Penoni (2011), uma vez que o tamanho dos frutos pode estar relacionado ao índice pluviométrico (Souza, 2010).

A floração e a frutificação que iniciaram na estação chuvosa e se estenderam durante a seca, sendo apresentado maior percentual de flores abertas e frutos em períodos de maior escassez hídrica. No Brasil (sudeste) o pico de floração ocorre em junho (estação seca; Sacramento; Pereira, 2003; Sobierajski et al., 2005); no Havaí (EUA) ocorre no inverno, entre janeiro e março (estação chuvosa, Nagao et al., 1988); na Costa Rica ocorre entre novembro a fevereiro (transição entre a as estações chuvosa e seca, similarmente ao observado no presente estudo); na Austrália inicia-se em maio em temperaturas mínimas entre 11 e 15° C (estação seca, Moncur et al., 1985), e é no final de agosto, no fim do inverno, o período em que as flores se apresentam abertas em maior número (estação seca, Boyton; Hardner, 2002). No sudeste do Brasil, a frutificação também inicia na estação chuvosa e estende durante a seca (Sacramento; Pereira, 2003).

### **Sistema reprodutivo**

A razão pólen-óvulo observada indica que a espécie é xenogâmica facultativa, não necessitando obrigatoriamente de vetores bióticos no serviço de polinização. Todavia, o sistema reprodutivo mostra que a ação de polinizadores aumenta a eficiência desse serviço, já a formação de frutos por polinização cruzada foi maior do que aquela por polinização natural, indicando a presença de LP. Tal limitação pode ocorrer devido a baixa frequência ou baixa eficiência de polinizadores, ou ainda parentesco entre os indivíduos. O baixo valor da LP corrobora a tendência geral de que espécies com tendência à autocompatibilidade tendem a apresentar menor LP (Freitas et al., 2010).

A apresentação secundária de pólen aqui observada aumenta as chances de autopolinização. Mesmo que os grãos sejam depositados na face abaxial do estigma, o movimento dos visitantes florais pode levar o pólen até a parte receptiva (como também observado por Trueman, 2013), e causar autofecundação. Este constitui mais um elemento que desfavorece a ER da cultura, pois os dados apontam menor produção de frutos por autopolinização em relação à polinização cruzada.

A LP e a baixa ER aqui observadas pode também estar atreladas à aplicação excessiva e de forma inadequada de pesticidas (diretamente sobre as flores em teste), causando a queda excessiva de flores, ou ainda causas fisiológicas, como debilidade da planta e/ou poda mal conduzida (Taiz; Zeiger, 2006).

### **Polinização e comportamento dos visitantes**

As interações planta-polinizador aqui observadas são generalistas, ou seja, a planta é visitada por vários grupos de polinizadores. Assim como observado no estudo, os principais grupos de polinizadores de espécies de Proteaceae são abelhas, borboletas e moscas (Paulino et al., 2003; Trueman, 2013). Porém, na cultura estudada foi observada uma baixa frequência de abelhas, o que pode ser atribuída ao declínio de abelhas já registrado em outros trabalhos (Imperatriz-Fonseca, 2012; Santos, 2010), ou à morfologia floral, mais adaptada a visitantes de língua longa, como as borboletas.

A alta capacidade das abelhas, em especial do gênero *Apis*, no processo de polinização, constitui uma contribuição significativa no aumento da produção de muitas culturas. Todavia essa abelha pode reduzir o recurso floral disponível às abelhas nativas, as quais podem realizar melhores serviços de polinização que as espécies sociais em várias culturas (Hogendoorn, 2004), como é o caso de *Centris*, polinizadoras da aceroleira (*Malpighia glabra*), *Xylocopa* que polinizam o maracujazeiro (*Passiflora edulis*), e *Megachile* que

polinizam a alfafa (*Medicago sativa*) (Freitas et al., 1999; Camillo, 2003). É importante que se compare, na cultura estudada, a eficiência de transferência de pólen entre os diferentes polinizadores, a fim de se estabelecer se esta tendência é confirmada.

Na área do estudo ocorreu alta frequência de lepidópteros, que realizam o serviço de polinização, contudo a taxa de frutificação se manteve baixa. Normalmente a polinização da macadâmia é mais eficiente com a ação de abelhas (Stock, 1979; Trueman, 2013). Esta pode ser uma consequência de condições desfavoráveis para polinizadores no entorno da cultura (Potts et al. 2010) ou da aplicação semanal de pesticida. Os resquícios de tais substâncias químicas podem permanecer na planta, diminuindo assim a ação de polinizadores (Cruz; Campos, 2009), e explicando a baixa frutificação observada.

No presente estudo, o néctar não foi verificado, mas o rápido deslocamento em coletar esse recurso pode indicar baixo volume produzido por flor. A baixa produção pode induzir os polinizadores a se deslocarem entre indivíduos para a coleta de mais recursos (Murcia, 1995), podendo levar os visitantes a realizar um comportamento de linhas de captura (Janzen, 1971), que beneficia o fluxo polínico e, logo, a polinização cruzada (Ackerman et al., 1982). Contudo esse comportamento pode não beneficiar plantas com inflorescências contendo flores numerosas.

## **Conclusão**

Os dados indicam que, nas condições edafoclimáticas e de polinizadores estudadas, a espécie não sofre influência da precipitação sobre a maioria dos eventos fenológicos e possui baixa eficiência reprodutiva, muito provavelmente devido à limitação polínica observada. Tal limitação pode estar relacionada à baixa frequência de visitas por abelhas, consideradas os principais polinizadores da cultura, que foi polinizada mais frequentemente por borboletas neste estudo. Essa baixa frequência de abelhas pode ter relação com muitos fatores, dentre eles as condições da vegetação do entorno da cultura e a aplicação frequente de pesticidas, os quais comprovadamente intoxicam e/ou matam muitos grupos de insetos polinizadores, diminuindo sua densidade. É importante comparar a eficiência de polinização entre borboletas e abelhas e, caso se comprove que as abelhas são mais eficientes, recomenda-se investigar formas de uso de pesticida que minimizem sua influência negativa sobre esses insetos, tais como aplicação de quantidades menores e em horários que não coincidam com seu pico de visitação, para que possa ser indicado se será possível implantar a cultura em algumas regiões do Nordeste.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida a R.S.Santos, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro concedido a C.C.Castro (483348/2012-0), ao Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo apoio logístico e financeiro e ao Instituto Agrônomo de Pernambuco pelo apoio logístico.

## Referências

- ACKERMAN, J.D. et al. Food-foraging behaviour of male Euglossini (Hymenoptera: Apidae): vagabonds or trappers? **Biotropica**, *Washington*, v.14, p. 241-248, 1982.
- AYRES, M. et al. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. **Sociedade Civil Mamirauá**, Belém, 2007.
- BENCKE, C. S.C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, n.2, p.237-248, 2002.
- BOROMPICHAICHARTKUL, C. et al. Improving quality of macadamia nut (*Macadamia integrifolia*) through the use of hybrid drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 93, p. 348-353, 2009.
- BOYTON, S.J.; HARDNER, C.M. Phenology of flowering and nut production in macadamia. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.575, p.381-387, 2002.
- CAMILLO, E. **Polinização do maracujá**. Ribeirão Preto: Holos, p.44, 2003.
- CHACOFF, N. P.; M. A. AIZEN. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. **Journal of Applied Ecology** n.43 p18–27, 2006.
- CRUDEN, R.W. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, v. 31 p. 32-46, 1977.
- CRUZ, D.O.; CAMPOS, L.A.O. Pollination by bees in greenhouse crop systems. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.15, n.1-4, p.5-10, 2009.
- DAFNI, A. et al. Practical Pollination Biology. **Ontario**, Canada. p.315, 2005.
- DE VILLIERS, E. A.; JOUBERT, P. H. **The cultivation of Macadamia**. Nelspruit: Institute for Tropical and Subtropical crops, p.198, 2003.
- ENTELMANN, F. A. Macadâmia: noz de alto valor agregado no mercado. **Jornal da Fruta**, Lages, n. 227, p. 7, 2010.

- FREITAS, L. et al. Ocorrência de limitação polínica em plantas de Mata Atlântica. **Oecologia Australis**. Austrália, v. 14, p.251-265, 2010.
- FREITAS, B.M. et al. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.133, p.303-311, 1999.
- FREITAS, B.M. As abelhas e o aumento da produção agrícola. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 1998, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza., p.385-389, 1998.
- FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas em árboles tropicales. **Turrialba**. Turrialba, v24 p.422-423, 1974.
- HOGENDOORN, K. On promoting solitary bee species for use as crop pollinators in greenhouses. In: FREITAS, BM; PEREIRA, J.O.P. (Eds.) **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária, p.213-221, 2004.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. et al. Polinizadores e Polinização – um Tema Global. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. et al. (orgs). **Polinizadores no Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, cap.1, p.25-35. 2012.
- JANZEN, D.H. Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. **Science**, v.171 p.203-205, 1971.
- KLEIN, A.M. et al. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. **Proceedings of the Royal Society of London (B)**: n.270 p.955-961, 2003.
- KREMEN, C. et al. The area requirements of an ecosystem service: Crop pollination by native bees communities in California. **Ecology Letters**, v7 n(11) p.1109-1119, 2004
- LARSON, B. M. H.; BARRETT, S. C. H. A comparative analysis of pollen limitation in flowering plants. **Biological Journal of the Linnean Society**. V. 69 p.503–520, 2000.
- LEITE, A.V.; MACHADO, I.C. Fenologia reprodutiva, biologia floral e polinizadores de duas espécies simpátricas de Marantaceae em um fragmento de Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.30, n.2, p.221-231, 2007.
- MALERBO-SOUZA, D.T. et al. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, n.4, p.237-242. 2003.
- MONCUR, M. W. et al. Floral development of *Macadâmia integrifolia* Maiden & Betche under Australian conditions. **Scientiae Horticulturae**, n. 27 p. 87-96, 1985.
- MORGADO, L.N. et al. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras- MG. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.26, n.6, 2002.

- MURCIA, C. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. In Forest patches in tropical landscapes (J. Schellas & R. Greenberg, eds.). **Island Press**, London, p.19-36. 1995.
- NAGAO, M. A. et al. Flowering, nut set and premature nut drop of macadâmia, Hawaii Macadâmia Nut Assc. 28 th **Annual. Proccedings**. p. 54, 1988.
- NEAL, J.M. et al. Population demography and fecundity do not decline with habitat fragmentation in the rainforest tree *Macadamia integrifolia* (Proteaceae). **Biological Conservation**, n.143, p2591-2600. 2010.
- NEWSTRON, L. E. et al. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, *Washington*, v.26 p.141-159, 1994.
- NUNES FILHO, J. et al. Productivity of arabic coffee under supplemental irrigation in Southern Pernambuco State, Brazil. **Pesquisa agropecuária pernambucana.**, Recife, v. 18, n. 1, p. 27-33, 2013.
- OLIVEIRA, R. P. et al. Fisiologia da formação de sementes em citros. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, 1ed., p.27, 2005.
- PALMER, M. et al.. Ecology for a crowded planet. **Science**, n304 p1251-1252, 2004.
- PAULINO, F.D.G. et al. Comportamento forrageiro de *Apis mellifera* L. 1758 em panículas da noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche), **Revista Ciência Agronômica**, v. 34 n.1 p5-10, 2003
- PENONI, E. S. **Caracterização produtiva física e química de cultivares de noqueira-macadâmia**. 71f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- PINHEIRO, J.N.; FREITAS, B.M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**. v.14 n.(1): p.266-281, 2010.
- POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers Trends in **Ecology and Evolution** v.25 n.6, 2010.
- RICKETTS, T.H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v.11, p499-515, 2008.
- RODRIGUES, A. E. Polinização de *citrus* In: Terceira Semana dos Polinizadores. (3: 2010. Petrolina, PE) Palestras e resumos / Terceira Semana dos Polinizadores / editora técnica, Márcia de Fátima Ribeiro.--- Petrolina: **Embrapa Semi-árido**, 2012.
- SACRAMENTO, C.K.; PEREIRA, F.M. Fenologia da floração da noqueira-macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) nas condições climáticas de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.19-22, 2003.

- SANTOS, A.B. Native bees: declining pollinators. **Natureza on line**, v.8 n.3 p. 103-106, 2010.
- SHAPCOTT, A., POWELL, M. Demographic structure, genetic diversity and habitat distribution of the endangered Australian rainforest tree *Macadãmia janseni* help facilitate an introduction program. **Australian Journal of Botany** n.59, p.215–225, 2011.
- SOBIERAJSKI, G.R. et al. Noz-macadãmia: produçãõ, mercado e situaçãõ no Estado de Sãõ Paulo. **Informações Econõmicas**, Sãõ Paulo, v.36, n.5, p.25-36, 2005.
- SOUZA M. E. et al. Influênciã das precipitações pluviomêtricas em atributos fãsico-quãimicos de frutos da goiabeira ‘paluma’ em diferentes estãdios de maturaçãõ. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 2, p. 637-646, 2010.
- STOCK, J. Pollination requirements of macadamia in Australia. **Aust. Macadamia Soc. News Bull.** V.6 n.4, p.8–9, 1979.
- STROHSCHEN., B. Contributions to the biology of useful plants 4. Anatomical studies of fruit development and fruit classification of the macadamia nut (*Macadamia integrifolia* Maiden and Betche). **Angewandte Botanik**, v.60 p.239–247, 1986.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Artmed. p.618, 2006.
- TRUEMAN, S.J. The reproductive biology of macadamia. **Scientia Horticulturae**, n.150 p.354–359, 2013.
- TRUEMAN, S.J., TURNBULL, C.G.N. Fruit set, abscission and dry matter accumulation on girdled branches of macadamia. **Annais em Botãnica**, v.74, p.667–674, 1994.
- VENKATACHALAM, M.; SATHE, S. K. Chemical composition of selected edible nut seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 13, p. 4705-4714, 2006.
- VIEIRA, M.F. et al. **Floraçãõ, Polinizaçãõ e Sistema Reprodutivo em Florestas Tropicais in Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2 ed. revisada e ampliada, Viçosa, MG: Ed. UFV, p.51-84. 2012.
- WITTER, S.; BLOCHTEIN, B. Efeito da polinizaçãõ por abelhas e outros insetos na produçãõ de sementes de cebola. **Pesquisa agropecuãria brasileira**, Brasãlia, v. 38, n. 12, p. 1399-1407, 2003.
- YAMAMOTO, M. et al. Uso sustentãvel e restauraçãõ da diversidade dos polinizadores autõctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo / Coordenadores: Marcela Yamamoto, Paulo Eugênio Oliveira, Maria Cristina Gaglianone. – Rio de Janeiro: **Funbio**, 2014.

## **Estrutura do artigo da revista *Scientia Horticulturae***

(Qualis B1 para Biodiversidade)

### **GUIDE FOR AUTHORS**

#### ***Your Paper Your Way***

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

**To find out more, please visit the Preparation section below.**

### **INTRODUCTION**

#### ***Types of paper***

1. Original full papers (Regular Papers)
2. Review articles should cover a part of the subject of active current interest.
3. Short Communications
  - 3.1 Report of preliminary results of important research (pilot investigation; e.g. no duplications or with other restrictions).
  - 3.2 Newly developed methodology or modification of existing methodology, possibly description of first test.
  - 3.3 Results of the application of an earlier published research methodology on other crops or under different conditions (fact finding or recipes) that are nevertheless of interest to an international readership.
4. Book Reviews will be included in the journal on a range of relevant books which are not more than 2 years old.

Original papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. Reviews should cover a part of the subject active current interest. They may be submitted or invited and the full review should not exceed 10'000 words.

Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 4 printed pages (about 8 manuscript pages, including figures, etc.).

For consultation or suggestions please contact the Editors-in-Chief.

## **BEFORE YOU BEGIN**

### ***Ethics in publishing***

#### ***Authorship of the paper*** (ICMJE)

Authorship should be limited to those who have made a significant contribution to the conception, design, execution, and interpretation of the reported study. All those who have made significant contributions should be listed as co-authors. Where there are others who have participated in certain substantive aspects of the research project, they should be acknowledged or listed as contributors. The corresponding author should ensure that all appropriate co-authors and no inappropriate coauthors are included on the paper, and that all co-authors have seen and approved the final version of the paper and have agreed to its submission for publication.

For more information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

### ***Conflict of interest***

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <https://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at:

[http://service.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/286/supporthub/publishing](http://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/supporthub/publishing).

### ***Submission declaration and verification***

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <https://www.elsevier.com/sharingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To

verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <https://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

### ***Changes to authorship***

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

### ***Article transfer service***

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. More information about this can be found here: <https://www.elsevier.com/authors/article-transfer-service>.

### ***Copyright***

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <https://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <https://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written

permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <https://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <https://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <https://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

### ***Author rights***

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. For more information see <https://www.elsevier.com/copyright>.

### ***Role of the funding source***

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

### ***Funding body agreements and policies***

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some authors may also be reimbursed for associated publication fees. To learn more about existing agreements please visit <https://www.elsevier.com/fundingbodies>.

### ***Open access***

This journal offers authors a choice in publishing their research:

#### **Open access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf e.g. by their research funder or institution

#### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs (<https://www.elsevier.com/access>).
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

*Creative Commons Attribution (CC BY)*

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

*Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)*

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 2500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

***Green open access***

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information (<http://elsevier.com/greenopenaccess>). Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form.

This journal has an embargo period of 24 months.

***Language (usage and editing services)***

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to

eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

### ***Submission***

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

*Submit your article* Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/horti/>

### ***Referees***

Suggesting 5 reviewers is required for submission. Please note that only one suggested reviewer can be from your own country, and suggest four potential reviewers from different countries including full contact details and e-mail addresses. Note that the Editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

## **PREPARATION**

### ***NEW SUBMISSIONS***

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process. As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

### ***References***

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s),

journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

### ***Formatting requirements***

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions. If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes. Divide the article into clearly defined sections.

**Please ensure the text of your paper is double-spaced and has consecutive line numbering - this is an essential peer review requirement.**

### ***Figures and tables embedded in text***

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

## ***REVISED SUBMISSIONS***

### ***Use of word processing software***

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <https://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

### ***Article structure***

#### ***Subdivision - numbered sections***

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the

text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

### *Introduction*

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

### *Material and methods*

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

### *Results*

Results should be clear and concise.

### *Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. Avoid extensive citations and discussion of published literature. Results and Discussion should be two separate sections.

### *Conclusions*

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

### *Appendices*

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

### *Essential title page information*

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

• ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### ***Abstract***

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### ***Graphical abstract***

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of  $531 \times 1328$  pixels (h  $\times$  w) or proportionally more. The image should be readable at a size of  $5 \times 13$  cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <https://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

### ***Highlights***

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <https://www.elsevier.com/highlights> for examples.

### ***Keywords***

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

### ***Abbreviations***

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

### ***Acknowledgements***

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### ***Nomenclature and units***

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI. Authors and Editor(s) are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.

All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.

All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

For chemical nomenclature, the conventions of the *International Union of Pure and Applied Chemistry* and the official recommendations of the *IUPAC-IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature* should be followed.

### ***Math formulae***

Present simple formulae in the line of normal text where possible. In principle, variables are to be presented in italics. Number consecutively any equations that have to be displayed separate from the text (if referred to explicitly in the text).

Subscripts and superscripts should be clear. Greek letters and other non-Roman or handwritten symbols should be explained in the margin where they are first used. Take special care to show clearly the difference between zero (0) and the letter O, and between one (1) and

the letter l. Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used. For simple fractions use the solidus (/) instead of a horizontal line. Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered. The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Also powers of e are often more conveniently denoted by exp. Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are: \* $\leq$ , \*\*P <0.01 and \*\*\*P <0.001.

In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g., Ca<sup>2+</sup>, not as Ca<sup>++</sup>. Isotope numbers should precede the symbols, e.g., <sup>18</sup>O.

### ***Footnotes***

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

### ***Electronic artwork***

#### ***General points***

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files. A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### ***Formats***

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below): EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'. TIFF (or JPG): Color or grayscale

photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi. TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

**Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

*Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive**

**information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.**

Please indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

*Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

**Tables**

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

**References**

*Citation in text*

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

#### *Reference links*

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

#### *Web references*

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

#### *References in a special issue*

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

#### *Reference management software*

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles (<http://citationstyles.org>), such as Mendeley (<http://www.mendeley.com/features/reference-manager>) and Zotero (<https://www.zotero.org/>), as well as EndNote (<http://endnote.com/downloads/styles>). Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style.

If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. Users of Mendeley Desktop can easily install

the reference style for this journal by clicking the following link: <http://open.mendeley.com/use-citation-style/scientia-horticulturae> When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word or LibreOffice.

#### *Reference formatting*

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

#### *Reference style*

*Text:* All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al.

(2010) have recently shown ....' *List:* References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

#### *Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book: Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), Introduction to the Electronic Age. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

#### *Journal abbreviations source*

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations:

<http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-ltwa/>.

#### *Video data*

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

#### *AudioSlides*

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <https://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

#### *Supplementary material*

Supplementary material can support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Please note that such items are published online exactly as they are submitted; there is no typesetting involved (supplementary data supplied as an Excel file or as a PowerPoint slide will appear as such online). Please submit the material together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. If you wish to make any changes to supplementary data during any stage of the process, then please make sure to provide an updated file, and do not annotate any corrections on a previous version. Please also make sure to switch off the 'Track Changes' option in any Microsoft Office files as these will appear in the published supplementary file(s). For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### ***Database linking***

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving readers access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <https://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

### ***Interactive plots***

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file. For instructions please go to <https://www.elsevier.com/interactiveplots>.

### ***Submission checklist***

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

#### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes) Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet) Printed version of figures (if applicable) in color or black-and-white
- Indicate clearly whether or not color or black-and-white in print is required. For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

## **AFTER ACCEPTANCE**

### ***Use of the Digital Object Identifier***

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*): <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

### ***Online proof correction***

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

***Offprints***

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. This link can also be used for sharing via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).

**AUTHOR INQUIRIES**

You can track your submitted article at <https://www.elsevier.com/track-submission>. You can track your accepted article at <https://www.elsevier.com/trackarticle>. You are also welcome to contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

## **Capítulo II**

### **Fenologia, biologia floral e requerimentos de polinização de tangelos nas condições climáticas do nordeste, Brasil**

Manuscrito a ser enviado ao periódico  
Annals of Applied Biology  
(Qualis B1 para a Área de Biodiversidade)

## **Fenologia, biologia reprodutiva e requerimentos reprodutivos de tangelos nas condições climáticas do nordeste, Brasil**

Ramon da Silva Santos<sup>1</sup>; Marcelo de Oliveira Milfont<sup>2</sup>; Mairon Moura Silva<sup>2</sup>; Cibele Cardoso de Castro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Botânica, Depto. de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns

Autor para correspondência: C.C. Castro (cibelecastro@hotmail.com)

### **Resumo**

A polinização é um elemento-chave tanto na conservação ambiental quanto na produção agrícola. Os insetos, especialmente as abelhas, são os principais polinizadores em ambientes naturais e agrícolas, influenciando fortemente a produção de frutos e sementes. Este estudo investigou a fenologia, a biologia floral, o sistema reprodutivo e a polinização em duas variedades de tangelos no agreste de Pernambuco, nordeste do Brasil. Foram coletados dados fenológicos quinzenalmente, dados morfométricos de flores e frutos, polinizações controladas e observação focal da frequência de visitas e comportamento dos visitantes (contato com elementos sexuais, interações com outros visitantes e recurso coletado), bem como obtida a produção de frutos e suas características físico-químicas. As variedades apresentaram padrões fenológicos semelhantes, com três eventos de floração, sendo o pico em dezembro (período seco). Não houve correlação significativa entre a precipitação e as fenofases analisadas. As variedades apresentam inflorescências terminais do tipo dicásio, com flores hermafroditas e actinomorfas, as quais foram visitadas por dípteros, himenópteros e lepidópteros, sendo as abelhas os mais frequentes. São autoincompatíveis e os frutos resultantes de polinização cruzada não apresentaram alterações nas qualidades organolépticas em relação aos frutos formados no controle. Ambas as variedades apresentaram limitação polínica e baixa eficiência reprodutiva, indicativos de baixa eficiência de polinização e de necessidade de manejo de polinizadores. Esses resultados podem ter relação com diversos fatores, dentre eles as condições da vegetação do entorno da cultura e a aplicação frequente de pesticidas. Estes compostos podem causar abscisão floral e reduzir as populações de polinizadores (e, conseqüentemente, a formação de frutos), especialmente em espécies que necessitam da ação dos polinizadores.

**Palavras chave:** Biologia reprodutiva, citros, frutífera, sistema sexual, tangelo.

## **Introdução**

A produção de frutos e sementes em culturas agrícolas é fortemente influenciada pela fenologia e biologia reprodutiva das espécies cultivadas, tendo a periodicidade e a intensidade das fenofases como fatores diretamente relacionados à atratividade e disponibilidade de recursos para polinizadores e, conseqüentemente, na dinâmica das populações destes animais nas culturas (Vieira et al., 2012). Os sistemas sexual e reprodutivo determinam a necessidade ou não da polinização cruzada, realizada principalmente por abelhas em ambientes agrícolas (Witter; Blochtein, 2003; Imperatriz-Fonseca; Nunes-Silva 2010). Assim, o conhecimento da fenologia e da biologia reprodutiva de espécies cultivadas constitui uma importante ferramenta para entender os requerimentos da cultura e verificar se esta necessita de intervenções em seu manejo (Silva, 2013), a fim de atingir a produção máxima e as necessidades de mercado. Isto porque a polinização por animais geralmente resulta em aumento da quantidade e da qualidade (uniformidade dos frutos, cor, concentração de solutos) da produção de diversas culturas no mundo (Morgado et al., 2002; Malerbo et al., 2003; Chacoff; Aizen, 2006; Rodrigues, 2012).

Uma das principais exigências do mercado internacional de citros são os frutos de mesa com poucas ou nenhuma semente (apirenia). No Brasil, as pesquisas sempre estiveram voltadas para a citricultura de indústria (que usa frutos com sementes) em detrimento da citricultura de mesa (Ferraro, 2006). Entretanto, com a importação de frutos de mesa da Espanha e do Uruguai, onde a apirenia é muito importante, abre-se no país a possibilidade de pesquisa, produção e exportação desse tipo de variedade. Isso deverá incentivar os estudos de novas tangerinas e híbridos, no sentido de produzir frutos com alta qualidade organoléptica e com poucas sementes (Evangelista-Rodrigues, 2008).

Os tangelos Nova e Lee são híbridos entre tangerinas e pomelos e constituem uma boa opção aos citricultores brasileiros, pois possuem um mercado interno crescente e boas perspectivas de exportação em função de sua baixa quantidade de sementes, além da produção ocorrer na entressafra do hemisfério norte (Ferraro, 2006). Suas flores são brancas, diurnas, nectaríferas e odoríferas, visitadas principalmente por abelhas (Ferraro, 2006). Não se conhecem maiores detalhes da sua biologia reprodutiva nem sobre sua fenologia. O florescimento de espécies de citros em geral tem início após o período vegetativo da planta, quando existem condições térmicas e hídricas favoráveis ao desenvolvimento de flores (Davies; Albrigo, 1994). A época de florescimento é fortemente influenciada pelas condições de temperatura e precipitação (Toledo et al., 2013).

Este estudo teve por objetivo investigar a fenologia e biologia reprodutiva dos tangelos Nova e Lee na condição climática presentes no nordeste brasileiro, visando compreender seu funcionamento reprodutivo (existência de limitação polínica) nas condições encontradas na área de estudo.

## **Material e métodos**

### **Área de estudo**

A Pesquisa foi desenvolvida de julho de 2014 a julho de 2015 na Unidade Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) localizado no município de Brejão (PE), (09° 01' 09" S, e 36° 34' 07" W). Está situado a uma altitude de 780 m, o clima é classificado como tipo A's tropical chuvoso (sensu Köppen, 1999) com precipitação média anual de 1.273 mm. O período chuvoso vai de março a agosto e, ocasionalmente, chove também nos meses de dezembro e janeiro. As temperaturas médias variam de 18,5 °C no inverno a 22 °C no verão. Apresenta solos do tipo argissolo vermelho-amarelo distrófico abrupto, plúntico, arênico, com a textura variando de franco arenoso a franco argilo-arenoso, ácido, com baixos teores de matéria orgânica, cálcio, magnésio, fósforo e potássio (Nunes Filho et al. 2013).

### **Variedades de tangelos**

O tangelo Nova [*Citrus clementina* hort. ex Tanaka x (*Citrus paradisi* Macfad. X *Citrus tangerina* Hort. ex Tanaka)] e o tangelo Lee (*C. paradisi* Macf. x *C. tangerina* Hort. ex-Tanaka) são variedades arbustivas de porte médio a grande, de clima tropical a subtropical e que apresentam grande longevidade. São muito vigorosas, com ramos bem desenvolvidos e frondosos e não apresentam espinhos, facilitando a colheita. Suas folhas são verde clara, de tamanho médio a grande, lanceoladas e com pecíolo curto (Soler-Aznar, 1999).

A flor possui cálice gamossépalo com cinco sépalas creme, corola gamopétala evidente como cinco pétalas brancas e inseridas na base do pedicelo. O androceu contém entre 12 e 20 estames parcialmente unidos na base formando uma estrutura que envolve o estilete, produz pólen abundantemente (Toledo et al., 2013). O ovário é súpero contendo de 8-15 carpelos, cada um com duas fileiras de óvulos e com um disco nectarífero em sua base (Sanford, 2011), que produz néctar desde a pré-antese. Possui um estilete e um estigma globoso, receptivo desde a pré-antese. A antese ocorre das 9:00 às 16:00 horas, e as anteras liberam o pólen algumas horas depois da flor estar completamente aberta (Pesson; Louveaux, 1984).

As culturas foram implantadas na estação experimental em 2006 com espaçamento de seis metros entre indivíduos, cada cultura apresenta seis indivíduos que são irrigados duas

vezes ao dia e com aplicação semanal de inseticida. Sua poda ocorre após a colheita dos frutos.

### **Fenologia**

As fenofases vegetativas e reprodutivas foram acompanhadas quinzenalmente entre julho/2014 e junho/2015 (sendo seis indivíduos por variedade), estimando-se a intensidade de brotamento, queda de folha, floração e frutificação de acordo com Fournier (1974). O padrão de floração foi descrito de acordo com Newstron et al (1994) e a sincronia das fenofases foi determinada de acordo com Bencke e Morellato (2002). Testes de Correlação de Spearman foram realizados para comparar a precipitação pluviométrica e as fenofases, utilizando-se o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2007). Os dados pluviométricos foram cedidos pelo IPA.

### **Biologia foral**

Para acompanhamento da antese, cinco botões em fase inicial de abertura em duas inflorescências de cada indivíduo em cada variedade foram marcados em diferentes plantas e acompanhados visualmente durante todo o seu desenvolvimento. Foram registrados a disponibilidade de pólen (n= 5 flores para cada variedade, distribuídas em diferentes indivíduos) e a receptividade estigmática usando peróxido de hidrogênio (Dafni, 2005), utilizando três flores a cada hora das 5:00 às 16:00 horas, em cada variedade estudada.

Foram coletados botões (n= 70) e flores (n=70) de todos os indivíduos das variedades e fixados em etanol a 70% para coleta de dados morfométricos (comprimento e diâmetro da corola, altura de anteras e do estigma) com auxílio de estereomicroscópio e paquímetro digital. A razão pólen/óvulo (P/O) foi estimada através da contagem direta do número de grãos de pólen por antera (uma antera por botão) e de óvulos por botão floral (n=10; Cruden, 1977), sendo contados utilizando câmara de Neubauer, para a determinação da viabilidade polínica os grãos de pólen foram corados com solução a 2% de carmim acético (Radford et al., 1974).

A concentração de açúcares e o volume de néctar foram medidas, respectivamente, utilizando-se refratômetro de bolso (Atago 0-32%) e micro seringa graduada (microliter ® 10 µL), em cinco flores de plantas diferentes para cada variedade; as flores foram ensacadas após cada retirada, que ocorria a cada duas horas, tendo início às 6:00 horas e se estendendo até às 16:00 horas.

### **Sistema reprodutivo**

O sistema reprodutivo foi avaliado por meio da observação de formação de frutos após polinização natural (controle), e as seguintes polinizações controladas *in situ*: autopolinização espontânea, autopolinização manual e polinização cruzada (150 flores para cada tratamento para cada variedade). Os botões em pré-antese utilizados nos tratamentos de autopolinização espontânea e polinizações manuais foram ensacados para evitar o contato dos visitantes com as flores. Nas autopolinizações espontâneas os botões foram apenas ensacados sem receber nenhum tratamento de polinização; na auto-polinização manual as flores foram polinizadas com seu próprio pólen, e na polinização cruzada os botões eram emasculados na pré-antese e as flores polinizadas, no período de antese, com pólen proveniente de outros indivíduos da mesma variedade. O número de frutos e sementes formados em cada tratamento foram contados e medidos o comprimento e diâmetro.

As comparações do número de frutos e sementes formados na polinização natural (controle) e entre os tratamentos de polinização cruzada, auto-polinização espontânea e auto-polinização manual foram realizadas usando-se teste de Qui-quadrado. O índice de auto-incompatibilidade (IAI) e a eficiência reprodutiva (ER) estabelecidos por Zapata e Arroyo (1978) foram calculados com as modificações apresentadas por Oliveira e Gibbs (2000) e Freitas e Oliveira (2002). O IAI foi obtido pela divisão do percentual de frutificações resultantes de autopolinização manual pelo percentual de frutos formados pela polinização cruzada; IAI menor ou igual a 0,2 indica espécie autoincompatível. A ER foi calculada pela divisão do percentual de frutificações provenientes de polinização natural pelo percentual de frutificações por polinização cruzada; valores abaixo de 0,66 indicam ER baixa, entre 0,67 e 0,80 indicam ER média e valores acima de 0,81 indicam alta ER. O índice de limitação polínica (ILP) foi calculado como  $ILP = 1 - (N/S)$ , onde N = conjunto de sementes formadas por polinização natural e S = número de sementes formadas a partir de polinização cruzada; valores negativos até 0,2 indicam ausência de limitação polínica (Freitas et al. 2010).

### **Visitantes florais**

Foram realizadas observações diurnas das 5:00 às 17:00 horas em indivíduos focais, totalizando um período de 60 horas de observação em cinco dias não consecutivos no pico da floração para cada variedade. Em cada visita foi observado o número de flores visitadas, o recurso floral coletado, contato com elementos sexuais e interações entre visitantes.

De acordo com o comportamento de visita, o visitante foi classificado como polinizador efetivo (PE), quando entra em contato com anteras e estigma e foi muito frequente ( $\geq 34$

visitas/dia); polinizador ocasional (PO), aquele que contatou as estruturas reprodutivas e apresentou baixa frequência (<34 visitas/dia) ou como pilhador (PI), aquele que não entra em contato com penas uma dessas estruturas ou quando não entra em contato com nenhuma delas.

Os visitantes foram coletados com auxílio de redes entomológicas, depositados em câmara mortífera, montados a seco, identificados e depositados na coleção do Laboratório de Ecologia Reprodutiva de Angiospermas da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

### **Análise química dos frutos**

Foram analisados o teor de sólidos solúveis totais dos frutos (SST), sendo determinado por leitura direta em refratômetro de bolso (Atago 0-32%), expresso em °Brix (Reed et al., 1986). A acidez total (AT) foi obtida por titulação de 25 mL de suco, com uma solução padronizada de hidróxido de sódio a 1,32N, usando-se fenoftaleína como indicador e os resultados sendo expressos em porcentagem (Reed et al., 1986). Foi calculada a relação sólidos solúveis: acidez (*ratio* ou SS/AT), que indica o estágio de maturação dos frutos cítricos (Reed et al., 1986). As variáveis analisadas foram comparadas entre frutos resultantes de diferentes experimentos reprodutivos usando-se um teste T.

## **Resultados**

### **Fenologia**

As variedades apresentaram padrões fenológicos semelhantes. O brotamento de folhas ocorreu durante os meses de setembro, outubro, janeiro, março e abril, com um pico em setembro (chuvoso) e outro em abril (seco, Figs. 1 e 2), não havendo correlação entre esta fenofase e a precipitação (Nova:  $r_s = -0,2071$ ;  $t = -0,6694$ ;  $p = 0,5184$ ; Lee:  $r_s = -0,0748$ ;  $t = -0,2372$ ;  $p = 0,8173$ ). A queda de folhas ocorreu em todos os meses para ambas as variedades, com pico nos meses de setembro (chuvoso) e abril (seco; Figs. 1 e 2). O início ocorreu no período chuvoso, porém a maior intensidade de perda de folhas ocorreu nos períodos de baixa precipitação. Houve correlação positiva, porém não significativa com a precipitação para a variedade Nova ( $r_s = 0,3615$ ;  $t = 1,2259$ ;  $p = 0,2483$ ) e correlação negativa, e não significativa com a precipitação para a variedade Lee ( $r_s = -0,2261$ ;  $t = -0,7339$ ;  $p = 0,4799$ ).

Ocorreram três eventos de floração das variedades, com um pico em dezembro (seco; Figs. 1 e 2). Embora os eventos de floração tenham ocorrido na estação seca, não foi verificado correlação entre a fenofase de floração e a precipitação (Nova:  $r_s = -0,0944$ ;  $t = -0,2999$ ;  $p = 0,7704$ ; Lee  $r_s = -0,2514$ ;  $t = -0,8214$ ;  $p = 0,4306$ ). A frutificação ocorreu

concomitantemente com a floração, uma vez que a formação do fruto ocorre poucos dias após a senescência floral, observando-se simultaneamente a presença de flores e frutos imaturos em uma mesma inflorescência (Figs. 1 e 2). A frutificação também não apresentou correlação com a precipitação (Nova:  $r_s = -0,1310$ ;  $t = -0,4178$ ;  $p = 0,6849$ ; Lee  $r_s = -0,1066$ ;  $t = -0,3390$ ;  $p = 0,7416$ ). Em todas as fenofases para ambas as variedades, houve alta sincronia apresentando mais de 60% dos indivíduos em uma mesma fenofase.

### **Biologia floral**

As variedades apresentam inflorescências terminais do tipo dicásio com uma média de  $9 \pm 4$  botões e  $5 \pm 1,66$  flores em antese por dia. As flores de ambas as variedades são brancas, pequenas (comprimento da corola:  $0,63 \pm 1,13$  cm; diâmetro  $3 \pm 1,29$  cm), actinomorfas e hermafroditas. O androceu é formado por 20 estames livres com falsa fusão entre seus filetes, formando uma estrutura em forma de coroa, onde ocorre o acúmulo de néctar. As anteras apresentam deiscência longitudinal e uma média de  $48,840 \pm 2,31$  (Nova) e  $48,606 \pm 1,81$  (Lee) grãos de pólen por flor, disponíveis desde o início da antese. O gineceu tem altura de  $2,27 \pm 0,42$  mm (Nova) e  $2,14 \pm 0,34$  mm (Lee), possui um estigma globoso úmido e bastante viscoso, estilete e ovário súpero. Apresentam odor cítrico forte.

Em ambas as variedades o estigma está receptivo e o néctar disponível desde a pré-antese (no caso do néctar, cerca de 10 horas antes da antese). O volume e a concentração do néctar são de  $11,34 \pm 2,31$   $\mu$ l e  $23,2 \pm 9,11\%$  na variedade Nova, e de  $9,7 \pm 2,28$   $\mu$ l e  $25,4 \pm 8,50\%$  na Lee. As flores iniciam a abertura entre 3h:40min e 4h:30min, só estão completamente abertas às 5h:20min sendo funcionais por 24h. A razão pólen-óvulo e a viabilidade polínica foram de  $117,9 \pm 1,21$  e  $98,2 \pm 0,42\%$  respectivamente em Nova e  $249,2 \pm 1,20$  e  $96,5 \pm 0,37\%$  em Lee. No final da antese as flores adquirem coloração amarelada, murçam e caem, persistindo apenas o cálice, que protege o ovário durante o desenvolvimento do fruto.

### **Sistema reprodutivo**

Os frutos são do tipo hesperídio, verdes quando imaturos, e laranja escuro quando maduros e apresentam circunferência de  $65,17 \pm 4,5$ cm para Nova e  $61,25 \pm 6,1$ cm para Lee. Houve formação de frutos apenas no controle e na polinização cruzada, sendo a formação do controle maior que a cruzada em ambas as variedades (Lee:  $X^2 = 0,6$ ; Nova:  $X^2 = 3,67$ ;  $p > 0,05$  para ambas; Tabela 1). Ambas as variedades são autoincompatíveis, com IAI de 0,0. A eficiência reprodutiva de Nova e Lee foram, respectivamente, 1,36 e 1,12, e a limitação polínica de 0,35 e 0,21. Os frutos resultantes dos testes do sistema reprodutivo desenvolveram

uma média de  $15 \pm 8,61$  sementes. Alguns frutos apresentaram a casca rompida após período de chuvas.

### **Visitantes florais**

As flores de ambas as variedades receberam visitas de quatro espécies de himenópteros, duas de lepidópteros, uma de díptero e uma de coleóptero. Os visitantes apareciam ao longo do dia, com pico de visitação à tarde (Fig. 3).

Os visitantes mais frequentes foram as abelhas *Apis mellifera* (L., 1758) e *Trigona spinipes* (Fabr., 1793). Ao se aproximarem da inflorescência, as abelhas inseriam a língua nas flores e, ao coletar o néctar acumulado na base da corola, tocavam o tórax e abdômen no estigma e nas anteras. As visitas duraram entre cinco e seis segundos em cada flor, e posteriormente visitavam outras flores no mesmo indivíduo ou dos indivíduos próximos. Tendo como base a frequência de visitas e o comportamento (contato com elementos sexuais), *A. mellifera* e *T. spinipes* foram considerados polinizadores efetivo. Todavia, *T. spinipes* também perfurava a base do botão floral para a coleta de néctar (Fig. 4). A vespa *Pepsis* sp. atuava como pilhador dos botões em pré-antese, entrando na flor ao deslocar uma das pétalas para fora (Fig. 4).

Dentre as borboletas, *Heliconia ethilia narcaeae* (Godt., 1819) se destacou pela frequência e duração das visitas, chegando a permanecer até 36 segundos em uma mesma flor. Pousava sobre os lobos da corola, depois inseria a probóscide até a sua base e coletava o néctar, contactando as estruturas reprodutivas durante essa trajetória. Devido à baixa frequência de visitas, foram considerados polinizadores ocasionais. As demais espécies de borboletas apresentaram comportamento de visita semelhante e tiveram baixa frequência, também tendo sido consideradas como polinizadores ocasionais.

A mosca *dematobia hominis* (Linnaeus jr., 1781) visitava mais intensamente no fim da tarde e esporadicamente em um pequeno intervalo no período da manhã. Durante as visitas, contactava os elementos reprodutivos de várias flores de uma mesma inflorescência, ou de diferentes inflorescências, sendo considerado polinizador ocasional, assim como um coleóptero não identificado.

### **Análise química dos frutos**

Os dados de SST, acidez total pH e análise de ratio estão na Tabela 2. Não houve diferença significativa de nenhum dos parâmetros analisados entre os tratamentos.

## **Discussão**

### **Fenologia**

A ausência de correlação entre as fenofases e as variáveis climáticas indica que os fatores ambientais na área de estudo não exercem influência direta sobre as fenofases, o que pode ser explicado pela irrigação em períodos regulares. Borchert (1980) sugere que padrões de reprodução e crescimento em espécies vegetais são determinados primariamente por processos periódicos endógenos e secundariamente como adaptação às mudanças ambientais, embora para esse estudo as mudanças climáticas não influenciaram diretamente as culturas.

Apesar da correlação entre floração e precipitação não ter sido significativa, a precipitação parece ser um fator importante para a produção e manutenção das flores das variedades de tangelos estudadas. Espécies que mantem a oferta de recurso por um curto período são importantes para a comunidade da fauna local de visitantes florais (Chacoff; Aizen, 2006). Todavia ocorreram pequenas floradas em mais dois momentos, tendo em vista que as culturas apresentam um ciclo de irrigação diário, contribuindo ativamente no adiantamento reprodutivo das culturas. A influência desse fator abiótico também foi registrada para outras espécies de citros (Oliveira et al., 2005), sugerindo uma possível tendência dessas plantas em encurtar seu ciclo e reproduzir novamente, aumentando a disponibilidade de recurso para a fauna de visitantes e aumentando a produtividade em frutos. O florescimento inicia-se após o período de indução e repouso vegetativo, quando existir condições térmicas e hídricas favoráveis (Davies; Albrigo, 1994).

As plantas cítricas embora adaptem-se a uma vasta diversidade de condições climáticas, tornando-se difícil identificar as causas de queda ou rompimento de fruto ao longo do seu desenvolvimento (Reuther, 1977), sendo o ambiental o mais importante, tais como altas temperaturas, chuvas intensas, rajadas de vento e deficiência hídrica (Reuther, 1973; Davies; Albrigo, 1994), bem como fatores fitossanitários (Oliveira et al., 2005). A frutificação das variedades seguiu por um longo período de tempo com menor precipitação, podendo explicar uma redução no tamanho do fruto e o rompimento de frutos após as chuvas (Fig. 3D). As dimensões dos frutos tem relação às respostas fisiológicas da planta e ao baixo índice pluviométrico, bem como pode ser observado rompimento de fruto por aumento repentino na precipitação (Souza, 2010).

### **Sistema reprodutivo**

A viabilidade polínica bastante alta e a razão pólen/ óvulo indicam que as variedades possuem sistema reprodutivo xenógamo (Cruden, 1977). Os experimentos reprodutivos

confirmam a xenogamia existente para as variedades de tangelos, revelando a necessidade da polinização por animais. A protoginia aqui observada é interpretada como um mecanismo que reduz as chances de autopolinização, em nível intrafloral em espécies hermafroditas (Lloyd; Webb, 1986). Segundo Hoc e Garcia (1998), a protoginia pode constituir uma estratégia para captar o pólen transferido de outras flores durante as primeiras visitas dos polinizadores.

A baixa eficiência reprodutiva observada pode estar relacionada a causas fisiológicas, como debilidade da planta ou polinização ineficiente, bem como ser um resultado da também observada limitação polínica. Muitos fatores podem levar a esses resultados, tais como a vegetação do entorno e a aplicação de pesticidas, que podem causar queda de flores, além de reduzir as populações de polinizadores (Potts et al. 2010).

### **Visitantes florais**

As flores das variedades apresentam características da síndrome de melitofilia, dentre elas flores brancas, diurnas, com plataforma de pouso, difícil acesso ao néctar (Faegri; Pijl 1979). No entanto, foi observado que, além de abelhas, estas flores também foram polinizadas por borboletas, moscas e besouros, uma vez que a flor também possui algumas características morfológicas não restritivas a visita e a atuação de outros polinizadores. Em diversos estudos foram demonstrados que, ainda que as características florais indiquem um tipo de síndrome floral, não é eliminada a probabilidade de demais grupos visitantes atuarem nesses indivíduos realizando visitas eficientes (Proctor et al., 1996; Ollerton et al., 2009).

Embora as flores sejam polinizadas efetivamente por abelhas, a grande diversidade de polinizadores observada pode ser atribuída à morfologia floral generalista com flores não muito pequenas, bem como o néctar abundante. Em espécies com flores generalistas a eficiência de cada grupo de polinizador varia de acordo com o comportamento e a frequência das visitas (Fenster et al., 2004; Guedes junior, 2011). Considerando a baixa eficiência reprodutiva e a limitação polínica aqui observadas, é recomendado comparar a eficiência de polinização entre os polinizadores e em seguida estabelecer o manejo dos mesmos, no sentido de diminuir a limitação polínica e aumentar a eficiência reprodutiva e a produção geral de frutos.

### **Análises químicas**

Os frutos de Nova e Lee apresentaram valores de sólidos solúveis, acidez total semelhantes a estudos prévios (Pio et al, 1993; Ferraro, 2006). O pH encontrado no tangelo Nova foi também semelhante àquele encontrado nos estudos supracitados, mas o do tangelo

Lee foi inferior. Esse dado pode ser explicado pela colheita dos frutos ter sido realizada um pouco antes da maturação ideal da variedade, danos causados por alguma praga, ou ainda em função do clima da região onde foi realizado o experimento (Demirkeser et al. 2001; Ferraro, 2006). A antecipação na colheita implica na diminuição do teor nas características organolépticas dos frutos.

### **Conclusão**

Os dados indicam que, nas condições estudadas, as fenofases das variedades não são influenciadas pela precipitação, possivelmente por serem irrigadas frequentemente. São xenógamas obrigatórias, necessitando da visita de polinizadores para a produção de frutos. Apresentam baixa eficiência reprodutiva possivelmente devido a limitação polínica observada, condições indicativas de necessidade de manejo de polinizadores. Essa limitação pode estar relacionada a muitos fatores, dentre eles as condições de conservação da vegetação do entorno e a aplicação frequente de pesticidas, que podem diminuir a densidade de polinizadores e conseqüentemente sua frequência de visitas. É importante que sejam investigadas formas de utilização de pesticidas que reduzam ou minimizem a influência negativa sobre os polinizadores, tais como aplicações de pesticidas em horários diferentes dos picos de visitação.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida a R.S.Santos, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro concedido a C.C.Castro (483348/2012-0), ao Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo apoio logístico e financeiro e ao Instituto Agrônomo de Pernambuco pelo apoio logístico.

### **Referências**

- AYRES, M. et al. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. **Sociedade Civil Mamirauá**, Belém, 2007.
- BENCKE, C. S.C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, n.2, p.237-248, 2002.
- BORCHERT, R. Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana* O.F. Cook. **Ecology** n.61 p.1065-1074, 1980.

- CHACOFF, N. P.; M. A. AIZEN. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. **Journal of Applied Ecology** n.43 p18–27, 2006.
- CRUDEN, R.W. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, v. 31 p. 32-46, 1977.
- DAFNI, A. et al. Practical Pollination Biology. **Ontario**, Canada. p.315, 2005.
- DAVIES, F. S.; ALBRIGO, L. C.. **Citrus**. Wellingford, Cab International, p.245, 1994.
- DEMIRKESER, T. H. The effects of self and crosspollination on the fruit set and quality of Nova mandarin. In: International Congress of Citrus Nurserymen, 6, Ribeirão Preto, **EECB/Fundecitrus**, p.305-308, 2001.
- FAEGRI, K.; PIJL, L. VAN DER. The principles of pollination ecology. **Pergamon Press**, London. 1979.
- FENSTER, C. B. et al. Pollination syndromes and floral specialization. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, n.35: p. 375-403. 2004.
- FERRARO, A.E. et al. Influência da Polinização com Variedades de Laranja-Doce Sobre o Número de Sementes de Tangelo Nova. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 2, p. 244-246, 2006.
- FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas em árboles tropicales. **Turrialba**. Turrialba, v24 p.422-423, 1974.
- FREITAS, C.V.; OLIVEIRA, P.E. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**. V. 25 n.(3) p. 311-321, 2002.
- FREITAS, L. et al. Ocorrência de limitação polínica em plantas de Mata Atlântica. **Oecologia Australis**. Austrália, v. 14, p.251-265, 2010.
- GUEDES, R.S. et al. Déficit de polinização da aceroleira no período seco no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Fruticultura** v.33 n.(2), p.465–471, 2011.
- HOC, P.S.; GARCIA, M.T.A. Biologia floral y sistema reproductivo de *Phaseolus vulgaris* var. *Aborigineus* (Fabaceae). **Revista de Biologia Tropical**, v. 47, n.1, p. 35-42, 1998.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NUNES-SILVA, P. Bees, ecosystem services and the Brazilian Forest Code. **Biota Neotropical** v.10 n.(4) 2010.
- LARSON, B. M. H.; BARRETT, S. C. H. A comparative analysis of pollen limitation in flowering plants. **Biological Journal of the Linnean Society**. V. 69 p.503–520, 2000.
- LLOYD, D.G.; WEBB, C.J.. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms. I. Dichogamy. New Zealand, **Journal of Botany** n.24 p.135-162, 1986.

- MALERBO-SOUZA, D.T. et al. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, n.4, p.237-242. 2003.
- MORGADO, L.N. et al. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras- MG. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.26, n.6, 2002.
- NEWSTRON, L. E. et al. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, Washington, v.26 p.141-159, 1994.
- NUNES FILHO, J. et al. Productivity of arabic coffee under supplemental irrigation in Southern Pernambuco State, Brazil. **Pesquisa agropecuária pernambucana.**, Recife, v. 18, n. 1, p. 27-33, 2013.
- OLLERTON, J., et al. A global test of the pollination syndrome hypothesis. **Annals of Botany** v.103 p.1471-1480. 2009.
- OLIVEIRA, P.E.; GIBBS, P.E. Reproductive biology of wood plants in cerrado community of Central Brazil. **Flora**, n.195 p.311-329, 2000.
- OLIVEIRA, R. P. et al. Fisiologia da formação de sementes em citros. Pelotas, **Embrapa Clima Temperado**, 1ed., p. 27. 2005.
- PESSON, P.; LOUVEAUX, J. Pollinisation et productions végétales. Paris: **INRA**, p.663, 1984.
- PIO, R. M. et al. Características do fruto de oito cultivares de tangerineiras e seus híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.15, n.1, p.43-47, 1993.
- POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers **Trends in Ecology and Evolution** v.25 n.6, 2010.
- PROCTOR, M. et al. **The natural history of pollination**. Harper Collins Publishers, London. 1996.
- RADFORD, A.E. et al. Vascular plant systematics. **Harper & Row Publishers**, New York. 1974.
- REUTHER, W. Citrus. In: P.T. Alvin, and T.T. Kolzowski (ed.) **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, p.409-440, 1977.
- REUTHER, W. Climate and citrus behavior. In: REUTHER, W. (Ed). **The citrus industry**. Riverside: UCA Press., p. 280-337, 1973.
- RODRIGUES, A. E. Polinização de *citrus* In: Terceira Semana dos Polinizadores. (3: 2010. Petrolina, PE) Palestras e resumos / Terceira Semana dos Polinizadores / editora técnica, Márcia de Fátima Ribeiro.--- Petrolina: **Embrapa Semi-árido**, 2012.

SANFORD, M.T. Pollination of Citrus by Honey Bees. one of a series of the Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, **Institute of Food and Agricultural Sciences**, University of Florida. 2011.

SILVA, N.N.A. **Fenologia, biologia reprodutiva e exigência térmica da uva ‘Isabel’ (*Vitis labrusca* L., VITACEAE) e a influência da vegetação nativa na polinização e na produção de frutos.** Dissertação (Programa de Pós-graduação em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife, 2013.

SOLER-AZNAR, J. S. Reconocimiento de variedades de cítricos em campo. **Generalitat Valenciana**, Valência 1.ed p.187, 1999.

SOUZA M. E. et al. Influência das precipitações pluviométricas em atributos físico-químicos de frutos da goiabeira ‘paluma’ em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 2, p. 637-646, 2010

TOLEDO, V.A.A. et al. Polinização por abelhas (*Apis melífera* L.) em laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agraria Paranaensis – SAP**. Mal. Cdo. Rondon, v.12, n.4, p.236-246. 2013.

VIEIRA, M.F. et al. **Floração, Polinização e Sistema Reprodutivo em Florestas Tropicais in Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil.** 2 ed. revisada e ampliada, Viçosa, MG: Ed. UFV, p.51-84. 2012.

WITTER, S.; BLOCHTEIN, B. Efeito da polinização por abelhas e outros insetos na produção de sementes de cebola. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1399-1407, 2003.

ZAPATA, T.R.; ARROYO, M.T.K. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. **Biotropica**. n.10 p221-230. . 1978.

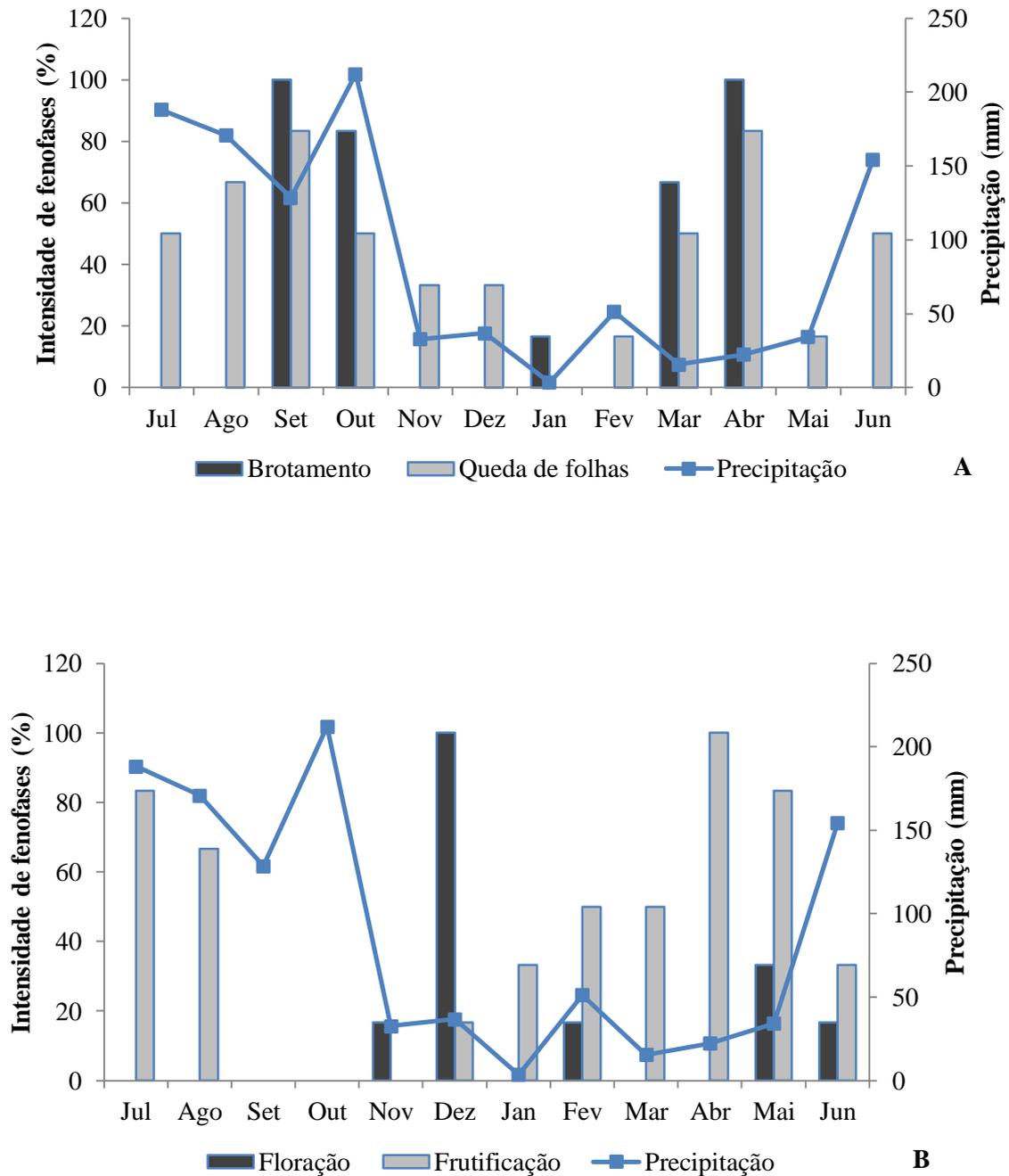
**Tabela 1.** Resultados dos experimentos reprodutivos de tangelos Nova e Lee no Instituto Agrônômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil.

Tratamentos	Nova		Lee	
	% de frutos /sementes (flores)		% de frutos / sementes (flores)	
Polinização natural (controle)	58.2 <sup>a</sup> /9±11,5	(158)	57.2 <sup>a</sup> /12±10,9	(154)
Autopolinização manual	0 <sup>c</sup> /0	(150)	0 <sup>c</sup> /0	(150)
Autopolinização espontânea	0 <sup>c</sup> /0	(150)	0 <sup>c</sup> /0	(150)
Polinização cruzada	42.7 <sup>b</sup> /14±9,30	(150)	51.3 <sup>b</sup> /15,3± 9,84	(150)

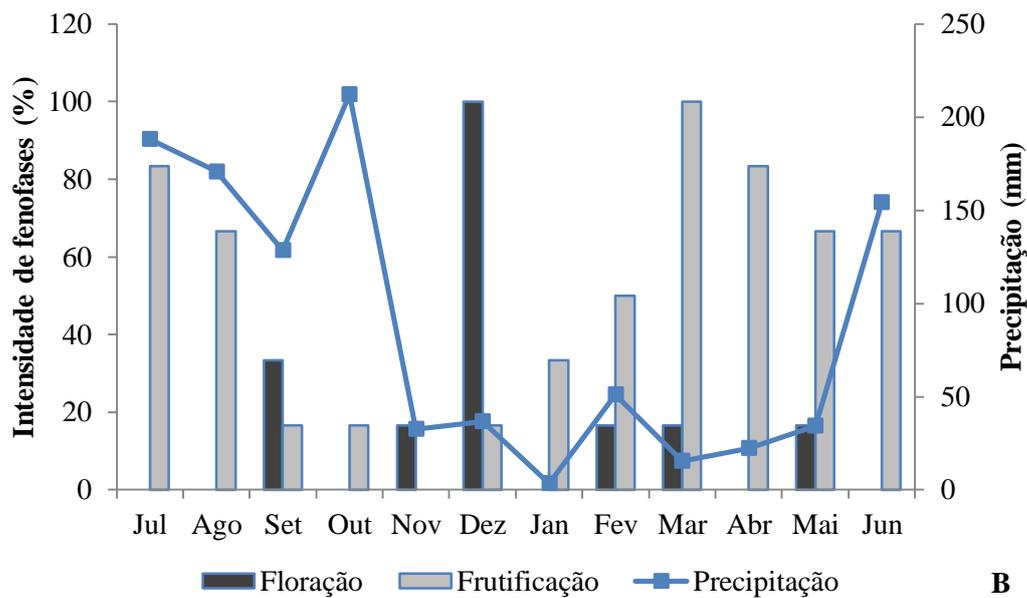
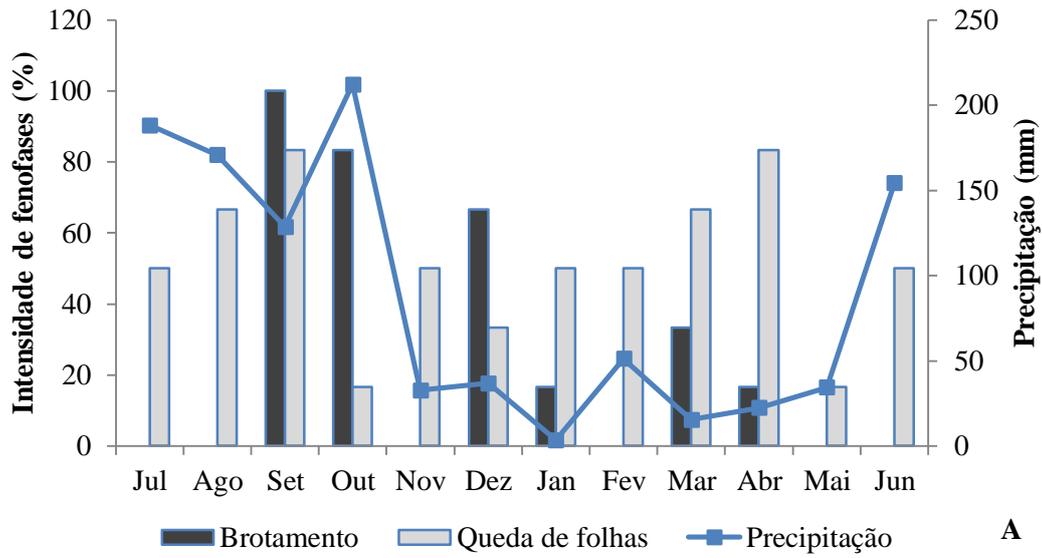
**Tabela 2.** Sólidos solúveis totais (SST, °Brix), acidez total (%), relação sólidos solúveis: acidez (*ratio*) e pH dos frutos dos tangelos Nova e Lee originados a partir de polinizações controladas no Instituto Agrônômico de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil.

Tratamentos		Polinização natural	Polinização Cruzada	Coefficiente de Variação
Sólidos solúveis totais (°Brix)	Nova	10,0 <sup>a</sup>	9,80 <sup>a</sup>	0,65
	Lee	9,20 <sup>a</sup>	8,83 <sup>a</sup>	1,36
Acidez total (AT)	Nova	0,83 <sup>a</sup>	0,81 <sup>a</sup>	3,78
	Lee	0,94 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>	3,78
Relação sólidos solúveis:acidez ( <i>ratio</i> )	Nova ( <i>ratio</i> )	12,1 <sup>a</sup>	12,1 <sup>a</sup>	
	Lee ( <i>ratio</i> )	9,78 <sup>a</sup>	9,39 <sup>a</sup>	
pH	Nova	3,45 <sup>a</sup>	3,46 <sup>a</sup>	
	Lee	3,65 <sup>a</sup>	3,58 <sup>a</sup>	

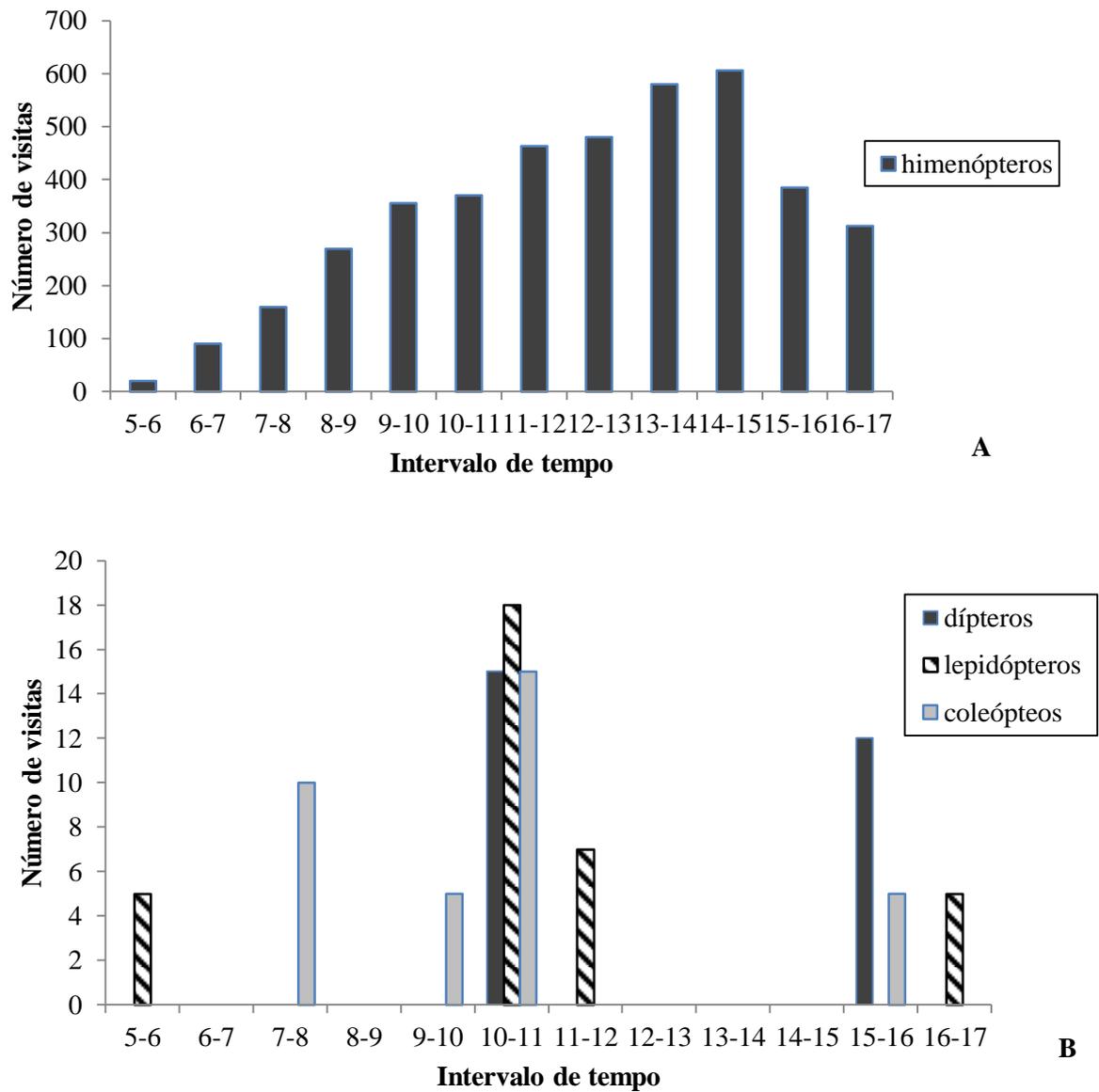
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste *t*.



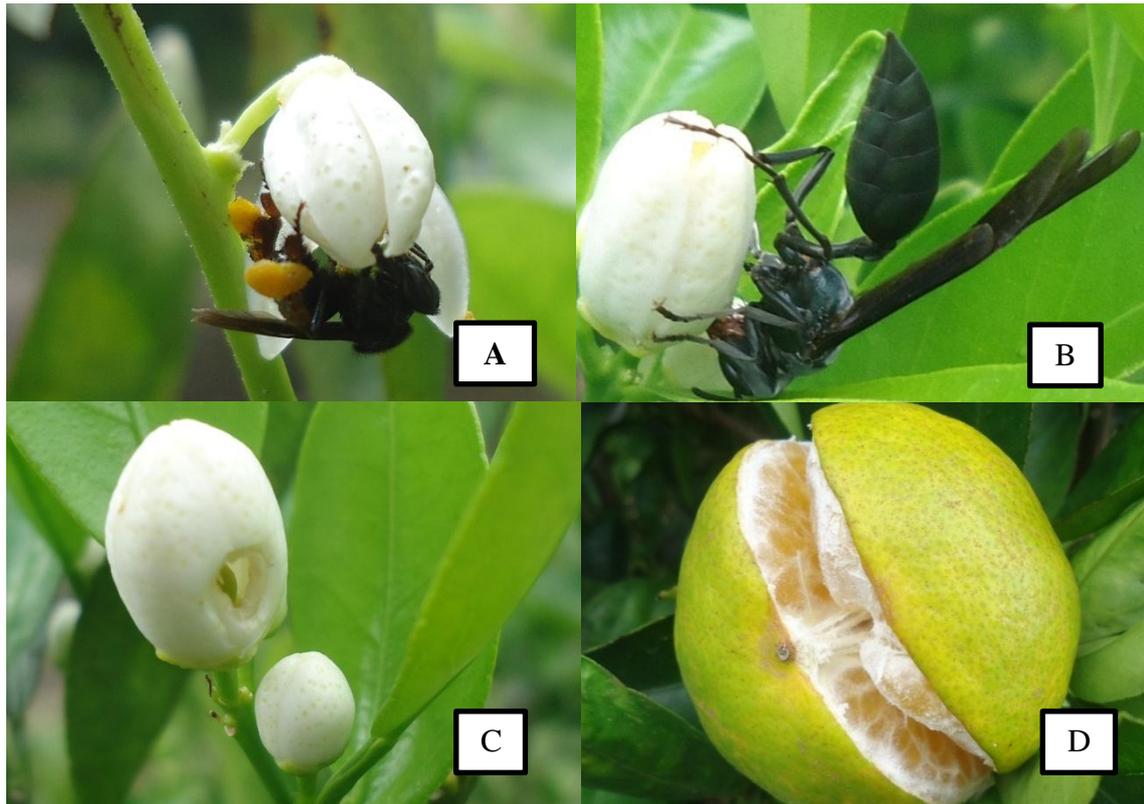
**Figura 1.** Fenosafes do tangelo Nova no período de julho de 2014 a junho de 2015 no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. A: Brotamento e queda de folhas; B: Floração e frutificação. Dados climatológicos: IPA.



**Figura 2.** Fenosafes do tangelo Lee no período de julho de 2014 a junho de 2015 no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Estação Experimental de Brejão, Brejão, Pernambuco, Brasil. A: Brotamento e queda de folhas; B: Floração e frutificação. Dados climatológicos: IPA.



**Figura 3.** Frequência de visitas às flores de Nova e Lee no Instituto Agrônomo de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Pernambuco, Brasil. (A) Himenópteros; (B). Demais visitantes.



**Figura 4:** Comportamento de pilhagem de botões em flores, e fruto com a rasca rompida de tangelos Lee e Nova no Instituto Agrônomo de Pernambuco, Estação Experimental de Brejão, Pernambuco, Brasil. (A) *Trigona spinipes* pilhando flor; (B,C) *Pepsis* sp. rompendo botão floral de tangelo Nova ; (D) Rompimento do fruto por aumento repentino na precipitação.

## **Estrutura do artigo da revista *Annals of Applied Biology*** (Qualis B1 para Biodiversidade)

O texto deve ser dividido nas seguintes seções e aparecerem na seguinte ordem: (1) título (com curto cabeçalho, título, nomes dos autores e afiliações), (2) resumo, (3) palavras-chave, (4) introdução, (5) materiais e métodos, (6) os resultados, (7) de discussão, (8) agradecimentos, (9) referências, (10) informações de apoio, (11) tabelas, (12) legendas de figuras (13) figuras.

Autoridades para a binomial latina de todos os organismos não são usadas no título ou resumo, e apenas na primeira menção no corpo principal do texto. Nomes comuns de pragas e doenças devem seguir "MAFF Boletim Técnico n ° 6" e "Lista de Doenças comuns de plantas britânicas compilados pela Sociedade Britânica de Micologia.

Nomes de genes e *loci* deve ser itálico, as proteínas devem ser romano.

Vírus nomenclatura (e siglas) deve seguir as diretrizes da Comissão Internacional sobre a Taxonomia de Vírus (ICTV). O relatório atual é: van Regenmortel MHV, Fauquet CM, Bispo DHL (Eds) (2001) Taxonomia de Vírus: Sétimo Relatório do Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus. San Diego: Academic Press. Autores também são aconselhados a verificar o site ITCV para as últimas informações.

Nomenclatura química deve seguir a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) regras definitivas para a nomenclatura.

Pesticidas e outros produtos industriais devem ser chamados pelos seus nomes comuns (ISO Publicações 1831, 2474, etc.) Na ausência de um nome comum, o nome completo ou a abreviatura definida, de preferência a um nome comercial. Na primeira menção, nomes comerciais devem ser capitalizados.

### **Estatística**

O design de todos os experimentos deve ser explícito e claro. Todas as deduções feitas a partir de experiências devem ser examinadas por um estatístico. Experimentos desenvolvidos devem ser resumidos por meio e os correspondentes erros padrão das diferenças entre as médias (SED), ou erros padrão das médias (SE), e graus de liberdade. A utilização de procedimentos de comparação múltipla de Duncan, tais como ou Tukey é proibida. Ajuda e conselhos dos editores Anais estatísticos estão disponíveis para os autores.

Símbolos, unidades e abreviaturas deve ser expresso como Sistema Internacional de unidades. Em circunstâncias excepcionais, outros podem ser utilizados, desde que sejam consistentes. Aplicável ao Gabinete Editorial para o conselho.

### **Referências**

Referências no texto devem ser inserido entre parênteses na íntegra para simples e dupla autoria, mas usando o primeiro autor e et al. para vários trabalhos de autoria. Referência para comunicações pessoais, trabalhos inéditos e não arbitrado, e do trabalho que é inédito deve ser mínimo e deve aparecer no texto apenas. É de responsabilidade do autor, para obter a permissão dos colegas para incluir o seu trabalho como uma comunicação pessoal. Referências na lista devem seguir o sistema de Harvard.

### **Informações de suporte**

Quantitativas dados biológicos muito extensas para inclusão na edição impressa da revista pode ser apresentado na edição on-line, informações de apoio. Como tal, será analisado como uma parte integrante do papel. A disponibilidade de informações de apoio deve ser indicada no manuscrito principal de um parágrafo, para aparecer após as referências, oferecendo títulos de figuras, tabelas, etc.

### **Gráficos**

Os resultados numéricos devem ser apresentados em tabelas ou figuras, mas não ambos. A revista acolhe figuras coloridas e pranchas, quando a informação seria perdida se reproduzido em preto e branco. Por favor, note que há uma taxa para cor de impressão. No caso em que um autor não é capaz de cobrir os custos de reprodução de figuras de cor em cor na versão impressa da revista, Anais de Biologia Aplicada oferece autores à oportunidade de reproduzir figuras de cor em cor de graça na versão online do artigo (mas eles ainda aparecem em preto e branco na versão impressa).

**Arte eletrônica:** exige a apresentação de obras de arte eletrônica. Gráficos vetoriais (por exemplo, arte de linha) devem ser salvos no formato Encapsulated Postscript (Eps), e meios-tones Tagged Image File Format (Tif). Os arquivos TIFF devem ser fornecidos a uma resolução mínima de 300 dpi (pontos por polegada) no tamanho final em que devem aparecer na revista. Arquivos de cores devem estar em formato CMYK. A rotulagem deverá ser em 10pt Times New Roman. Seções de figuras devem ser designadas com letras maiúsculas. Barras de ampliação devem ser dadas em microscopia eletrônica e de luz.

**Tabelas:** As tabelas devem ser digitadas em páginas separadas, como parte integrante do arquivo de texto. Eles devem ter um título breve descritivo e ser autoexplicativo. As unidades devem aparecer entre parênteses nos títulos das colunas, não no corpo da mesa. Palavras repetidas ou números em linhas sucessivas devem ser escrito na íntegra. Notas de rodapé devem ser mínimas. Quando a precisão dos dados é expressa como erro padrão (SE) ou erros padrão das diferenças (SED) os graus de liberdade (df) deve ser dado.

**Legendas:** Tabela e legendas de figuras devem ser incluídas no arquivo de texto e conter informação suficiente para ser compreendido sem referência ao texto. Cada um deve começar com um título curto para a figura.

**Imagens da capa:** arte eletrônica / fotografias originais de alta qualidade adequados para a capa da revista *Annals* são bem-vindas. Eles devem ser enviados para o Gabinete Editorial e ser acompanhada por uma legenda relevante. É preferido, mas não essencial, que as imagens devem estar relacionadas com os trabalhos submetidos. Contribuintes são obrigados a atribuir direitos de autor com a Associação pela lei do Reino Unido.