



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JOÃO PAULO DE OLIVEIRA MUNIZ

ABELHAS E A POLINIZAÇÃO DA PITAYA (*Hylocereus* spp.): IMPLICAÇÕES NO VINGAMENTO, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS

FORTALEZA

2017

JOÃO PAULO DE OLIVEIRA MUNIZ

ABELHAS E A POLINIZAÇÃO DA PITAYA (*Hylocereus* spp.): IMPLICAÇÕES NO VINGAMENTO, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS

Dissertação submetida à coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal.

Orientador: Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas.

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M935a

Muniz, João Paulo de Oliveira.

Abelhas e a polinização da pitaya (*Hylocereus* spp.): implicações no vingamento, características físicas e físico-químicas dos frutos / João Paulo de Oliveira Muniz. – 2017. 81 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.

Coorientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.

1. Universidade Federal do Ceará. I. Título.

CDD 636.08

JOÃO PAULO DE OLIVEIRA MUNIZ

ABELHAS E A POLINIZAÇÃO DA PITAYA (*Hylocereus* spp.): IMPLICAÇÕES NO VINGAMENTO, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de Mestre em Zootecnia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Ciências e Tecnologia da referida Universidade.

Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal.

Aprovada em: 24 / 07 / 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. PhD Breno Magalhães Freitas (ORIENTADOR)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Everton Alves
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

A **Deus**, pelo fôlego da vida.

À minha mulher, **Jaqueline Rodrigues Ferreira Nau Muniz** pelo apoio aos estudos, presteza, confiança, paciência e pelo amor que nos une em uma só carne.

Às minhas filhas, **Anna Olga e Sophia Rodrigues** pela certeza de que minha “luta” de todos os dias não será em vão.

Aos meus pais, **Francisco Artidônio Bezerra Muniz e Francisca Gonçalves Oliveira**, sem eles essa caminhada não conseguiria. Sou grato pelos ensinamentos que recebi sempre no caminho do bem, os quais levarei por toda vida.

À minha irmã, **Francisca Maria de O. Muniz** pelas travessuras na infância e companheirismo na fase de graduação.

A todas as pessoas que fazem parte de minha vida.

Com amor
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelo dom da vida e o livre arbítrio.

À Universidade Federal do Ceará, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de cursar o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo papel fundamental na ajuda de custo do mestrado.

Ao meu orientador **Breno Magalhães Freitas** pelos preciosos ensinamentos sobre abelhas e esse fascinante universo da polinização.

Ao professor **José Everton Alves** que foi o responsável por despertar o prazer pela busca do conhecimento sobre o magnífico mundo das abelhas.

Ao Grupo de Pesquisas com Abelhas e Polinização – UVA, onde aprendi não só a enveredar pela ciência, mais também aprendi a buscar sempre o melhor caminho de forma saudável e onde fiz amigos que nunca esquecerei.

A todos os amigos do Grupo de Pesquisas com Abelhas da UFC que estão sempre à disposição para ajudar.

À empresa FRUTACOR, colaboração e pela consciência de que a pesquisa é de extrema importância para produção na agricultura.

Ao senhor **José Aldair Gomes Costa**, grande empreendedor que disponibilizou a área onde o trabalho foi desenvolvido, buscando a diversidade na produção de frutas.

Ao amigo **Jean Silva Medeiros** pelo tempo valioso disponibilizado em ajudar nas informações de dados para a pesquisa.

A todos colaboradores da empresa FRUTACOR, que trabalham no cultivo da pitaya, pelos os momentos de alegria e descontração, baseado na certeza de que felicidade se encontra na simplicidade.

Ao professor **Cleber Medeiros Barretos** pela disposição e a ajuda para conseguir o local para realização das análises dos frutos.

Ao professor **Antônio Belfort Dantas Cavalcante** do laboratório de Química de Alimentos - IFCE, Limoeiro do Norte – CE, por disponibilizar o laboratório para realização das análises dos frutos.

À laboratorista **Mayra Cristina Freitas**, pelos ensinamentos e pela importante ajuda nas análises dos frutos.

E a todas as pessoas que fizeram parte da realização desse trabalho.

Não ajunteis tesouros na terra, onde a traça e a ferrugem tudo consomem, e onde os ladrões minam e roubam;

Mas ajuntai tesouros no céu, onde nem a traça nem a ferrugem consomem, e onde os ladrões não minam nem roubam.

Porque onde estiver o vosso tesouro, aí estará também o vosso coração.

Mateus 6: 19-21.

RESUMO

Pitaya é o nome comum atribuída a várias espécies de cactáceas nativas das regiões tropicais e subtropicais, e que têm o morcego como polinizador. Sua produção comercial em larga escala é recente, e existem poucas informações sobre a polinização e frutificação nessa cultura. Sendo assim, o presente trabalho objetivou estudar a biologia floral, os requerimentos de polinização e o comportamento de visitantes florais, principalmente da abelha *Apis mellifera* como polinizador alternativo em duas espécies de pitaya, *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, no Nordeste do Brasil. O experimento foi conduzido por meio de observações diurnas e noturnas, e usando-se flores protegidas ou não para investigar a biologia floral, visitantes florais e a aplicação de tratamentos de polinização: natural, restrita, noturna e por visitas de *Apis mellifera*, para verificar os requerimentos de polinização da cultura e a efetividade dos polinizadores. O fruto de cada tratamento foi colhido e analisado aos 30 dias após o vingamento. Usando-se como parâmetro o número de frutos produzidos, o peso do fruto; o peso da casca; o peso da polpa; tamanho longitudinal e transversal; número de sementes; pH; Acidez; °Brix; e relação °Brix/acidez total. Os resultados mostraram que as flores das duas espécies são muito semelhantes tanto anatomicamente quanto funcionalmente. Os grupos de visitantes florais encontrados nas flores foram esfingídeos, formigas, vespas e abelhas, sendo *Apis mellifera* responsável por 86,1% das visitas às flores. A espécie *H. undatus* independe da polinização biótica para vingar frutos, mas precisa da mariposa *Agrius cingulata* para melhorar a qualidade da produção com frutos maiores e mais pesados. Já a espécie *Hylocereus polyrhizus*, depende da polinização biótica para maximizar a produção de frutos e de *Apis mellifera* especificamente para polinizar suas flores, de forma a aumentar o tamanho e peso dos frutos. Além disso, o tipo de polinização influenciou pouco as características físico-químicas dos frutos, sendo relevante apenas na redução do pH em flores polinizadas por *A. mellifera*. Conclui-se da necessidade de adoção de práticas amigáveis à mariposa (*Agrius cingulata*) e melhorar no manejo de *A. mellifera* como polinizadores, podendo maximizar a quantidade e/ou qualidade dos frutos, nas espécies de pitayas estudadas.

Palavras-chave: Abelha melífera. Biologia floral. Frutificação. Polinização. Polinizadores. Produção de pitaya. Qualidade de frutos.

ABSTRACT

Pitaya or dragon fruit is the common name for several species of cactus native to the tropical and subtropical regions that are pollinated by bats. Commercial production on a large scale is recent and there is little information on pollination and fruiting in this crop. Therefore, the objective of this work was to study floral biology, pollination requirements and the behavior of flower visitors, especially the honey bee *Apis mellifera* as an alternative pollinator in two species of pitaya, *Hylocereus undatus* and *H. polyrhizus* cultivated in Northeast Brazil. The experiment was conducted through diurnal and nocturnal observations and the use of bagged or open flowers to investigate the species floral biology and floral visitors, and the application of pollination treatments - natural, restricted, nocturnal and by *Apis mellifera* visits, to learn about pollination requirements of pitaya and pollinator effectiveness. All fruits were harvested and analyzed at 30 days after setting. Each treatment was evaluated in the number of fruits produced, total weight of fruits; skin weight; pulp weight; longitudinal and transverse width; number of seeds; pH; Acidity; °Brix; and ratio °Brix / total acidity. Results showed that the flowers of the two species are similar both anatomically and functionally. Floral visitors found in the flowers were sphinxes, ants, wasps and bees, and *Apis mellifera* was responsible for 86.1% of flower visits. *Hylocereus undatus* is independent of biotic pollination to set fruits, but needs the moth *Agrius cingulata* to improve the production quality with larger and heavier fruits. *Hylocereus polyrhizus* relies on biotic pollination to maximize fruit yield and *Apis mellifera* specifically to increase fruit size and weight. In addition, pollination type influenced little the physical-chemical characteristics of the fruits, being only relevant in the reduction of the pH in flowers pollinated by *A. mellifera*. We conclude there is a need to adopt moth-friendly practices and to improve the management of *A. mellifera* as pollinators to maximize the quantity and / or quality of the fruits, depending on the species of pitaya.

Keywords: Honey bee. Pollination. Pollinators. Pitaya production. Floral biology. Fruit quality.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – A – Cultivo de pitaya (*Hylocereus* spp.) durante florescimento mostrando o período de antese da flor que começa de noite e termina na manhã seguinte. B – Flor da pitaya (*H. undatus*) em fase de antese durante a noite, ao lado um fruto em fase de desenvolvimento..... 19
- Figura 2** – A – Localização de Quixeré no Ceará – Brasil, onde está implantado os dois hectares com as espécies *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*. B – Cultivo da pitaya cercado por bananeiras (*Musa paradisiaca*), distância de 1,28km entre o cultivo da pitaya (P) e a mata nativa (MT)..... 35
- Figura 3** – Botões florais de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). Em cima, um botão floral que provavelmente abrirá no dia seguinte. Em baixo, um botão floral caracterizando a fase de pré-antese, com suas brácteas se desprendendo o que geralmente ocorre na tarde do dia da abertura da flor..... 38
- Figura 4** – A e B – Flores de *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* respectivamente. C – Disposição do estigma um pouco a frente dos estames. D, E, F, G, H – Flores dissecadas da pitaya *H. polyrhizus* mostrando as brácteas e as partes reprodutivas. J e L – Fruto verde e fruto maduro de *H. undatus* respectivamente. I – Ovário antes da antese de *H. polyrhizus*. M – ovários em corte transversal e corte longitudinal depois da antese mostrando uma quantidade muito grande de óvulos fecundados..... 42
- Figura 5** – Observações da receptividade dos estigmas nos horários de 20:00h, 22:00h, 00:00h, 2:00h, 4:00h e 6:00h, mostrando que *Hylocereus undatus* (Branca) e *H. polyrhizus* (Vermelha) estão com as flores receptivas durante toda a antese..... 44
- Figura 6** – A abelha arapuá *Trigona spinipes* perfurando as pétalas do botão floral da pitaya *Hylocereus polyrhizus* na fase de pré-antese para coletar o pólen, no horário entre 16:00h e 17:00h, Fazenda FRUTACOR em Quixeré – CE..... 48
- Figura 7** – Visitantes florais encontrados nas flores da pitaya com polpa vermelha em Quixeré – CE. A – Mariposa (esfingídeo) da espécie *Agrius cingulata* saindo da flor e tocando com as asas no estigma; B – Formigas (Formicidae) caminhando sobre as partes masculina e feminina da flor. C – Pequenos besouros sobre os estames. D – Abelhas *Apis mellifera* os visitantes mais encontrados nas flores da pitaya. E – Abelha *Xylocopa (Neoxylocopa) griseascens* entrando na flor e tocando no estigma. F – Vespa *Polybia (Myrapetra) sp.*, com seu habito de caçar caminhava sobre os estames e sobre o estigma..... 49
- Figura 8** – A – frutos colhidos dos tratamentos realizados em *Hylocereus polyrhizus*, mostrando a diferença de tamanhos entre os tratamentos. B – frutos colhidos dos tratamentos em *H. undatus*, visualmente há pouca diferença entre os tratamentos..... 53
- Figura 9** – Flores de pitayas (*Hylocereus* spp.) no cultivo em Quixeré – CE. A – Muitas abelhas visitando a flor de pitaya no tratamento de polinização diurna (*Apis mellifera*). B – Estigma com muito pólen depositado depois da visitação das abelhas..... 73

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Produção média anual de pitaya (*Hylocereus* spp.) comercializada do ano de 2007 a 2016, valores médio e total do preço do quilo acima comercializado. Produtos (HORTIGRANJEIROS) – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) – Unidade G. de São Paulo. Tabela adaptada do Programa de Modernização do Mercado Hortigranjeiro (PROHORT)..... 21
- Tabela 2** – Média histórica observada da precipitação pluviométrica dos cinco anos anteriores e precipitações observadas em 2016, no município de Quixeré – CE. Fonte: FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Copyright © 2014. N.I. - Não Informado, DP – Desvio Padrão..... 37
- Tabela 3** – Identidade, quantidade e abundância relativa de visitantes florais das flores de *Hylocereus polyrhizus*, durante os períodos diurno e noturno em cultivo no município de Quixeré – CE..... 45
- Tabela 4** – Índice de florescimento e frutificação das espécies de pitaya *Hylocereus polyrhizus* e *H. undatus* em Quixeré, Ceará 2016..... 52
- Tabela 5** – Número total de frutos vingados e colhidos em duas espécies de pitaya, *Hylocereus polyrhizus* e *H. undatus*, sob cultivo em Quixeré – CE e submetidas a quatro tratamentos de polinização..... 52
- Tabela 6** – Número total e percentual de frutos vingados em duas espécies de pitaya, *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, sob cultivo em Quixeré – CE e submetidas a quatro tratamentos de polinização. Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente (Tukey) a $P < 0,05$ 67
- Tabela 7** – Média dos pesos e medidas dos frutos colhidos em *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, em diferentes tratamentos: Polinização natural (Natural); Polinização restrita (Ensacada); Polinização noturna (Noturna) e Polinização diurna (*Apis mellifera*). Área do cultivo de pitaya em Quixeré – CE. Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente (Tukey) a $P < 0,05$ 71
- Tabela 8** – Médias das características físico-químicas dos frutos colhidos das pitayas *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, em diferentes tratamentos: Polinização natural (Natural); Polinização restrita (Ensacada); Polinização noturna (Noturna) e Polinização diurna (*Apis mellifera*). Área do cultivo de pitaya em Quixeré – CE. Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente (Tukey) a $P < 0,05$ 75

SUMÁRIO

1	REVISÃO DE LITERATURA	14
2	Importância das abelhas para a população mundial	14
2.1	Atração dos polinizadores.....	15
2.2	Polinização de culturas agrícolas por abelhas.....	16
2.3	Pitayas, gênero <i>Hylocereus</i> e a polinização.....	17
2.4	Origem.....	17
2.5	Variedades, frutos e benefícios para a saúde.....	17
2.6	Produção mundial.....	20
2.7	Polinização da pitaya.....	22
2.8	Considerações finais.....	23
	REFERÊNCIAS	24
3	BIOLOGIA FLORAL, REQUERIMENTOS DE POLINIZAÇÃO E COMPORTAMENTO DE VISITANTES FLORAIS EM DUAS ESPÉCIES DE PITAYA	31
3.1	Resumo.....	31
3.2	Abstract.....	32
3.3	Introdução.....	33
3.4	Metodologia.....	34
3.5	Resultados e discussão.....	40
3.6	Conclusões.....	54
	REFERÊNCIAS	55
4	O PAPEL DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> L. NA POLINIZAÇÃO DA PITAYA E QUALIDADES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS	60
4.1	Resumo.....	60
4.2	Abstract.....	61
4.3	Introdução.....	62
4.4	Metodologia.....	63
4.5	Resultados e discussão.....	66
4.6	Conclusões.....	76
	REFERÊNCIAS	77

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1 REVISÃO DE LITERATURA

2 IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS PARA A POPULAÇÃO MUNDIAL.

Existem mais de vinte mil espécies de abelhas já identificadas no mundo (GIANNINI et al., 2015; FREITAS et al., 2014), onde a maioria delas vivem solitariamente, e as outras são abelhas sociais ou semi-sociais (FREITAS et al., 2009). Atualmente, estima-se que o grupo de todas as abelhas é responsável pela polinização (JAFFÉ et al., 2016). Ultimamente, a produção de alimentos no planeta vem tomando destaque na mídia e nas organizações de combate à fome (FRIEDRICH e KASSAM, 2016). As estimativas são que, em 2050, a população mundial de 7,4 bilhões em 2016, aumente para 9,7 bilhões (LAL, 2016).

Diante da grande expansão demográfica, o desafio é proporcionar segurança alimentar e nutricional a todos, principalmente àquelas pessoas mais afetadas pela desigualdade social e, para que isso ocorra de forma eficaz, a economia mundial precisa crescer de maneira sustentável (FAO, 2015). Para atender a essa demanda através da produção de alimentos da forma convencional, cada vez mais áreas deverão ser cultivadas, provocando uma redução da biodiversidade da fauna no local, prejudicando o controle natural de pragas e diminuindo a ocorrência de polinizadores (TSCHARNTKE et al., 2012).

A ação do homem sobre as paisagens modificando a estrutura dos habitats é uma das causas do empobrecimento da fauna polinizadora (HARDER e BARRETT, 2006), a qual presta um serviço ecossistêmico primordial para agricultura mundial (BOMMARCO et al., 2013; POWER, 2010). Algumas culturas dependentes de polinização por insetos são fontes importantes de nutrientes para a alimentação humana (EILERS et al., 2011). Nesse sentido, faz-se necessário realizar práticas amigáveis para com os polinizadores, que são um componente essencial na produção de alimentos (CALDERONE, 2012).

Em um estudo realizado através de um protocolo em culturas de várias regiões, Garibaldi et al., (2016) verificaram que os rendimentos de culturas dependentes de polinização, podem melhorar com o aumento da biodiversidade. A necessidade dessa riqueza de agentes biótipos de polinização foi observada em outro estudo, realizado por Kormann et al., (2016), o qual mostraram que corredores vegetais promovem uma conexão entre polinizadores e as plantas cultiváveis, ajudando a manter uma biodiversidade de animais em

paisagens modificadas pelo homem. O mesmo autor mostra que, em muitas áreas produtoras de alimentos, faltam polinizadores, devido à paisagem ao redor das culturas não possuir vegetação que forneça alimento e abrigo aos polinizadores, e isso pode interferir na produtividade.

Um incremento na diversificação da vegetação aumentará a quantidade e a qualidade de recursos tróficos e abrigos para os polinizadores, e, com isso, as populações de polinizadores permanecerão na área através das épocas de floração (SRITONGCHUAY et al., 2016). Kleijn et al. (2015), estudando um conjunto grande de dados, mostraram que em centenas de espécies de abelhas identificadas em trabalhos científicos, apenas 2% dessas espécies são responsáveis pela colheita fornecida, e que o valor econômico dos serviços ecossistêmicos da polinização que as abelhas prestam chega a quase 80% do valor de toda a colheita estudada.

Tendo em vista que, quanto mais abelhas há na área do cultivo, manejadas ou não, aumentam os rendimentos das culturas, ocasionando uma complementaridade na polinização dessas culturas (FREITAS et al., 2014; GARIBALDI et al., 2013; MILFONT et al., 2013). Um ponto importante para se observar é que muitas espécies de abelhas não se utilizam de todas as culturas, mesmo havendo biodiversidade de abelhas polinizadores na área, não garante rendimentos ótimos de polinização para a cultura alvo, pelo simples fato de algumas abelhas não preferirem ou não conseguirem coletar o recurso oferecido (KLEIJN et al., 2015).

Portanto, a intensificação ecológica, através da biodiversidade de polinizadores, é um caminho sustentável para uma maior produção de alimentos no mundo (GARIBALDI et al., 2016).

2.1 Atração dos polinizadores.

A coevolução das plantas, com alguns agentes polinizadores, é evidente ao se observar as características de atração quando excluem ou atraem um polinizador, tornando-o mais efetivo dentre vários visitantes florais (PYKE, 2016). As plantas atraem os polinizadores de diversas formas, possibilitando as síndromes de polinização, como, por exemplo, flores que possuem síndromes de polinização para atrair moscas (Miofilia), as quais possuem características como: antese diurna, cor branca, presença de cheiro pútrido entre outras (RECH et al., 2014). Em síndromes de polinização por Quiropterofilia, as flores atraem morcegos através de várias características como o contraste branco e preto da folhagem, possuem antese noturna e grande quantidade de recurso disponível (FAEGRI e PIJL, 1971).

Algumas culturas mundialmente importantes para a produção de alimentos não precisam da polinização biótica, pois realizam a fertilização com a ajuda do vento como é o caso do milho, trigo e arroz (GIANNINI et al., 2015). Entre as síndromes de polinização, a mais comum é a Melitofilia, que é a atração de abelhas. Nela, as flores possuem várias características como diversidade de cores, formas e recursos como néctar, pólen, óleos, resinas e essências florais (RECH et al., 2014). Por outro lado, existem casos extremos de dependência de polinizadores, como é o caso das abelhas Euglossini e as orquídeas (RECH e BRITO, 2012).

2.2 Polinização de culturas agrícolas por abelhas.

Apesar de algumas culturas agrícolas possuírem a capacidade de autopolinizar suas flores, quando visitadas pelas abelhas, podem aumentar o percentual de polinização, como a soja (*Glycine max*), importante fonte alimentar tanto para animais como para o homem (MILFONT, 2012). Outra cultura importante é a alfafa, dependente de polinização pelas abelhas Megachile (PITTS-SINGER, 2015). As abelhas também são responsáveis pela polinização de culturas que fornecem sementes para comercialização como alface, cebola, entre outras, e as que fornecem essências como a lavanda e a baunilha (GIANNINI et al., 2015). Por muito tempo, pensava-se que a mamona (*Ricinus communis*) era polinizada somente pelo vento. Em um estudo realizado por Rizzardo et al. (2012), mostra-se que as abelhas, quando visitam as flores, aumentam o percentual de frutos vingados e o teor de óleo das sementes. Outras culturas têm uma melhoria na qualidade dos frutos quando as abelhas visitam suas flores, por exemplo, morango, maçã e pimentão (FREITAS et al., 2014; BRITAIN et al., 2014). Existem plantas que possuem anteras poricidas, e só podem ser polinizadas por abelhas que realizam a vibração dos seus músculos torácicos na flor para retirarem o pólen (buzz-pollination), como é o caso das abelhas dos gêneros: *Bombus*, *Xilocopa*, *Melipona* e *Centris* (GIANNINI et al., 2015; RECH et al., 2014; FREITAS et al., 2009; FENSTER et al., 2004). Há aquelas culturas que são totalmente dependentes de polinização por abelhas, podemos citar o maracujá, melão entre outros (SOUSA et al., 2009; FREITAS e OLIVEIRA FILHO, 2003).

Dentre as abelhas, as *Apis mellifera* são as mais utilizadas para polinização de culturas agrícolas, pois elas possuem características que as tornam excelentes polinizadoras como adaptação a diversos ambientes, fâcies de manejar, formam colônias com grandes populações de abelhas e, com isso, necessitam de grandes quantidades de pólen diariamente; podem ser manejadas para coletarem somente o néctar e/ou o pólen, apresentam fidelidade às

flores, possuem tipo de visita generalista ou especialista, e conseguem coletar recursos de diversas flores e formas (JAFFÉ et al., 2016; GIANNINI et al., 2015; FREITAS et al., 2014, 1998).

Em ambientes degradados onde há perda de polinizadores nativos, as abelhas *Apis* podem mitigar a falta desses polinizadores, realizando os serviços de polinização de forma eficiente (BARTOMEUS et al., 2014).

2.3 Pitayas, gênero *Hylocereus* e a polinização.

2.4 Origem.

A palavra pitaya (Fruta escamosa) é de origem Taíno (MIZRAHI, 2014; NUNES et al., 2014). Pelo mundo, é conhecida por vários nomes: Cuauhnochtli, Pitaya, Pitahaya, Pitaiaiás, Drangon Fruit e Vine Cacti (DE DIOS et al., 2014; MIZRAHI, 2014; NUNES et al., 2014; ORTIZ-HERNÁNDEZ et al., 2012; TEL-ZUR et al., 2011; LE BELLEC et al., 2006). É uma cactácea nativa da região tropical e subtropical (GARCÍA-RUBIO et al., 2015; MIZRAHI et al., 2002; BRITTON e ROSE, 1920). Na América central, é frequentemente cultivada em nível de agricultura familiar, principalmente, em cultivos agroecológicos, com aplicações na medicina popular e importante fonte de alimento (CRUZ et al., 2015; DE DIOS et al., 2014).

Algumas décadas atrás, as plantas dessa espécie não eram conhecidas, porém hoje ocupam um importante nicho no mercado mundial de frutas exóticas, principalmente na Europa e USA (NUNES et al., 2014).

2.5 Variedades, frutos e benefícios para a saúde.

Pertencente à família *Cactaceae*, a pitaya é uma planta hemiepífita (ORTIZ-HERNÁNDEZ e SALAZAR, 2012; MIZRAHI et al., 2002; BRITTON e ROSE, 1920). Os gêneros mais conhecidos são: *Hylocereus*, *Selenicereus* e *Stenocereus* (LE BELLEC et al., 2006; BRITTON e ROSE, 1920). As plantas são fácies de cultivar, adaptam-se a diversas regiões e possuem cladódios com raízes aéreas que se apoiam em árvores para crescimento (MONTESINOS CRUZ et al., 2015; LEWIS, 2014). (Figura 1A). Existem muitas espécies de pitaya, mas apenas quatro são as mais disseminadas pelos cultivos no mundo: *Hylocereus undatus*, que possui o fruto com casca vermelha e polpa branca; *H. polyrhizus* (casca vermelha e polpa vermelha), *H. costaricensis* (casca vermelha e polpa roxa) e *Selenicereus*

megalanthus (casca amarela e polpa branca) (MIZRAHI, 2014; ORTIZ-HERNÁNDEZ, 2012; NORDIN et al., 2008; DAG e MIZRAHI, 2005; DE DIOS, 2005).

A pitaya *Hylocereus undatus* está distribuída em muitos países por possuir uma grande capacidade de adaptação em diversos ambientes, e se encontram cultivos em áreas com precipitações variando de 600 a 4000 mm, altitudes que podem ir do nível do mar, chegando até 2500 metros acima (GARCÍA-RUBIO et al., 2015; BRITTON e ROSE, 1920); apresentam toda essa rusticidade mesmo não possuindo cera recobrendo seus cladódios (GARCÍA-RUBIO et al., 2015). É conhecida como “dama da noite” (Figura 1B), por causa de sua antese durante a noite, com flores enormes consideradas as maiores de todas as cactáceas (BRITTON e ROSE, 1920).

Hylocereus polyrhizus (casca vermelha e polpa vermelha) possuem flores que exalam um perfume adocicado, muito forte durante a antese (BRITTON e ROSE, 1920), embora seus cladódios sejam cobertos com cera favorecendo seu cultivo em vários ambientes (CISNEROS e TEL-ZUR, 2010). A produção de flores pode ser incrementada com pulverizações de fertilizantes em ramos e raízes aéreas (THEN, 2011). Esse procedimento, não garante um aumento da quantidade de frutos, pois é necessária a polinização de forma eficiente para formação de frutos com valor comercial (WEISS et al., 1994).

Com relação à espécie *Hylocereus costaricensis* (pitaya de casca vermelha e polpa roxa), Britton e Rose, (1920) citam que as flores produzem néctar em abundância, diferente do que foi citado por Valiente-Banuet et al. (2007) que não encontrou produção de néctar em *H. undatus*.

A pitaya *Selenicereus megalanthus* (casca amarela e polpa branca) possui, como característica principal, a presença de espinhos na casca e entre todas as outras pitayas é considerada como tendo o fruto mais saboroso (NUNES et al., 2014; DAG e MIZRAHI, 2005).

As espécies de pitaya *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* parecem apresentar incompatibilidade total ou parcial do pólen, sendo necessária a polinização manual em cultivos comerciais. Para esse procedimento, deve-se usar pólen fresco em quantidade, o que torna o procedimento de custo muito elevado (COHEN e TEL-ZUR, 2012; MIZRAHI e NERD, 2002; LICHTENZ-VEIG et al., 2000; WEISS et al., 1994). Os polinizadores naturais da pitaya são morcegos e mariposas, devido às flores hermafroditas possuírem antese noturna (VALIENTE-BANUET et al., 2007; LE BELLEC et al., 2006; MIZRAHI e NERD, 2002; WEISS et al., 1994).

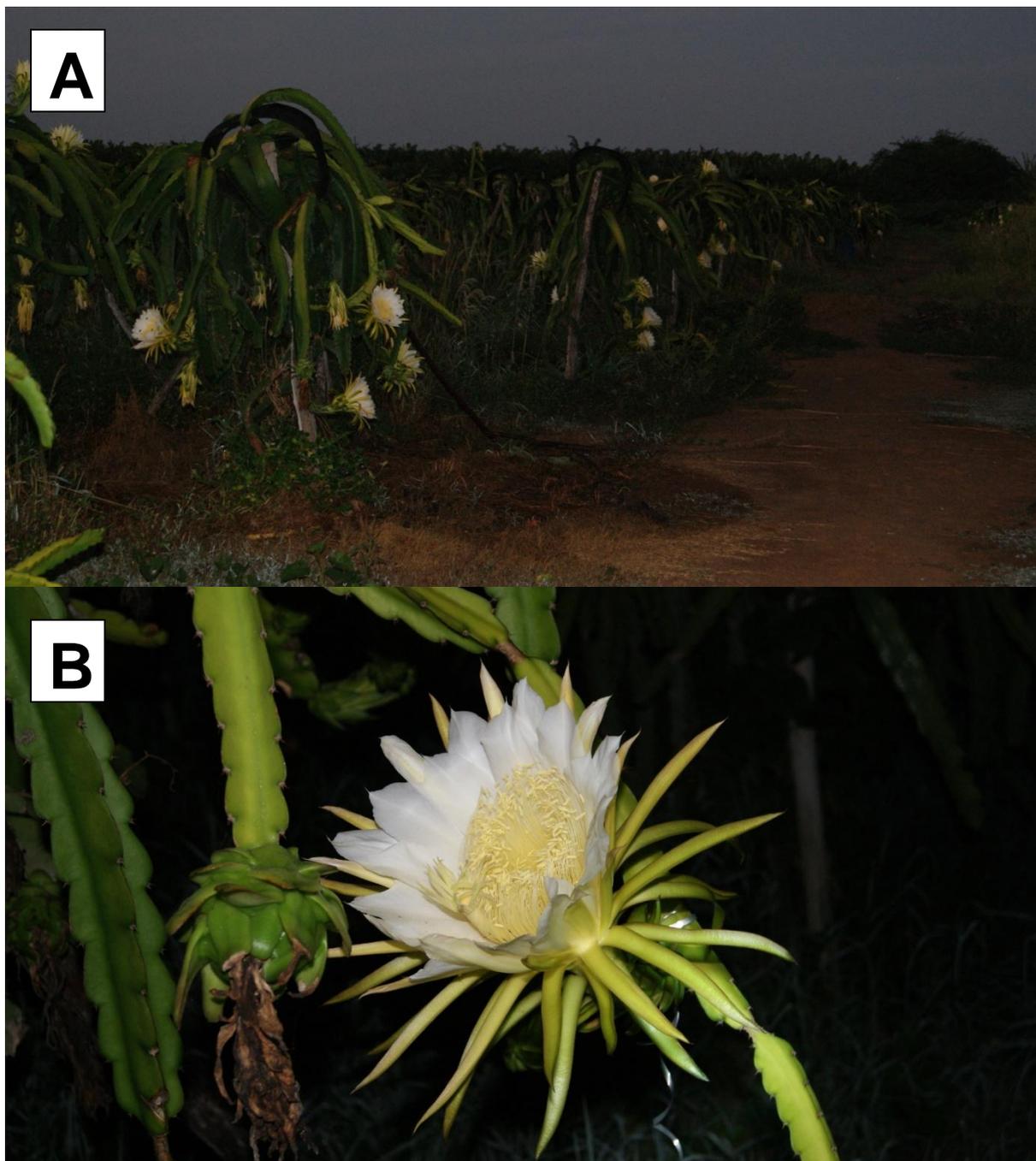


Figura 1 – A – Cultivo de pitaya (*Hylocereus* spp.) durante florescimento mostrando o período de antese da flor que começa de noite e termina na manhã seguinte. B – Flor da pitaya (*H. undatus*) em fase de antese durante a noite, ao lado um fruto em fase de desenvolvimento.

O fruto da pitaya possui pequenas sementes pretas comestíveis, e é considerado não climatérico (ORTIZ-HERNÁNDEZ et al., 2012). Atualmente são conhecidos em todo o mundo pelas características únicas que possuem, como cores e formas marcantes, o que os tornam bastantes atrativos para comercialização (OSUNA-ENCISO et al., 2016; NUNES et al., 2014; LE BELLEC et al., 2006). O fruto encaixa-se perfeitamente entre os alimentos funcionais, possuindo um potencial alimentício com benefícios para a saúde na prevenção de doenças, devido à sua composição nutricional, formada de proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas (β -caroteno e ácido ascórbico) e minerais como magnésio, enxofre, cálcio, fósforo,

ferro, potássio, sódio, manganês, zinco e cobre (DE SOUZA FERNANDES et al., 2017; PEREZ-LOREDO et al., 2017; OMIDIZADEH et al., 2014; RAMLI e RAHMAT, 2014; KHALILI et al., 2006).

O óleo das sementes nas espécies de *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* tem um ótimo valor nutritivo, sendo fonte de óleo essencial (CHEOK et al., 2016; LIM et al., 2010). A pitaya possui substâncias como α -amirina, β -amirina e γ -sitosterol que são encontradas no extrato da casca, e possuem atividades antimicrobiana, antioxidante e propriedades anticancerígenas (ISMAIL et al., 2017; GENGATHARAN et al., 2015; LUO et al., 2014; JAMALUDIN et al., 2011). É muito utilizada também como corante natural na indústria alimentícia, principalmente a espécie de polpa vermelha *Hylocereus polyrhizus* (YEE e WAH, 2017; SKOPIŃSKA et al., 2015; ESQUIVEL e ARAYA, 2012; HARIVAINDARAN et al., 2008). Estudo realizado por Song et al. (2016), com *Hylocereus undatus* em laboratório utilizando ratos, mostraram que o suco possui capacidade de atenuar significativamente a esteatose hepática (acúmulo de gordura no fígado), possuindo efeito benéfico sobre a redução do acúmulo de lipídios hepáticos e diminuição da resistência à insulina. Pessoas que possuem esteatose hepática junto à obesidade, geralmente possuem resistência à insulina, o que faz aumentar o risco de diabetes tipo II (RINELLA, 2015). Em outro estudo realizado com ratos, Ramli et al. (2014) mostraram que o suco de pitaya vermelho pode servir como terapia e pode atenuar alguns sinais de síndrome metabólica.

As flores da pitaya são conhecidas na medicina chinesa como “Bawanghua”, e são bastante usadas como medicamento e também como alimento. Estudos mostram que a flor de *Hylocereus undatus* possui flavonoides, com seu componente bioativo principal (kaempferol) encontrado nas pétalas com efeitos antioxidantes (XICAN et al., 2013; YI et al., 2012). Essa atividade antioxidante foi encontrada também na casca e na polpa dos frutos (OBENLAND et al., 2016; MELLO et al., 2015; WONG e SIOW, 2015; LUO et al., 2014).

Com isso, a pitaya se insere no mercado como um fruto bastante promissor no mercado mundial de frutas exóticas, já que hoje a procura por uma nutrição com alimentos saudáveis é crescente no mundo, principalmente os chamados alimentos funcionais, que são alimentos com compostos bioativos com efeitos benéficos no metabolismo, além da função nutricional (CHEOK et al., 2016).

2.6 Produção mundial

A pitaya (*Hylocereus* spp.) é cultivada em diferentes níveis de produção do mais simples ao mais tecnificado e, devido a sua adaptação a diferentes ambientes, pode ser

explorada em toda região com clima tropical e em algumas de clima temperado (LE BELLEC et al., 2006; BRITTON e ROSE, 1920). Países como Nicarágua, Malásia, Estados Unidos, Vietnã, China, Tailândia e Israel se destacam na produção por possuírem uma tecnologia avançada e investirem bastante em estudos genéticos para o aumento do rendimento e melhoria da qualidade dos frutos (CISNEROS e TEL-ZUR, 2012; LE BELLEC et al., 2006; MIZRAHI et al., 2002). O cultivo da pitaya no Brasil cresceu consideravelmente nos últimos anos (Tabela 1).

PROHORT - Comercialização da pitaya				
Ano	Quantidade (kg)	Preço médio quilograma comercializado (R\$)	Valor total (R\$)	
2007	81.583,00	1,00	81.583,00	
2008	78.495,00	0,95	74.538,96	
2009	115.488,00	1,00	115.488,00	
2010	152.568,00	1,00	152.568,00	
2011	235.884,00	1,00	235.884,00	
2012	299.100,00	1,00	299.100,00	
2013	313.419,00	1,00	313.419,00	
2014	405.024,00	1,00	405.024,00	
2015	454.980,00	2,88	1.309.995,00	
2016	431.682,00	7,21	3.110.802,00	
Total	2.568.223,00		6.098.401,96	

Tabela 1 – Produção média anual de pitaya (*Hylocereus* spp.) comercializada do ano de 2007 a 2016, valores médio e total do preço do quilo acima comercializado. Produtos (HORTIGRANJEIROS) – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) – Unidade G. de São Paulo. Tabela adaptada do Programa de Modernização do Mercado Hortigranjeiro (PROHORT).

Mas, infelizmente, a produção ainda é baixa em relação aos países que investem em tecnologia no cultivo, com pequenas áreas de produção nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, e mais recente na região Nordeste (NUNES et al., 2014; BASTOS et al., 2006). Os dados de produção no Brasil constam do ano de 2007 em diante. Dados do Programa de Modernização do Mercado Hortigranjeiro (PROHORT) contêm apenas a pitaya comercializada em São Paulo (Tabela 1).

2.7 Polinização da pitaya

Muitas das espécies de pitayas apresentam autoincompatibilidade total ou parcial, além da falta de polinizadores naturais, tornando os cultivos, pelo mundo, dependentes de polinização manual (CASTILLO, 2006). A flor possui antese noturna, geralmente ocorre de quatro a seis picos de florescimentos que duram de três a quatro dias, e o tempo entre uma antese e outra dura, em média, 19 dias (OSUNA-ENCISO et al., 2016; HA e TRAN, 2014; DE DIOS et al., 2005). As flores nas pitayas encontram-se lateralmente ao cladódio. Possuem partes masculina e feminina bem definidas, presença de cheiro forte adocicado durante a antese, pólen sendo liberado em abundância pelos os mais de 800 estames com cor amarela clara, o estigma fica localizado um pouco acima dos estames, reduzindo a possibilidade do contato direto com a própria antera (DE SOUZA FERNANDES et al., 2017).

Estudando a germinabilidade do pólen fresco de pitaya, Metz et al. (2000) colheram amostras de pólen em dois horários (manhã e noite) e obtiveram uma germinabilidade de $79,2 \pm 3,8$ % para a espécie *Hylocereus undatus* e de $82,8 \pm 5,6$ % para *H. polyrhizus*. Sendo assim, mostraram que a qualquer momento da antese o pólen pode ser utilizado para fertilizar os óvulos. Quanto maior a carga de pólen depositado no estigma, maior será o fruto (CLY et al., 2009). O morcego é considerado o polinizador natural da pitaya (VALIENTE-BANUET et al., 2007; LE BELLEC et al., 2006; WEISS et al., 1994). Em alguns países principalmente do extremo oriente, onde falta o polinizador natural e o clima é totalmente adverso, é utilizada luz artificial para indução do florescimento, e a polinização é realizada manualmente, provocando um aumento dos custos de produção (WEISS et al., 1994). Além do morcego, algumas espécies de mariposas também são polinizadores da pitaya (VALIENTE-BANUET et al., 2007; WEISS et al., 1994). Não se sabe, ao certo, a eficiência polinizadora dos visitantes florais em diferentes regiões, principalmente onde falta o polinizador natural da pitaya. A flor da pitaya possui antese noturna que dura em média 15h, permanece aberta a noite toda, e uma parte do dia (MARQUES et al., 2011; YAH et al., 2008). Nesse período diurno, alguns trabalhos identificam, como polinizadores da pitaya, as abelhas, devido ao seu comportamento de visita à flor (LE BELLEC et al., 2006; MOLINA-FREANER et al., 2004; WESS et al., 1994).

Por ser uma cultura nova, os estudos realizados são incipientes, por isso torna-se necessária uma avaliação dos cultivos de pitaya e de seus polinizadores em diferentes regiões.

2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A polinização é uma relação mutualista que traz benefícios para ambos os participantes, para as plantas. O principal objetivo é de obter ou maximizar o sucesso reprodutivo e, para os agentes polinizadores, os principais objetivos são: coleta de recursos alimentares (néctar, pólen, resinas, óleos e essências), locais de abrigo e reprodução (RECH et al., 2014). Polinização é considerada como um dos mais importantes serviços ecossistêmicos para produção de alimentos no mundo (GARIBALDI et al., 2016; GIANNINI et al., 2015). Com o aumento da produção de alimentos em habitat natural, pode haver uma redução da oferta de recursos alimentares e também locais de nidificação aos polinizadores naturais, com consequências de déficit de polinização em áreas agrícolas (TSCHARNTKE et al., 2012). A população mundial está aumentando e a produção global de alimentos precisa acompanhar esse crescimento (LAL, 2016; FAO, 2015). Uma saída é a diversificação na produção de alimentos em propriedades com grandes extensões de monocultura, tornando o ambiente mais favorável para uma diversificação de polinizadores (CASSMAN, 1999).

A pitaya (*Hylocereus* spp.) é uma fruta nova, promissora e de fácil cultivo. Adapta-se a várias regiões por ser uma cactácea, pode ser produzida em solos com pouca matéria orgânica, com deficiência de nutrientes e má retenção de água (MONTESINOS CRUZ et al., 2015; MIZRAHI, 2014; LEWIS, 2014). É uma fonte importante de nutrientes para a alimentação humana (CHOO et al., 2016; GENGATHARAN et al., 2015).

Entretanto, para haver uma boa produção dessa cultura, é necessário o domínio do conhecimento a cerca da sua polinização. Muitos trabalhos já realizados não definem de forma clara a eficiência dos visitantes florais na flor da pitaya, já e esse trabalho, traz resultados mais concretos sobre a eficiência dos polinizadores noturnos e diurnos na formação dos frutos de pitayas, como também informações sobre o comportamento biológico, e possíveis fatores que limitam a polinização no período noturna e a polinização no período diurna dessa cultura.

REFERÊNCIAS

BARTOMEUS, Ignasi et al. Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. **PeerJ**, v. 2, p. e328, 2014.

BASTOS, Débora Costa et al. Propagação da pitaya ‘vermelha’ por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1106-1109, 2006.

BOMMARCO, Riccardo; KLEIJN, David; POTTS, Simon G. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. **Trends in ecology & evolution**, v. 28, n. 4, p. 230-238, 2013.

BRITAIN, Claire et al. Pollination and plant resources change the nutritional quality of almonds for human health. **PloS one**, v. 9, n. 2, p. e90082, 2014.

BRITTON, N. L.; ROSE, J. N. The cactaceae, descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Washington, DC: **Carnegie Institution of Washington**, v. II. 1920.

CALDERONE, Nicholas W. Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009. **PloS one**, v. 7, n. 5, p. e37235, 2012.

CASSMAN, Kenneth G. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 11, p. 5952-5959, 1999.

CASTILLO, R. Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas. **Caos Conciencia**, v. 1, n. 1, p. 17-24, 2006.

CHEOK, Choon Yoong et al. Current Trends of Tropical Fruit Waste Utilization. **Critical reviews in food science and nutrition**, n. just-accepted, p. 00-00, 2016.

CHOO, Jia Chi; KOH, Rhun Yian; LING, Anna Pick Kiong. Medicinal properties of Pitaya: a review. 2016.

CISNEROS, Aroldo; TEL-ZUR, Noemi. Embryo rescue and plant regeneration following interspecific crosses in the genus *Hylocereus* (Cactaceae). **Euphytica**, v. 174, n. 1, p. 73-82, 2010.

CISNEROS, Aroldo; TEL-ZUR, Noemi. Evaluation of Interspecific-Interploid Hybrids (F1) and Back Crosses (BC1) in *Hylocereus* Species (Cactaceae). **INTECH Open Access Publisher**, 2012.

CLY, Joanna et al. Influences of pollen load and quality on fruit development of red-fleshed dragon fruit. **Malaysian Society of Plant Physiology Conference**, 2009.

COHEN, Hagai; TEL-ZUR, Noemi. Morphological changes and self-incompatibility breakdown associated with autopolyploidization in *Hylocereus* species (Cactaceae). **Euphytica**, v. 184, n. 3, p. 345-354, 2012.

CRUZ, J. A. M. et al. Revisión bibliográfica. Pitahaya (*Hylocereus* spp.) Un Recurso Fitogenético Con Historia Y Futuro Para El Trópico Seco Mexicano. **Cultivos Tropicales**, v. 36, n. 5 Esp, p. 67-76, 2015.

- DAG, A.; MIZRAHI, Y. Effect of pollination method on fruit set and fruit characteristics in the vine cactus *Selenicereus megalanthus* (“yellow pitaya”). **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 80, n. 5, p. 618-622, 2005.
- DE DIOS, H. C. A new subspecies of *Hylocereus undatus* (Cactaceae) from southeastern Mexico. **Haseltonia**, p. 11-17, 2005.
- FREITAS, Breno Magalhães; DE OLIVEIRA FILHO, José Hugo. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1135-1139, 2003.
- DE DIOS, Héctor Cálix; MARTÍNEZ, Roberta Castillo; CANCHÉ, Hilario J. Caamal. Caracterización De La Producción De Pitahaya (*Hylocereus* spp.) En La Zona Maya De Quintana Roo, México. **Comité Editorial**, v. 9, n. 1y2, p. 123-132, 2014.
- DE SOUZA FERNANDES, Luiza Maria et al. Caracterização do fruto de pitaia orgânica. **Biodiversidade**, v. 16, n. 1, 2017.
- EILERS, Elisabeth J. et al. Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. **PLoS one**, v. 6, n. 6, p. e21363, 2011.
- ESQUIVEL, Patricia; ARAYA, Q. Y. Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 3, n. 1, p. 113-129, 2012.
- SOUSA, Raimundo Maciel et al. Requerimentos de polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no município de Acaraú-CE-Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, 2009.
- FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. The Principles of Pollination Ecology. 1971.
- FENSTER, Charles B. et al. Pollination syndromes and floral specialization. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 35, p. 375-403, 2004.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS [FAO]. The state of food insecurity in the world. Meeting the 2015 international hunger targets: Taking stock of uneven progress. 2015.
- FREITAS, Breno M. et al. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p. 332-346, 2009.
- FREITAS, Breno M. et al. Forest remnants enhance wild pollinator visits to cashew flowers and mitigate pollination deficit in NE Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, n. 4, p. 22-30, 2014.
- FREITAS, Breno M. Uso de programas racionais de polinização em áreas agrícolas. **Mensagem doce**, v. 46, p. 1-6, 1998.
- FRIEDRICH, Theodor; KASSAM, Amir. Food security as a function of Sustainable Intensification of Crop Production. **AIMS Agriculture and Food**. Vol. 1. 2016.
- GARCÍA-RUBIO, Luz Adriana et al. Distribución geográfica de *Hylocereus* (Cactaceae) en México. **Botanical Sciences**, v. 93, n. 4, p. 921-939, 2015.
- GARIBALDI, Lucas A. et al. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v. 351, n. 6271, p. 388-391, 2016.

- GARIBALDI, Lucas A. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.
- GENGATHARAN, Ashwini; DYKES, Gary A.; CHOO, Wee Sim. Betalains: natural plant pigments with potential application in functional foods. **LWT-Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 645-649, 2015.
- GIANNINI, T. C. et al. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, p. tov093, 2015.
- HA, Dinh; TRAN, Chung-Ruey Yen. Morphological Characteristics and Pollination Requirement in Red Pitaya (*Hylocereus* spp.). **World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering**, v. 8, n. 3, p. 202-206, 2014.
- HARDER, Lawrence D.; BARRETT, Spencer CH (Ed.). Ecology and evolution of flowers. **Oxford University Press on Demand**, 2006.
- HARIVAINDARAN, K. V.; REBECCA, O. P. S.; CHANDRAN, S. Study of Optimal Temperature, pH and Stability of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 11, n. 18, p. 2259-2263, 2008.
- ISMAIL, Omayma M. et al. Exploring the biological activities of the *Hylocereus polyrhizus* extract. **Journal of Innovations in Pharmaceutical and Biological Sciences JIPBS**, Vol 4 (1), 01 - 06, 2017.
- JAFFÉ, Rodolfo et al. Beekeeping practices and geographic distance, not land use, drive gene flow across tropical bees. **Molecular Ecology**, v. 25, n. 21, p. 5345-5358, 2016.
- JAMALUDIN, Nur Adilla; DING, Phebe; HAMID, Azizah Abdul. Physico-chemical and structural changes of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) during fruit development. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 2, p. 278-285, 2011.
- KHALILI, R. Mohd Adzim et al. Proximate composition and selected mineral determination in organically grown red pitaya (*Hylocereus* sp.). **Journal of Tropical Agriculture and Food Science**, v. 34, n. 2, p. 269, 2006.
- KLEIJN, David et al. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. **Nature communications**, v. 6, 2015.
- KORMANN, Urs et al. Corridors restore animal-mediated pollination in fragmented tropical forest landscapes. In: **Proc. R. Soc. B**. The Royal Society, 2016. p. 20152347.
- LAL, Rattan. Feeding 11 billion on 0.5 billion hectare of area under cereal crops. **Food and Energy Security**, v. 5, n. 4, p. 239-251, 2016.
- LE BELLEC, Fabrice; VAILLANT, Fabrice; IMBERT, Eric. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.
- LEWIS, Susy. Cultivation of Pitahaya (*Hylocereus undatus*) in three soil types of Guyana. 2014.
- LICHTENZVEIG, Judith et al. Cytology and mating systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. **American Journal of Botany**, v. 87, n. 7, p. 1058-1065, 2000.

- LIM, Hong Kwong et al. Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus cacti* seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1326-1331, 2010.
- LUO, Hui et al. Chemical composition and in vitro evaluation of the cytotoxic and antioxidant activities of supercritical carbon dioxide extracts of pitaya (dragon fruit) peel. **Chemistry Central Journal**, v. 8, n. 1, p. 1, 2014.
- MARQUES, V. B. et al. Fenologia reprodutiva de pitaya vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, 2011.
- MELLO, Fernanda Robert de et al. Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 323-328, 2015.
- METZ, Christiane; NERD, Avinoam; MIZRAHI, Yosef. Viability of pollen of two fruit crop cacti of the genus *Hylocereus* is affected by temperature and duration of storage. **HortScience**, v. 35, n. 1, p. 22-24, 2000.
- MILFONT, Marcelo de O. et al. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopolination. **Environmental chemistry letters**, v. 11, n. 4, p. 335-341, 2013.
- MILFONT, Marcelo de O. Uso da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização e aumento de produtividade de grãos em variedade de soja (*Glycine max.* (L.) Merrill.) adaptada às condições climáticas do nordeste brasileiro. 2012. **Tese de Doutorado**.
- MIZRAHI, Yosef. Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 124-138, 2014.
- MIZRAHI, Yosef; NERD, Avinoam; SITRIT, Yaron. New fruits for arid climates. **Trends in new crops and new uses**. ASHS Press, Alexandria, VA, p. 378-384, 2002.
- MOLINA-FREANER, Francisco et al. Pollination biology of the columnar cactus *Pachycereus pecten-aboriginum* in north-western México. **Journal of Arid Environments**, v. 56, n. 1, p. 117-127, 2004.
- MONTESINOS CRUZ, Josefina A. et al. Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. **Cultivos Tropicales**, v. 36, p. 67-76, 2015.
- NUNES, E. N. et al. Pitaya (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, p. 90-98, 2014.
- NORDIN, Mariam Firdhaus Mad et al. Effect of process parameters on quality properties of microwave dried red pitaya (*Hylocereus costaricensis*). **Int. J. Food Eng**, v. 4, n. 6, p. 1-17, 2008.
- OBENLAND, David et al. Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, v. 199, p. 15-22, 2016.
- OMIDIZADEH, Alireza et al. Anti-diabetic activity of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit. **RSC Advances**, v. 4, n. 108, p. 62978-62986, 2014.

- ORTIZ-HERNÁNDEZ, Yolanda Donají; SALAZAR, José Alfredo Carrillo. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 4, p. 220-237, 2012.
- OSUNA-ENCISO, Tomas et al. Reproductive phenology, yield and fruit quality of pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) in culiacan valley, Sinaloa, Mexico. **Agrociencia**, v. 50, n. 1, p. 61-78, 2016.
- PEREZ-LOREDO, Maria G.; HERNANDEZ-DE JESUS, Lourdes; BARRAGAN-HUERTA, Blanca E. Extraction of red pitaya (*Stenocereus stellatus*) bioactive compounds applying microwave, ultrasound and enzymatic pretreatments. **AGROCIENCIA**, v. 51, n. 2, p. 135-151, 2017.
- PITTS-SINGER, Theresa L. Resource effects on solitary bee reproduction in a managed crop pollination system. **Environmental entomology**, p. nvv088, 2015.
- POWER, Alison G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1554, p. 2959-2971, 2010.
- PYKE, Graham H. Plant–pollinator co-evolution: It’s time to reconnect with Optimal Foraging Theory and Evolutionarily Stable Strategies. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 19, p. 70-76, 2016.
- RAMLI, Nurul Shazini et al. Effects of red pitaya juice supplementation on cardiovascular and hepatic changes in high-carbohydrate, high-fat diet-induced metabolic syndrome rats. **BMC complementary and alternative medicine**, v. 14, n. 1, p. 189, 2014.
- RAMLI, Nurul Shazini; RAHMAT, Asmah. Variability in nutritional composition and phytochemical properties of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) from Malaysia and Australia. **International Food Research Journal**, v. 21, n. 4, p. 1689-1697, 2014.
- RECH, André Rodrigo et al. *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: **Editora Projeto Cultural**, 2014.
- RECH, André Rodrigo; BRITO, Vinicius Lourenço Garcia de. Mutualismos extremos de polinização: história natural e tendências evolutivas. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 2, p. 297-310, 2012.
- RINELLA, Mary E. Nonalcoholic fatty liver disease: a systematic review. **Jama**, v. 313, n. 22, p. 2263-2273, 2015.
- RIZZARDO, Rômulo AG et al. *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 4, p. 1137-1145, 2012.
- SKOPIŃSKA, Anna et al. The effect of ascorbic acid supplementation on betacyanin stability in purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) juice. **Challenges of Modern Technology**, v. 6, n. 4, 2015.
- SONG, Haizhao et al. White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. **PloS one**, v. 11, n. 2, p. e0149670, 2016.
- SRITONGCHUAY, Tuanjit; KREMEN, Claire; BUMRUNGSRI, Sara. Effects of forest and cave proximity on fruit set of tree crops in tropical orchards in Southern Thailand. **Journal of Tropical Ecology**, v. 32, n. 04, p. 269-279, 2016.

TEL-ZUR, N. et al. Phenotypic and genomic characterization of vine cactus collection (Cactaceae). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 58, n. 7, p. 1075-1085, 2011.

THEN, K. H. Flower Induction of Red Pitaya by Foliar Fertilizer Spraying under Malaysian Weather Conditions. In: **International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits 1024**. p. 193-195. 2011.

TSCHARNTKE, Teja et al. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. **Biological conservation**, v. 151, n. 1, p. 53-59, 2012.

VALIENTE-BANUET, A. et al. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of arid environments**, v. 68, n. 1, p. 1-8, 2007.

WEISS, Julia; NERD, Avinoam; MIZRAHI, Yosef. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, v. 29, n. 12, p. 1487-1492, 1994.

WONG, Yen-Ming; SIOW, Lee-Fong. Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice and concentrate as models. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 5, p. 3086-3092, 2015.

XICAN, Li et al. Antioxidant activity and mechanism in flower of *Hylocereus Undatus* (Haw.) Britt. et Rose. **Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica**, v. 55, n. 1, p. 80-85, 2013.

YAH, Alma R. Centurión et al. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2008.

YEE, Low Pinn; WAH, Chan Sook. Application of red pitaya powder as a natural food colourant in fruit pastille. **Jurnal Gizi Klinik Indonesia**, v. 13, n. 3, p. 111-120, 2017.

YI, Yan et al. Simultaneous quantification of major flavonoids in “Bawanghua”, the edible flower of *Hylocereus undatus* using pressurised liquid extraction and high performance liquid chromatography. **Food chemistry**, v. 135, n. 2, p. 528-533, 2012.

CAPÍTULO II

BIOLOGIA FLORAL, REQUERIMENTOS DE POLINIZAÇÃO E COMPORTAMENTO DE VISITANTES FLORAIS EM DUAS ESPÉCIES DE PITAYA.

BIOLOGIA FLORAL, REQUERIMENTOS DE POLINIZAÇÃO E COMPORTAMENTO DE VISITANTES FLORAIS EM DUAS ESPÉCIES DE PITAYA.

RESUMO

A produção comercial em larga escala da pitaya é recente, e existem poucas informações sobre a polinização e frutificação nessa cultura. Sendo assim, o presente trabalho objetivou estudar a biologia floral, os requerimentos de polinização e o comportamento de visitantes florais em duas espécies de pitaya, *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* no Nordeste do Brasil. O experimento foi conduzido por meio de observações diurnas e noturnas, e o uso de flores ensacadas ou abertas aos visitantes florais. Os resultados mostraram que as flores das duas espécies são muito semelhantes tanto anatômica quanto funcionalmente. Elas são grandes, de antese durante a noite e atraem visitantes florais noturnos e diurnos. Os visitantes florais encontrados nas flores foram esfingídeos, formigas, vespas e abelhas, sendo *Apis mellifera* responsável por 86,1% das visitas às flores. A espécie *H. undatus* independe de polinização biótica para vingar frutos grandes e bem conformados, mas *H. polyrhizus* apresentou capacidade de autopolinização limitada e requer polinização biótica para formação dos frutos e para produzir frutos maiores. Nesse caso, *A. mellifera* se apresentou como o polinizador mais provável. Conclui-se que o déficit de polinização biótica constitui fator limitante para a produtividade de *H. polyrhizus*, mas não de *H. undatus* nas condições estudadas, e que o papel dos polinizadores, especialmente *A. mellifera*, na qualidade dos frutos produzidos por *H. polyrhizus* e *H. undatus*, necessita ser investigado.

Palavras-chave: Biologia floral. Pitaya. Polinização. Polinizadores.

FLORAL BIOLOGY, POLLINATION REQUIREMENTS AND BEHAVIOR OF FLORAL VISITORS IN TWO SPECIES OF PITAYA.

ABSTRACT

Large-scale commercial production of pitaya is recent and there is little information on pollination and fruiting in this crop. Therefore, the present work aimed to study the floral biology, pollination requirements and the behavior of floral visitors in two species of pitaya, *Hylocereus undatus* and *H. polyrhizus* in Northeast Brazil. The experiment was carried out through diurnal and nocturnal observations and the use of flowers bagged or opened to visitors. The results showed that the flowers of both species are very similar both anatomically and functionally. They are large, with nocturnal anthesis and attract night and daytime flower visitors. The floral visitors found were sphinxes, ants, wasps and bees, with *Apis mellifera* accounting for 86.1% of visits to flowers. The *H. undatus* species is independent of biotic pollination to set and produce large and well-shaped fruits, but *H. polyrhizus* has limited self-pollination capacity and requires biotic pollination to set fruits and also to produce larger fruits. In this case, *A. mellifera* appears as the most likely pollinator. It is concluded that biotic pollination deficit is a limiting factor for the productivity of *H. polyrhizus*, but not *H. undatus* under the conditions studied and that the role of pollinators, especially *A. mellifera*, in the quality of the fruits produced by *H. polyrhizus* and *H. undatus* needs to be investigated.

Keywords: Floral biology. Pitaya. Pollination. Pollinators.

INTRODUÇÃO

A pitaya (*Hylocereus* spp.) é produzida por várias espécies da família Cactaceae. Apesar de serem originárias das regiões tropical e subtropical, hoje as pitayas se encontram cultivadas por todo o mundo (CISNEROS e TEL-ZUR, 2012; LE BELLEC et al., 2006; MIZRAHI et al., 2002). As plantas podem ser cultivadas em solos com pouca matéria orgânica, com deficiência de nutrientes e com baixa capacidade de retenção de água, características que tornam o cultivo possível em diferentes condições ecológicas (CASTILLO, 2006; LE BELLEC et al., 2006). Dentre as muitas espécies de pitayas, quatro se destacam no cultivo e distribuição global: *H. undatus*, *H. polyrhizus*, *H. costaricensis* e *Selenicereus megalanthus* (MIZRAHI, 2014; ORTIZ-HERNÁNDEZ, 2012; DAG e MIZRAHI, 2005; DE DIOS, 2005).

Por ser um cultivo novo, há pouca literatura sobre a biologia floral e requerimentos de polinização da pitaya, o que pode limitar a sua produtividade. O conhecimento atual mostra que as pitayas possuem florescimento em massa, apresentando uma grande quantidade de flores hermafroditas (VALIENT-BANUET et al., 2007) que pode variar de 0,3 a 36,5 flores por planta (MIZRAHI, 2014). As flores são muito grandes, com cerca de 15 a 30 cm de comprimento, variando entre as espécies, sendo consideradas as maiores flores de cactus (LE BELLEC et al., 2006; MERTEN, 2003). A antese da pitaya acontece durante a noite, com início da abertura da flor, ocorrendo, geralmente, por volta das 19:00h, passando toda a noite aberta, e fechando na manhã do dia seguinte (VALIENT-BANUET et al., 2007).

Devido à pitaya também ser uma cactácea, várias publicações apontam os morcegos como os polinizadores naturais da planta (UIEDA e BREDET, 2016; LE BELLEC et al., 2006; WEISS et al., 1994). No entanto, Molina-Freaner et al. (2004) encontraram que os visitantes diurnos foram mais importantes que os visitantes noturnos na polinização da cultura. Outros estudos, mostram os morcegos como sendo os polinizadores mais eficientes durante a polinização noturna (VALIENT-BANUET et al., 2007; LE BELLEC et al., 2006) e as abelhas durante a polinização diurna, mesmo visitando as flores em um período menor de tempo (MARQUES et al., 2011; WEISS et al., 1994). Um estudo de Valiente-Banu et al. (2007), conduzido no México, onde a planta ocorre naturalmente, não encontraram néctar nas flores de *Hylocereus undatus*, sugerindo que, possivelmente, os morcegos visitam as flores da espécie em busca de pólen. As abelhas, por sua vez, definitivamente, visitam as flores de pitaya para coletarem somente o pólen (LE BELLEC, 2004).

Algumas espécies de pitayas são auto-incompatíveis, sendo necessária a polinização cruzada. Nesses casos, é recomendado o plantio de variedades auto-compatíveis para evitar esse problema de polinização (MERTEN, 2003). *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* parecem apresentar incompatibilidade total ou parcial, o que demandaria polinização manual para a produção em cultivos comerciais (MIZRAHI, 2014; ORTIZ-HERNÁNDEZ et al., 2012; MIZRAHI et al., 2002; WEISS et al., 1994). No entanto, alguns estudos sugerem que a polinização cruzada realizada pelas abelhas pode apresentar bons resultados no desenvolvimento dos frutos (MARQUES et al., 2011; LE BELLEC et al., 2006; WEISS et al., 1994).

A carência de informações consistentes sobre a polinização e polinizadores da pitaya, principalmente fora da sua área de ocorrência natural, tem limitado a exploração plena dessa cultura em várias regiões. Sendo assim, o presente trabalho buscou gerar conhecimento sobre a biologia floral, requerimentos de polinização, visitantes florais, comportamento e efetividade de polinização em duas espécies de pitayas, *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* no estado do Ceará, Brasil.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada na empresa FRUTACOR em Quixeré – CE, localizada na Chapada do Apodí, que fica na divisa entre os estados do Rio Grande do Norte e Ceará (Figura 2A). O clima da região é considerado BSw'h' segundo a classificação de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013; PEEL et al., 2007). Em Quixeré – CE as chuvas durante 2016 somaram 387,5 mm (Tabela 2). A área de estudo está a 140m acima do nível do mar, e apresenta temperatura máxima média anual de 35°C, enquanto que a média de mínimas é 22°C, com umidade relativa média anual de 62% e velocidade média dos ventos de 7,5 m/s (FERNANDES et al., 2005).

O cultivo de pitaya na propriedade ocupa uma área de dois hectares com duas espécies: *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*. O sistema de plantio é em mourões de madeira com filas duplas, e as plantas recebem todos os tratamentos culturais recomendados para a cultura (DE DIOS et al., 2014). A irrigação é feita três vezes por dia, seguindo o mesmo modelo aproveitado no local que antes era usado para a cultura da banana (*Musa paradisiaca*) (Figura 2B).

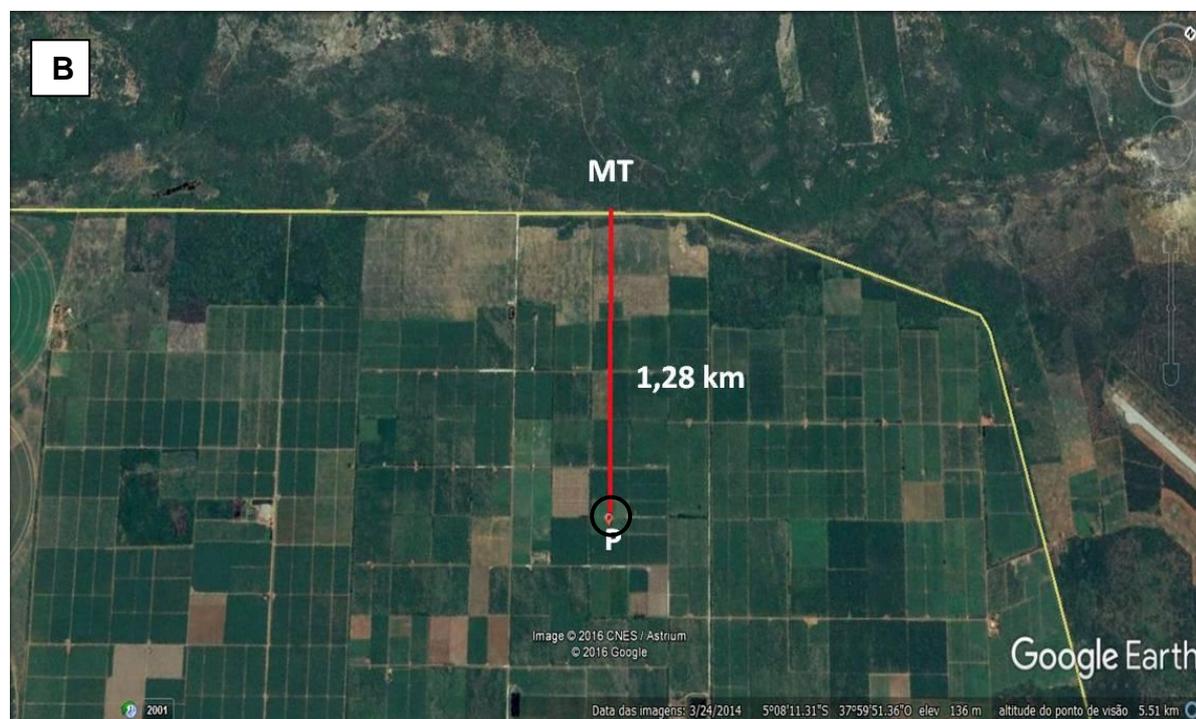
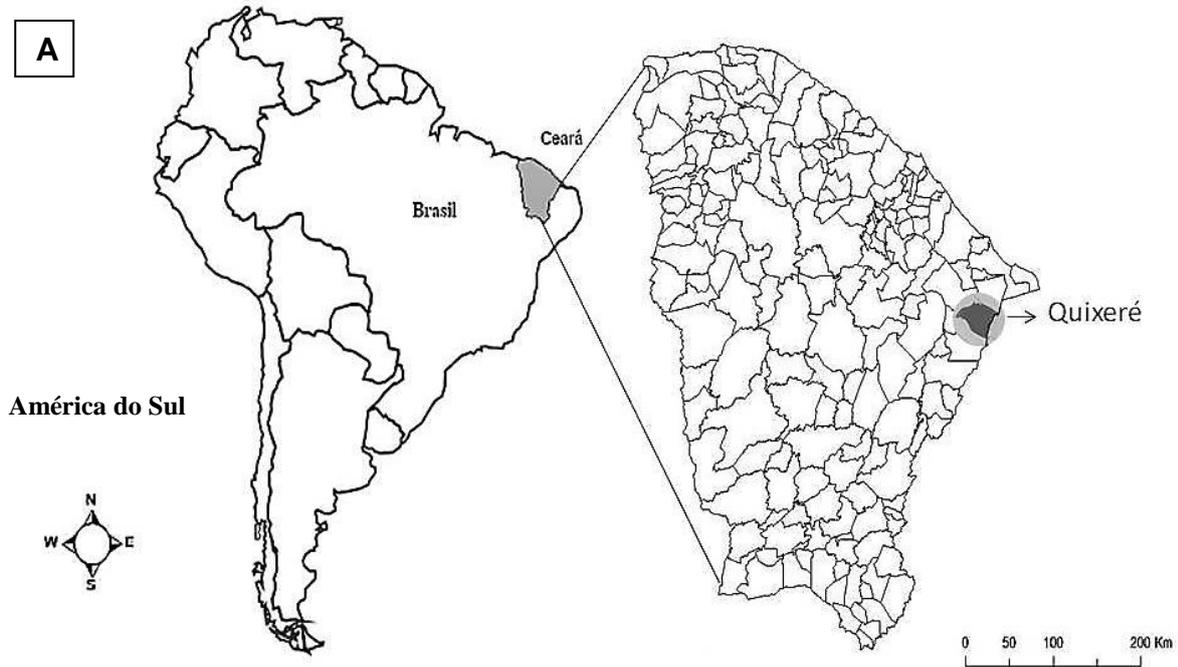


Figura 2 - A – Localização de Quixeré no Ceará – Brasil, onde está localizado o cultivo de pitaya com as espécies *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*. B – Cultivo da pitaya cercado por bananeiras (*Musa paradisiaca*), distância de 1,28km entre o cultivo da pitaya (P) e a mata nativa (MT).

As coletas de dados foram realizadas em cinco períodos de florescimento, que ocorreram de fevereiro a junho de 2016, período de maior ocorrência de chuvas na área (Tabela 2). Os dados coletados na pesquisa se referiam à biologia floral; visitantes florais noturnos e diurnos; e requerimentos de polinização noturnos e diurnos para as duas espécies. Para a obtenção de dados de biologia floral, dez botões florais de cada espécie de pitaya foram sorteados ao acaso e observados os seus desenvolvimentos desde o surgimento até a colheita

dos frutos. Esses botões foram marcados com fitas coloridas para acompanhar o seu crescimento, medindo, registrando com fotografias e anotações os dados todos os dias.

A pré-antese era determinada pelo início do desprendimento das brácteas que recobrem as tépalas (Figura 3). Nesse momento então, era anotado o horário e o dia da antese, e depois se cobria os botões com sacos de TNT (Tecido Não Tecido). Em cada espécie de pitaya, mais cinco dos botões selecionados foram levados para dissecação, e os outros cinco deixados para acompanhar o padrão de abertura da flor. Esses últimos botões florais ficavam livres desde a hora de abertura até o fechamento total da flor, período que durava a noite toda e parte do dia seguinte.

Nas cinco flores de cada espécie que foram dissecadas se obtiveram dados referentes aos verticilos florais, presença ou ausência de estruturas da flor e contagem das peças do perianto. No teste de avaliação da receptividade do estigma, seguiu-se a metodologia preconizada por Dafni et al. (1998), pela qual se coloca água oxigenada (H_2O_2 – peróxido de hidrogênio) em contato com o estigma da flor, e se observa a formação ou não de bolhas. Caso se formem bolhas, isso indica a liberação de oxigênio em função da hidrólise do peróxido de hidrogênio por enzimas presentes nos estigmas quando receptivos.

Nas duas espécies, *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, cobriram-se com sacos de TNT mais dez botões florais em pré-antese. Após a abertura, desensacava-se uma flor de cada espécie nos horários de 20:00h, 22:00h, 00:00h, 2:00h, 4:00h e 6:00h, e, com um estilete, cortava-se o estigma da flor. Então, media-se três centímetros a partir do seu ápice, e o emergia em um recipiente contendo água oxigenada. O estigma ficava mergulhado por três minutos, tempo necessário para visualização da ocorrência de bolhas. Caso houvesse a formação de bolhas, o estigma era considerado receptivo.

Nas duas espécies, outros cinco botões florais foram marcados com fitas coloridas em período de pré-antese, para observar a hora de deiscência das anteras. Os botões foram acompanhados visualmente e, a partir das 19h, um deles de cada espécie era aberto, a cada hora, para verificar se o pólen já estava sendo liberado.

Em relação ao néctar, dez botões florais, nas duas espécies, foram ensacados para verificar a produção durante toda a antese e se havia reposição de néctar, coletando, com um tubo capilar, uma vez às 00:00h, duas vezes nos horários de 21:00h, 3:00h e três vezes nos horários de 20:00h, 1:00h, 6:00h durante toda a antese.

Média de chuvas (mm)														
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Média + DP
2011	226,6	151,1	182,6	75,2	180,8	9,0	147,0	8,6	N.I.	45,2	0,0	N.I.	1026,1	85,5 ± 86,3
2012	23,0	175,6	15,8	65,9	0,0	10,4	N.I.	N.I.	0,0	0,0	N.I.	N.I.	290,7	24,2 ± 51,4
2013	2,4	37,6	21,0	179,8	8,8	97,6	56,6	0,0	0,0	0,0	25,0	35,4	464,2	38,7 ± 53,0
2014	17,8	29,8	95,5	84,7	112,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	7,6	0,0	351,3	29,3 ± 42,6
2015	25,2	32,0	256,4	92,2	12,2	67,8	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	521,0	43,4 ± 73,2
2016	168,8	56,6	85,1	28,4	9,8	38,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	387,5	32,3 ± 51,2

Tabela 2 - Média histórica observada da precipitação pluviométrica dos cinco anos anteriores e precipitações observadas em 2016, no município de Quixeré – CE. Fonte: FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Copyright © 2014. N.I. - Não Informado, DP – Desvio Padrão.



Figura 3 - Botões florais de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). Em cima, um botão floral que provavelmente abrirá no dia seguinte. Embaixo, um botão floral caracterizando a fase de pré-antese, com suas brácteas se desprendendo, o que geralmente ocorre na tarde do dia da abertura da flor.

Sobre o índice de frutificação no cultivo, de forma aleatória, foram selecionadas dez plantas em dez fileiras distribuídas no plantio, de modo a se obter uma amostra representativa de toda a área. O período escolhido para as observações foi quando o botão floral tinha 20cm, pois esse tamanho do botão é o que antecede de dois a três dias a antese. Procedeu-se, assim. O objetivo era não correr o risco de fazer a contagem e a planta abortar o botão floral, o que às vezes ocorria quando ainda tinha tamanho de 5cm a 10cm.

A coleta dos visitantes florais foi realizada somente para *H. polyrhizus*, fruto com polpa vermelha, devido à espécie se encontrar distribuída na maior parte do cultivo. Em todo o período da pesquisa, as espécies animais que constituíam os visitantes florais foram observadas, como também realizada uma contagem de todos aqueles que eram encontrados na flor, separando-os em visitantes diurnos e noturnos. Os insetos, sempre que se encontravam nas flores, eram coletados com uma rede entomológica. Seguindo a metodologia proposta por Vaissière et al. (2011), caminhava-se por uma área dentro do cultivo da pitaya por 25m, em cada linha durante cinco minutos, em quatro fileiras distribuídas de forma aleatória pelos dois hectares. A contagem dos insetos durante a noite era feita a cada duas horas nos horários de 20:00h, 22:00h, 00:00h, 2:00h e 4:00h, seguindo sempre no mesmo percurso e observando as flores de cada fileira, com a ajuda de duas lanternas para visualização dos visitantes. No período da manhã, realizava-se o mesmo processo só que de hora em hora 5:00h, 6:00h, 7:00h, devido à flor passar menos tempo aberta do que a noite, e por haver mais visitas nesses

horários. Nos dias em que estava nublado, e a flor demorou mais tempo para fechar, as coletas se estenderam até às nove horas.

Imediatamente após a captura, os insetos eram mortos em uma câmara mortífera contendo Acetato de Etila ($C_4H_8O_2$) (BORROR e DELONG, 1971). Após constatação da morte, os insetos foram colocados em álcool 70% para serem levados ao laboratório, onde eram retirados do álcool e colocados em água por 24h para reidratar (ALMEIDA et al., 2003). Em seguida, foram montados e colocados em estufa para secarem e serem enviados para identificação pela professora Dra. Favízia Freitas de Oliveira, no Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos (BIOSIS) da Universidade Federal da Bahia – UFBA. A mariposa foi identificada pelo professor Dr. Felipe W. Amorim, do Instituto de Biociências na Universidade Estadual Paulista – UNESP.

Testes de requerimentos de polinização foram conduzidos para as duas espécies, *H. undatus* e *H. polyrhizus*. Para esse fim, 120 botões florais foram escolhidos para cada espécie ao longo dos cinco períodos de florescimento. Os botões florais foram divididos em quatro tratamentos (Polinização restrita; Polinização aberta; Polinização noturna e Polinização diurna), 30 botões florais em cada tratamento, sendo seis por tratamento a cada um dos cinco períodos de florescimento.

Os tratamentos constaram de:

Polinização restrita (flor ensacada durante toda a antese) – o tratamento de polinização restrita teve por objetivo observar se as duas espécies de pitaya do cultivo são autocompatíveis e têm a capacidade de autopolinização. Os botões eram marcados com fitas e ensacados com sacos de TNT (Tecido Não Tecido) às 17:00h. O saco possuía na ponta uma fita para amarrar e evitar que qualquer agente polinizador entrasse na flor. Os sacos eram retirados às 13:00h do dia seguinte, período em que a flor já estava completamente murcha. Assim, caso algum fruto fosse gerado, seria o resultado de autofecundação.

Polinização aberta (flor aberta a visitantes durante toda a antese) – teve por objetivo observar a polinização que ocorre naturalmente no cultivo, e foi feita da seguinte forma: Os botões florais eram marcados geralmente quando as características de pré-antese eram observadas, o que sempre ocorria por volta das 16:00h. As flores então passavam todo o período de antese livres para receberem todas as visitas. No dia seguinte, às 13:00h, quando as flores já estavam totalmente murchas, marcava-se o local da flor na planta com braçadeiras coloridas para diferenciar os tratamentos e não ter o perigo de perder o possível fruto na fileira durante a identificação e colheita.

Polinização noturna (flor aberta a visitantes apenas a noite) – o tratamento de polinização noturna teve por objetivo verificar se os visitantes noturnos eram capazes de

contribuir para a polinização da pitaya e levar à formação dos frutos ou aumentar a produção desses. Marcava-se o botão floral com fitas coloridas às 17:00h, e se deixava a flor passar toda a noite desprotegida para receber os visitantes florais noturnos, só recebendo a proteção com o saco de TNT às 4:00h da manhã. A flor continuava protegida dos visitantes diurnos até a retirada dos sacos às 13:00h, quando já estava completamente murcha.

Polinização diurna (flor aberta a visitantes apenas durante o dia) – o tratamento de polinização diurna tinha por objetivo verificar se os visitantes florais do dia tinham a capacidade de realizar a polinização das flores das duas espécies de pitaya, e se contribuíam para a produção de frutos. Os botões florais que sinalizavam a pré-antese eram marcados e ensacados já às 17:00h, passando toda a noite protegidos dos visitantes noturnos e, só às 5:00h da manhã, eram retirados os sacos de TNT para que as flores recebessem as visitas diurnas, ficando a flor livre até murchar completamente.

As análises estatísticas foram realizadas com o programa R (Versão 3.3.1.). Para a comparação das médias, foi realizada uma análise de variância seguida pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As flores nas espécies de pitaya *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* possuem formas anatômicas idênticas, e a mesma quantidade de peças florais (Figura 4A-B-C). Nesse estudo, as flores nas duas espécies tiveram o mesmo tamanho desde o lançamento do botão floral até a antese. Por serem idênticas, a descrição a seguir serve para as duas espécies: a flor é actinomorfa, possuindo forma completa com todos os verticilos florais, pedunculada, com botão floral originando-se na base do espinho e seu eixo de sustentação medindo da base ao ápice $25,2\text{cm} \pm 1,3$ antes da pré-antese, com $27,2\text{cm} \pm 1,5$ durante a antese e com $28,8\text{cm} \pm 2,0$ de largura, quando está totalmente aberta. Todas as flores são hermafroditas, com ovário súpero (Figura 4D), com o estigma posicionado acima dos estames (Figura 4E), em uma separação espacial das partes reprodutivas chamada de hercogamia de aproximação (RECH et al., 2014). Desta forma, o polinizador na sua rota de aproximação da flor, entra em contato primeiro com o estigma, onde potencialmente deposita uma carga de pólen de outras flores, para, só depois, entrar em contato com os estames da flor que visita agora.

As flores nas duas espécies estudadas possuem em média $77,0 \pm 1,0$ brácteas e $23,0 \pm 2,3$ tépalas, somando as internas e as externas, com uma variação de cor branca a amarelo claro (interna), e amarelo claro até verde claro (externa) (Figura 4F-G). As brácteas se comportam de forma valvar simples em que elas se recobrem, mas apenas se tocam pelas

bordas igualmente ao citado por Britton e Rose, (1920). Quando dissecadas as flores, observa-se que as brácteas da base do botão floral são menores e com coloração verde claro, e as maiores do ápice da flor, com a cor amarelo claro (Figura 4G). Aquelas brácteas que se encontram na base da flor permanecem durante o desenvolvimento do fruto (Figura 4H-I). São elas que recebem a comparação com as escamas da “figura do dragão” (NUNES et al., 2014). As brácteas maiores, que recobrem as tépalas, murcham após o florescimento e caem geralmente depois de uma semana da antese. Porém, às vezes, mesmo murchas, podem permanecer no fruto até a colheita.

A cada ciclo de florescimento de *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, no 1º dia todas as plantas estavam com flores, representando cerca de 50% do florescimento. Esses valores alcançavam 100% do florescimento no 2º dia e, a partir do 3º dia, não abriam mais novas flores e começava a diminuir a quantidade de flores abertas. Apenas em dois dos florescimentos acompanhados no experimento as flores duraram até o 4º dia.

Na fase de lançamento do botão floral até a pré-antese, foram encontrados períodos de 14 a 18 dias. Esse intervalo de tempo é menor do que qualquer outro registrado na literatura, uma vez que Marques et al. (2011) observaram 19 a 21 dias para o período de emissão das gemas até a antese, Yah et al. (2008) verificaram períodos de 25 a 31 dias estudando *H. undatus* e Silva et al. (2015) encontraram 18 a 23 dias com condições de 50% de sombreamento. Talvez as condições distintas dos demais estudos em relação ao presente, como espécies, condições climáticas diferentes e de sombreamento, possam explicar as diferenças de resultados observados. Quanto aos intervalos entre florescimentos, houve variação de 10 a 15 dias no presente estudo. Esse resultado também foi encontrado por Valiente-Banuet et al. (2007).

Nas duas espécies estudadas o botão floral tem coloração diferente, na flor da pitaya de polpa branca (*H. undatus*) ele é verde claro e na flor da pitaya com polpa vermelha (*H. polyrhizus*) ele é verde com as bordas das brácteas em desenvolvimento vermelhas.

As plantas possuem um florescimento em massa e iniciavam sempre no mesmo período, com duração de três dias em média. Mesmos resultados foram encontrados por Le Bellec, (2004). O florescimento em massa é uma adaptação das plantas, que facilita a atração de polinizadores e protege de predadores de flores e sementes, deixando-os saciados devido a uma grande quantidade de alimento (MICKELIUNAS et al., 2006).

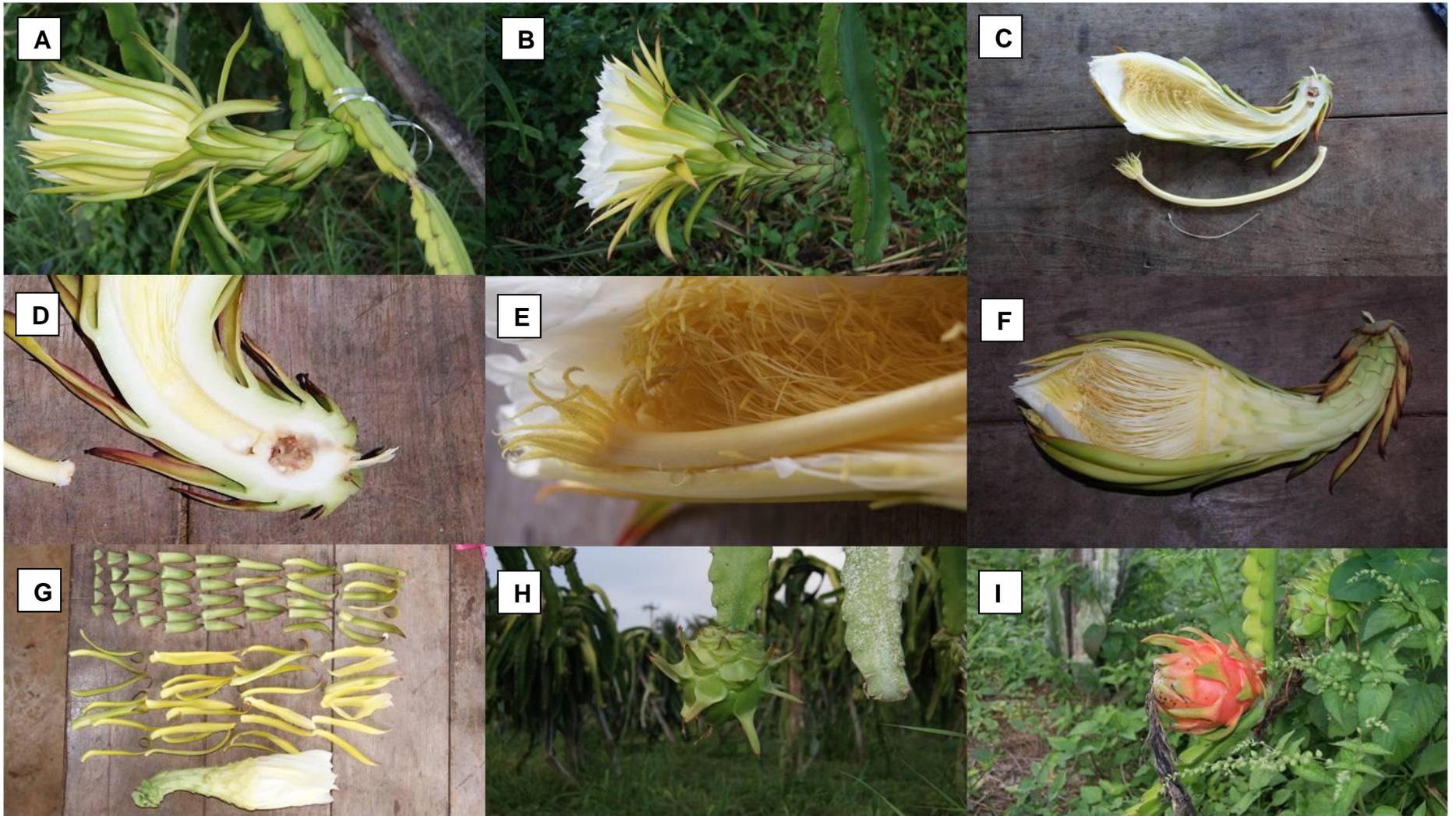


Figura 4 - A e B – Flores de *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* respectivamente. C e D – Flores dissecadas da pitaya *H. polyrhizus* mostrando as partes reprodutivas. E – Disposição do estigma um pouco acima dos estames. F e G – Flores dissecadas mostrando a disposição e a coloração das brácteas. H e I – Fruto verde e fruto maduro de *H. undatus* respectivamente.

A pré-antese caracterizava-se quando as brácteas que recobriam as pétalas começavam a se desprender, o que geralmente iniciava às 14:00h, com as flores iniciando a antese por volta de 19:00h. O período de antese encontrado nas duas espécies possui uma média de 12h, fechando totalmente às 7:00h da manhã, sendo também menor do que o encontrado na literatura, que reporta ser de 15 horas de antese (MARQUES et al., 2011 e YAH et al., 2008).

Uma mudança importante no período de antese ocorria em dias nublados, nas flores de *Hylocereus undatus* quanto de *H. polyrhizus*. Nesses dias, as flores permaneciam abertas por até duas horas a mais, até 9:00h, demonstrando que, provavelmente, seria pela a influência da luminosidade. Nessa situação, as flores continuaram a receber visitas por duas horas a mais. Como o cultivo não é totalmente sombreado, com apenas algumas plantas de mamona (*Ricinus communis* L.) dentro das fileiras, é possível que um maior tempo de antese favoreça a polinização realizada por visitantes florais diurnos.

Durante a antese nas duas espécies, as flores no horário de 00:00h encontravam-se completamente abertas, permanecendo, assim, até 2:00h da manhã, quando começavam a fechar e percebia uma diminuição do odor emitido pelas flores. Uma diferença encontrada entre as flores de *H. polyrhizus* e *H. undatus* foi em relação à liberação dos odores, com a primeira iniciando a produção por volta das 20:00h, uma hora antes da última. Em ambas as espécies, a liberação dos odores permaneceu até as flores se fecharem totalmente na manhã seguinte. O odor é uma ferramenta muito útil usada pelas plantas para atrair os polinizadores, principalmente por plantas com antese noturna. Algumas plantas sincronizam as emissões máximas de odores, com os horários em que há maior visitação, favorecendo a polinização por assegurar a presença dos polinizadores nas flores nos momentos em que as flores estão totalmente receptivas (RECH et al., 2014).

As observações mostraram que as anteras começam a liberar pólen ainda com a flor fechada, já havendo grande quantidade liberada às 16:00h, bem antes da flor abrir, às 19:00h. No entanto, devido ao tamanho do estigma e sua posição acima da altura das anteras, o pólen liberado nessa fase atingia apenas o estilete. Quando a flor abria, já havia grande quantidade de pólen disponível nas anteras, tépalas e estilete, facilitando a autopolinização, embora não seja evidente. Segundo Wess et al. (1994), na pitaya *Selenicereus megalanthus*, o movimento de fechamento das tépalas ao final da antese favorece a autopolinização, e isso pode ser um mecanismo de segurança da planta para o caso de a flor não ter sido polinizada até esse momento, comum em várias espécies vegetais (GAMISCH, et al., 2014; BUSCH, et al., 2011). A presença de grande quantidade de pólen em várias partes da flor também facilitaria a captura de pólen por visitantes florais, favorecendo a polinização.

O estigma das flores de *H. undatus* e *H. polyrhizus* se mostraram receptivos para todos os horários testados, ou seja, desde as 20:00h até o momento do fechamento da flor, às 7:00h da manhã seguinte (Figura 5), ou até às 9:00h nos dias nublados. A longa receptividade do estigma provavelmente ocorre para assegurar a deposição do máximo de grãos de pólen possível, necessários para fertilizar a grande quantidade de óvulos da flor. Embora não testado no presente trabalho, é possível que o estigma já esteja receptivo desde o momento da liberação do pólen, quando a flor ainda está fechada, fato comum em várias espécies que aceitam a autopolinização (ALVES e FREITAS, 2007; GREENLEAF e KREMEN, 2006; STODDARD e BOND, 1987).

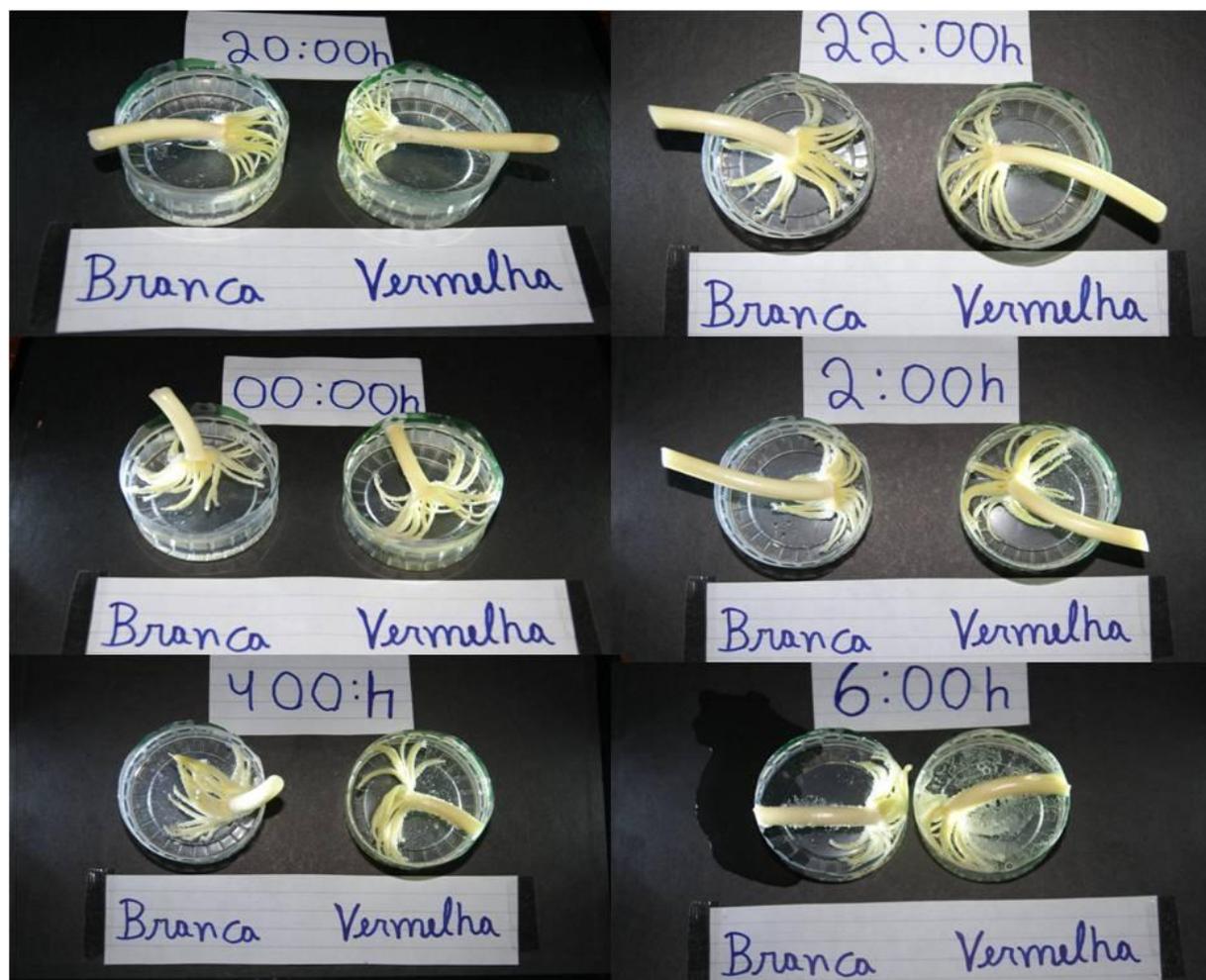


Figura 5 - Observações da receptividade dos estigmas nos horários de 20:00h, 22:00h, 00:00h, 2:00h, 4:00h e 6:00h, mostrando que *Hylocereus undatus* (Branca) e *H. polyrhizus* (Vermelha) estão com as flores receptivas durante toda a antese.

As tentativas de coletar néctar não obtiveram sucesso nesse estudo, sugerindo que as flores de *H. polyrhizus* e *H. undatus* não o produzem. Estudo de Valiente-Banuet et al. (2007) com a espécie *H. undatus*, no México, chegaram à mesma conclusão. Aparentemente, o pólen é a única recompensa aos visitantes florais.

Os visitantes florais encontrados nas flores de *Hylocereus polyrhizus* foram esfingídeos, formigas, abelhas e vespas (Tabela 3).

	Visitantes florais	Nome científico	Quantidade	(%)
Noturno	Mariposa	<i>Agrius cingulata</i>	45	1,8
	Formiga	-	28	1,1
Diurno	Abelha	<i>Apis mellifera</i>	2107	86,1
	Abelha	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i>	21	0,9
	Abelha	<i>Trigona spinipes</i>	208	8,5
	Vespa	<i>Polybia (Myrapetra) sp.</i>	38	1,6
Total			2447	100

Tabela 3- Identidade, quantidade e abundância relativa de visitantes florais das flores de *Hylocereus polyrhizus*, durante os períodos diurno e noturno em cultivo no município de Quixeré – CE.

Dos visitantes noturnos, as mariposas, com 1,8%, e as formigas, com 1,1% do total de visitas, foram aqueles com maior potencial para polinizarem as flores de pitaya. De fato, mariposas são consideradas polinizadoras de flores com antese noturna (RECH et al., 2014). As mariposas encontradas no presente estudo, *Agrius cingulata*, são responsáveis pela polinização do fumo (*Nicotiana spp.*), ao introduzirem sua espirotromba na antera tubular da flor (NATTERO et al., 2003; IPPOLITO et al., 2004). No caso da pitaya, no entanto, a flor é grande e bem aberta, sendo necessário que a mariposa pouse dentro da flor. Assumindo esse comportamento, elas tocam no estigma quando chegam ou quando saem da flor, sendo a segunda situação mais frequente. Ao baterem as asas tentando sair das flores, elas entram em contato com as anteras, assim, adquirindo pólen no corpo e nas asas (Figura 7A). Com as mariposas dessa espécie consomem néctar, possivelmente saiam da flor sem esse recurso, atraídas pelo forte odor das flores. Já que se percebe o comportamento de estender várias vezes a espirotromba, sem fixar em um local para sugar o néctar como é comum entre os Lepidoptera.

Em relação às formigas, elas foram observadas caminhando pelas partes masculina e feminina da flor e podem ser polinizadores das flores da pitaya, ajudando na complementação da polinização do período noturno (Figura 7B). Durante a noite, também foram encontrados pequenos besouros nas flores, mas, por serem numerosos e de tamanho muito reduzido, não foi possível fazer a contagem na semiescuridão. Embora potencialmente possam realizar a transferência de pólen das anteras para o estigma da mesma flor (autopolinização), o comportamento quase estático sobre os estames se alimentando de pólen sugere que não sejam polinizadores eficientes (Figura 7C).

Não foram observados morcegos visitando as flores das duas espécies de pitaya em nenhum dos dias de florescimento observados, embora eles sejam considerados os

polinizadores naturais da pitaya (VALIENTE-BANUET et al., 2007; LE BELLEC et al., 2006). De fato, a flor da pitaya apresenta características associadas à síndrome de quiropterofilia, como flores expostas (acessíveis a morcegos) grandes, abertas, de antese noturna, com cores brancas ou claras, forte perfume noturno, grande quantidade de pólen e/ou néctar, permanecendo aberta somente uma noite e fechando cedo da manhã seguinte (FAEGRI e PIJL, 1971; RECH et al., 2014). Considerando que as espécies estudadas não produzem néctar, visitas de morcego seria uma enganação criada pela planta ou eles visitariam para se alimentar de pólen. Segundo Valiente-Banuet et al. (2007), possivelmente os morcegos encontrados em seu estudo, visitando as flores de pitaya no México, eram polinívoros, ou seja, alimentavam-se do pólen.

Os visitantes diurnos foram encontrados em quantidades bem maiores que os noturnos, o que os torna os polinizadores potenciais da pitaya na área estudada. De fato, apesar de ser uma flor de antese noturna, vários estudos apontam os visitantes diurnos como os mais importantes para a polinização das flores de pitaya sob cultivo, principalmente onde falta o polinizador natural (LE BELLEC et al., 2006; MOLINA-FREANER et al., 2004; WESS et al., 1994).

Entre os visitantes diurnos, a espécie de vespa *Polybia (Myrapetra)* sp., compreendeu 1,6% dos visitantes totais encontrados, e ela não se alimentava do recurso oferecido pela flor da pitaya. Sua presença nas flores visava caçar possíveis presas para se alimentar ou alimentar suas crias, mas, na tentativa de capturar algum inseto, as vespas caminhavam sobre as partes reprodutivas da flor, podendo também realizar alguma polinização (Figura 7D).

As mamangavas, da espécie *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens*, representaram apenas 0,9% dos visitantes. Na flor, a mamangava coletava pólen e apresentava o comportamento de se agarrar às anteras e tentar andar sobre os estames batendo as asas. Dessa forma, conseguia aderir ao corpo grande quantidade de pólen e, possivelmente, também o transportaria para o estigma, pois, costumeiramente, entrava em contato com ele ao chegar e/ou ao sair da flor (Figura 7E). Desta forma, a mamangava aparentemente poliniza de forma mais eficiente a pitaya. De fato, Wess et al. (1994) comprovaram a eficiência das abelhas de grande porte como potenciais polinizadoras para o gênero *Hylocereus* em Israel, inclusive sugerindo a introdução de *Xylocopa pubescens* em cultivos de pitaya protegidos em estufa.

No presente estudo, foi observado que a presença de flores grandes e com pólen abundante, e o uso de mourões de madeira para apoiar as plantas constituindo um bom substrato para nidificação de *Xylocopa* (FREITAS e OLIVEIRA-FILHO, 2001), podem ter contribuído para atrair essas abelhas para o cultivo. Ressalta-se que na propriedade em

questão, que possui grandes áreas plantadas com banana (*Musa paradisiaca*) onde não há locais de nidificação para *Xylocopa*, além dos tratos culturais intensivos, as estacas de madeira do cultivo de pitaya constituíam um bom atrativo para as abelhas, convenientemente localizado próximo da fonte de alimento. No entanto, devido ao intervalo de 10 a 15 dias entre um florescimento e outro da pitaya, e a consequente falta de recurso alimentar para as mamangavas, as abelhas se afastavam da área do cultivo e passavam a explorar a vegetação nativa distante a pouco mais de um quilômetro.

A abelha arapuá (*Trigona spinipes*) foi o segundo visitante mais abundante com 8,5% do total de visitas. Apesar de ser um meliponíneo, abelhas de raio de voo que dificilmente ultrapassa a 1 km de distância do ninho, essa espécie apresenta uma excepcional capacidade para se dispersar através de grandes distâncias em habitats degradados e paisagens fragmentadas (JAFFÉ et al., 2016). Dessa forma, o fato do cultivo da pitaya se encontrar a mais de um quilômetro distante da mata nativa mais próxima, não constituiu empecilho para essas abelhas frequentassem a área de pitaya.

Embora descrita como um eficiente polinizador de outras culturas agrícolas, como abóbora, café, manga, entre outros (JAFFÉ et al., 2016; GIANNINI et al., 2015; NGO et al., 2011; HEARD, 1999), as visitas de *T. spinipes* foram prejudiciais para a polinização da pitaya devido a três comportamentos: i – agressão contra outros visitantes florais: essas abelhas dominavam a flor de pitaya e atacavam qualquer outro visitante e potenciais polinizadores, principalmente as abelhas *Apis mellifera*; ii – remoção do pólen depositado no estigma: além de coletarem pólen dos estames, essas abelhas raspavam com as mandíbulas o pólen depositado no estigma, impedindo que houvesse o lançamento dos tubos polínicos e consequentemente fertilização dos óvulos; iii – danificando as flores: na pitaya de polpa vermelha, *H. polyrhizus*, diariamente, entre as 16:00h e 17:00h, abelhas arapuás perfuravam as pétalas dos botões em pré-antese para coletar pólen (Figura 6). Esse dano, quando atingia o estigma podia danificá-lo, impedindo o vingamento do fruto, ou em casos de danos extensos a flor, levá-la ao aborto. Esses três comportamentos da abelha *T. spinipes* são conhecidos e descritos para outras culturas, embora não necessariamente todos na mesma espécie, como observado aqui (JAFFÉ et al., 2016; GIANNINI et al., 2015; BOIÇA Jr. et al., 2004).

As abelhas *Apis mellifera* foram os visitantes florais mais abundantes (86,1%) no cultivo de *Hylocereus polyrhizus* (Figura 7F). As visitas começavam às 5:00h da manhã e se estendiam até a flor se fechar totalmente, e o recurso coletado era somente pólen, conforme também observado por Marques et al. (2011); Le Bellec, (2004) e Weiss et al. (1994). No entanto, no presente estudo foi observado um grande número dessas abelhas visitando as flores, geralmente chegando a mais de 30 indivíduos por flor. As abelhas coletavam apenas

pólen, em movimentos frenéticos, moviam-se rapidamente entre os estames, com constantes sobrevoos por sobre a flor, durante os quais transferiam o pólen para as corbículas, deixando-as com bastante pólen, inclusive sobre o estigma. Tanto quando levantavam voo, como quando pousavam na flor novamente, as abelhas frequentemente tocavam o estigma. Embora Le Bellec, (2004) tenha sugerido que a polinização por abelhas *A. mellifera* é ineficiente na pitaya devido ao pequeno tamanho da abelha em relação à flor, nesse estudo foi percebido que, quanto maior a quantidade de abelhas *A. mellifera* visitando uma flor, maior era a deposição de pólen no estigma. Isso é demonstrado que, apesar do tamanho não adequado, o comportamento de forrageio dessa espécie na flor favorece a polinização e, por sua abundância na área, ela, provavelmente, constituiu o polinizador mais importante da cultura.



Figura 6 - A abelha arapuá *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) perfurando as pétalas do botão floral da pitaya *Hylocereus polyrhizus* na fase de pré-antese para coletar o pólen, no horário entre 16:00h e 17:00h, Fazenda FRUTACOR em Quixeré – CE.

O tempo para o desenvolvimento total dos frutos até a colheita foi de 30 dias para ambas as espécies. Estudos conduzidos em Israel, com várias espécies de pitaya, por Tel-Zur et al. (2011), encontraram períodos de 28 a 41 dias para o momento da colheita dos frutos a partir da antese. Em outro estudo realizado por Marques et al. (2011) no Brasil, com *H. undatus*, foram encontrados frutos maduros prontos para colheita com 31 dias após a antese. Segundo Osuna-Enciso et al. (2016), a temperatura ambiente é um fator importante no desenvolvimento em frutos de pitaya, o que pode explicar as diferenças observadas entre diferentes locais no período de desenvolvimento e maturação dos frutos.

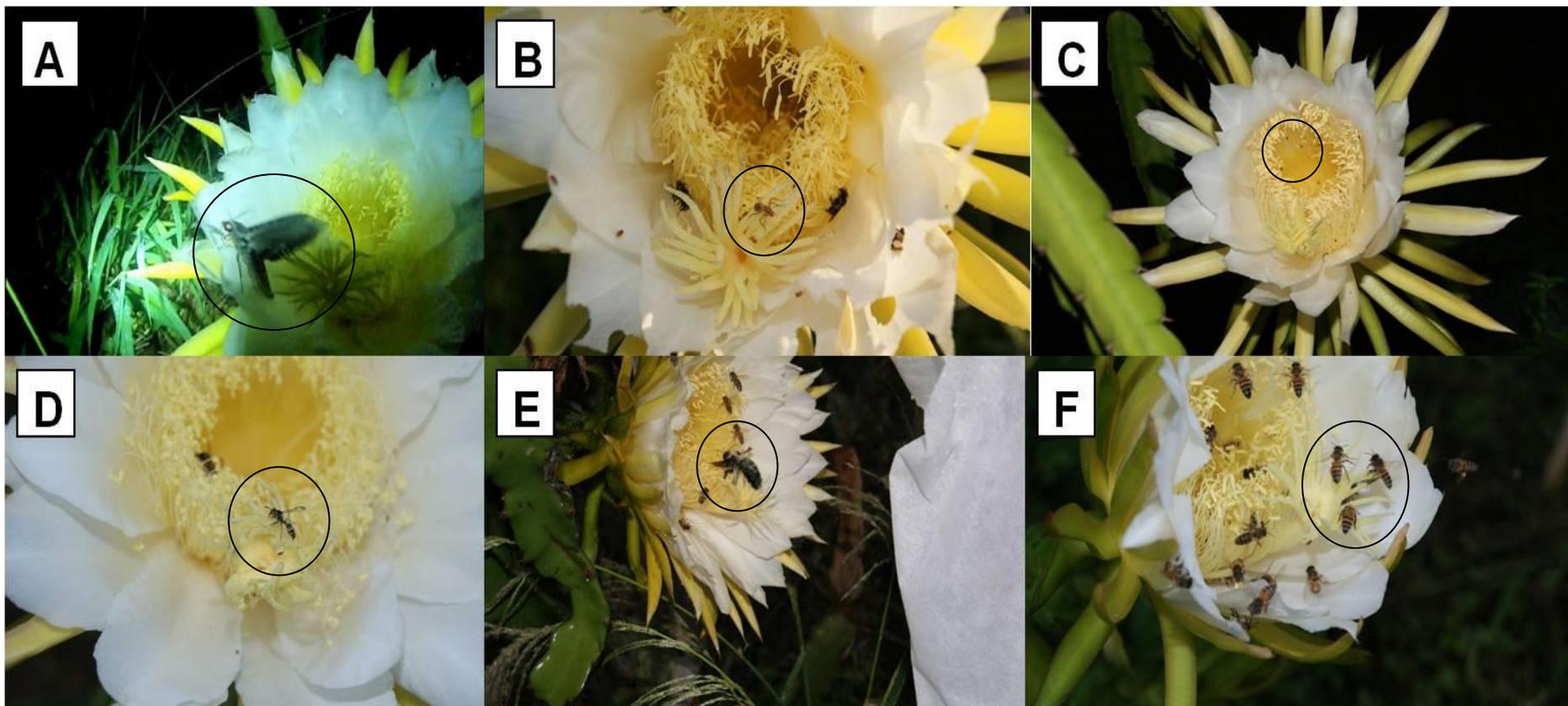


Figura 7 - Visitantes florais encontrados nas flores da pitaya com polpa vermelha em Quixeré – CE. A – Mariposa (esfingídeo) da espécie *Agrius cingulata* saindo da flor e tocando com as asas no estigma; B – Formigas (Formicidae) caminhando sobre as partes masculina e feminina da flor. C – Pequenos besouros sobre os estames. D – Vespa *Polybia (Myrapetra)* sp., com seu hábito de caçar caminhava sobre os estames e sobre o estigma. E – Abelha *Xylocopa (Neoxylocopa) griseascens* entrando na flor e tocando no estigma. F – Abelhas *Apis mellifera* os visitantes mais encontrados nas flores da pitaya.

No que se refere à frutificação, as médias encontradas, com relação ao número de flores por planta, número de frutos e índice de frutificação, não diferiram estatisticamente nas espécies de pitaya estudadas (Tabela 4). Ambas as espécies apresentaram grande variação no número de botões florais emitidos por planta, com valores de 2 a 34, mas com médias similares por volta de 10 botões florais (Tabela 4). A média de flores por planta encontradas nas duas espécies (Tabela 4) é, de uma maneira geral, bem menor do que aquelas observadas em outros estudos, que variaram de 12,6 a 65 flores por planta (VALIENTE-BANUET et al., 2007; TRAN e YEN, 2014; OSUNA-ENCISO et al., 2016). No entanto, esses valores parecem variar muito de ano para ano, uma vez que Osuna-Enciso et al. (2016) obtiveram médias de 20,7; 36,5 e 12,6 flores por planta em anos seguidos, com o menor resultado, de 0,3 flores por planta. Há uma necessidade de maiores investigações sobre os fatores que influenciam tais variações no florescimento e conseqüente frutificação da pitaya.

Quanto à quantidade de frutos colhida por planta, a espécie *H. polyrhizus* produziu de 0 a 30 frutos, enquanto a espécie *H. undatus*, de 2 a 20 frutos. As médias não diferiram significativamente ($p > 0,05$). No que se refere ao índice de frutificação, a pitaya *H. undatus* vingou uma média de 94,25% frutos, enquanto que *H. polyrhizus* apresentou média de 88,66%, não sendo observada diferença significativa ($p > 0,05$) entre as espécies. No entanto, as espécies diferiram quanto à amplitude do índice de vingamento das plantas de cada espécie. Enquanto a pitaya de polpa vermelha *H. polyrhizus* apresentou, desde plantas cujas flores não vingaram um único fruto (zero de frutificação) até outras plantas, nas quais todas as flores se transformaram em frutos (100% de frutificação), a pitaya de polpa branca *H. undatus* produziu uma frutificação que variou do mínimo de 72%, ao máximo 100%. Esses resultados sugerem que *H. undatus* seja bem menos dependente de polinizadores bióticos que *H. polyrhizus* (TRAN et al., 2015; TRAN e YEN, 2014). A avaliação dos requerimentos de polinização para os quatro tratamentos testados apresentou resultados diferentes, no que se refere ao papel dos agentes bióticos polinizadores nas duas espécies de pitaya *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* (Tabela 5).

Ambas as espécies apresentaram alto percentual de vingamento que levaram a produção de frutos sob todos os tratamentos, exceto *H. polyrhizus* quando submetida ao tratamento de polinização restrita. Isso sugere que a pitaya possui a capacidade de autopolinização, e que *H. undatus* independe da ação de polinizadores bióticos para o vingamento e produção de frutos, pois alcançou índices de 100% de frutificação mesmo quando as flores ficaram ensacadas durante toda a antese. Além disso, os frutos eram grandes e uniformes, indicando uma polinização eficiente. Uma explicação para isso seria a flor possuir a capacidade de se autopolinizar e a planta ser autocompatível. De fato, no momento

da pré-antese, a quantidade de pólen liberado é muito grande e algumas anteras podem entrar em contato com o estigma, podendo, então, haver nesse, deposição de pólen. Outra forma de autopolinização se deve ao movimento das tépalas no momento que a flor fecha, levando algumas anteras a tocar o estigma. Considerando que a flor fica receptiva durante toda sua antese, inclusive até o fechamento, a autopolinização nesse momento pode levar a fertilização dos óvulos e vingamento do fruto. Essa forma de autopolinização já havia sido observada e relatada por Weiss et al. (1994), para a flor de outra espécie de pitaya, *Selenicereus megalanthus*. Além disso, Tran e Yen, (2014) mostraram que a pitaya de polpa branca, *H. undatus*, é totalmente autocompatível.

No caso da pitaya de polpa vermelha, *H. polyrhizus*, o tratamento restrito que avalia a capacidade da flor de se autopolinizar e a autocompatibilidade da espécie, vingou menos da metade das flores estudadas, e caíram cerca de uma semana depois de fecharem sem que houvesse o início da formação de frutos. Esse resultado observado mostra que a espécie possui alguma capacidade de vingar frutos oriundos de autopolinização, possivelmente pela autoincompatibilidade parcial, uma vez que 47% das flores vingaram. Uma explicação para esse resultado seria uma capacidade apenas parcial da flor de se autopolinizar, deixando-a, muitas vezes, na dependência da ação de polinizadores bióticos para complementar a polinização e assegurar o vingamento dos frutos. Essa possibilidade é plausível diante do fato que, quando polinizadores noturnos foram permitidos visitar as flores, o índice de frutificação subiu para 93%, e quando foram os polinizadores diurnos, bem mais abundantes, que visitaram, o índice atingiu o valor máximo possível de 100%. Portanto, embora *H. polyrhizus* seja autocompatível e capaz de se autopolinizar, e como a flor possui um número muito grande de óvulos, possivelmente a quantidade de grãos de pólen depositados pela autopolinização nem sempre atinja o mínimo necessário para assegurar o vingamento do fruto, e a flor se beneficie de visitantes florais que, em busca de coletar pólen, acabam por transferir a quantidade necessária de grãos para o estigma, agindo, assim, como polinizadores da espécie. Isso fica mais evidenciado pelo fato de que, mesmo os frutos vingados no tratamento de visitas restritas, geralmente foram menores e mais leves que aqueles oriundos dos tratamentos de flores abertas a polinizadores (Figura 8A).

A autopolinização e autocompatibilidade parecem ser características comuns às várias espécies de pitaya. No entanto, parece que a autopolinização produz déficits de polinização na maioria das espécies, não sendo suficiente para assegurar a produção potencial dos frutos, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade dos frutos.

Espécie de pitaya	N	Botões Florais/planta	Mín. - Máx.	Frutos/planta	Mín. - Máx.	% Frutificação	Mín. - Máx.
<i>Hylocereus polyrhizus</i>	80	10,5 ± 7,1	2 – 34	9,1 ± 6,5	0 – 30	86,6 ± 21,3	0 – 100
<i>Hylocereus undatus</i>	20	10,0 ± 6,9	2 – 27	9,1 ± 5,8	2 – 20	94,2 ± 10,0	72 – 100

Tabela 4 - Índice de florescimento e frutificação das espécies de pitaya *Hylocereus polyrhizus* e *H. undatus* em Quixeré, Ceará 2016.

Espécie de pitaya	Tratamento	Nº Flores	Nº frutos vingados	(%)	Nº frutos colhidos	(%)
<i>Hylocereus polyrhizus</i>	Aberta	30	30	100%	30	100%
	Restrita	30	14	47%	14	47%
	Noturna	30	28	93%	28	93%
	Diurna	30	30	100%	30	100%
<i>Hylocereus undatus</i>	Aberta	30	30	100%	30	100%
	Restrita	30	30	100%	30	100%
	Noturna	30	30	100%	30	100%
	Diurna	30	30	100%	30	100%

Tabela 5 - Número total de frutos vingados e colhidos em duas espécies de pitaya, *Hylocereus polyrhizus* e *H. undatus*, sob cultivo em Quixeré – CE e submetidas a quatro tratamentos de polinização.

Além do presente estudo, Dag e Mizrahi, (2005), por exemplo, encontraram que a polinização cruzada manual produziu frutos maiores que a autopolinização na pitaya *Selenicereus megalanthus*, evidenciando perdas de produção associadas à falta de polinização biótica. Na verdade, a maioria dos autores recomenda o uso de polinização manual para maximizar a produtividade dos cultivos das diversas espécies de pitaya (MENEZES et al., 2015; TRAN e YEN, 2014; LE BELLEC, 2004; WEISS et al., 1994). A capacidade de autopolinização na pitaya pode ser economicamente vantajosa, por reduzir os custos de produção ao dispensar a realização da polinização manual e aumentar a rentabilidade da produção de frutos (VALIENTE-BANUET et al., 2007). Por outro lado, há a desvantagem dos frutos serem frequentemente menores do que aqueles oriundos de polinização cruzada (MERTEN, 2003). Casos como o observado com *H. undatus* neste estudo, no qual a autopolinização assegurou 100% de vingamento de frutos bem formados e uniformes em tamanho (Figura 8B), parecem ser exceções entre as espécies dessa fruta.



Figura 8 – A – frutos colhidos dos tratamentos realizados em *Hylocereus polyrhizus*, mostrando a diferença de tamanhos entre os tratamentos. B – frutos colhidos dos tratamentos em *H. undatus*, visualmente há pouca diferença entre os tratamentos.

CONCLUSÕES

As flores das pitayas *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* apresentam antese noturna e características associadas à síndrome de quiropterofilia.

As flores de pitaya oferecem grande quantidade de pólen como recompensa floral que atraem visitantes diurnos, como abelhas e vespas, e noturnos, como pequenos besouros, formigas e mariposas, mas não morcegos.

As flores de pitaya não possuem barreiras estruturais que impeçam sua polinização durante toda a antese.

O estigma é receptivo durante toda a antese, a flor é autocompatível e apresenta capacidade de autopolinização.

A espécie *Hylocereus undatus* independe de polinização biótica para vingar frutos grandes e bem conformados. *H. polyrhizus*, no entanto, possui capacidade de autopolinização limitada e requer polinização biótica para formação dos frutos e para produzir frutos maiores.

A abelha *Apis mellifera* é o principal visitante floral e potencial polinizador de *Hylocereus polyrhizus*, no presente estudo.

O déficit de polinização biótica constitui fator limitante para a produtividade de *Hylocereus polyrhizus*, mas não de *H. undatus*.

O papel dos polinizadores, especialmente *Apis mellifera*, na qualidade dos frutos produzidos por *Hylocereus polyrhizus* e *H. undatus* necessita ser investigado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lúcia Massutti de; COSTA, Cibele S. Ribeiro; MARINONI, Luciane. Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos. In: **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**. Holos Editora, 2003.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, José Everton; FREITAS, Breno Magalhães. Requerimentos de polinização da goiabeira. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, 2007.

BOIÇA Jr., A.I., SANTOS, T.M., PASSILONGO, J. (*Trigona spinipes* (Fabr.) (Hymenoptera: Apidae) em espécies de maracujazeiro: flutuação populacional, horário de visitação e danos às flores. **Neotrop. Entomol.** 33, 135–139. 2004.

BORROR, Donald Joyce; DELONG, Dwight Moore. An introduction to the study of insects. n. Ed. 3, 1971.

BRITTON, N. L.; ROSE, J. N. The cactaceae, Descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Washington, DC: **Carnegie Institution of Washington**, v. II. 1920.

BUSCH, Jeremiah W.; JOLY, Simon; SCHOEN, Daniel J. Demographic signatures accompanying the evolution of selfing in *Leavenworthia alabamica*. **Molecular Biology and Evolution**, v. 28, n. 5, p. 1717-1729, 2011.

CASTILLO, R. Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas. **Caos Conciencia**, v. 1, n. 1, p. 17-24, 2006.

CISNEROS, Aroldo; TEL-ZUR, Noemi. Evaluation of Interspecific-Interploid Hybrids (F1) and Back Crosses (BC1) in *Hylocereus* Species (Cactaceae). **INTECH Open Access Publisher**, 2012.

DAFNI, A.; MAUÉS, M. M. A rapid and simple procedure to determine stigma receptivity. **Sexual Plant Reproduction**, v. 11, n. 3, p. 177–180, 1998.

DAG, A.; MIZRAHI, Y. Effect of pollination method on fruit set and fruit characteristics in the vine cactus *Selenicereus megalanthus* (“yellow pitaya”). **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 80, n. 5, p. 618-622, 2005.

DE DIOS, Héctor Cáliz. A new subspecies of *Hylocereus undatus* (Cactaceae) from southeastern Mexico. **Haseltonia**, p. 11-17, 2005.

DE DIOS, Héctor Cáliz; MARTÍNEZ, Roberta Castillo; CANCHÉ, Hilario J. Caamal. Caracterización De La Producción De Pitahaya (*Hylocereus* spp.) En La Zona Maya De Quintana Roo, México. **Comité Editorial**, v. 9, n. 1y2, p. 123-132, 2014.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. The Principles of Pollination Ecology. 1971.

- FERNANDES, M. A. B. et al. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na chapada do Apodí – CEARÁ. **Águas Subterrâneas**, v. 19, p. 25–34, 2005.
- FREITAS, Breno Magalhães; DE OLIVEIRA FILHO, José Hugo. Criação racional de mamangavas: para polinização em áreas agrícolas. **Fortaleza: Banco do Nordeste**, 2001.
- GAMISCH, Alexander; FISCHER, Gunter A.; COMES, Hans Peter. Recurrent polymorphic mating type variation in *Madagascan Bulbophyllum* species (Orchidaceae) exemplifies a high incidence of auto-pollination in tropical orchids. **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 175, n. 2, p. 242-258, 2014.
- GIANNINI, T. C. et al. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 209-223, 2015.
- GREENLEAF, Sarah S.; KREMEN, Claire. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. **Biological Conservation**, v. 133, n. 1, p. 81-87, 2006.
- HEARD, Tim A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual review of entomology**, v. 44, n. 1, p. 183-206, 1999.
- IPPOLITO, Anthony; FERNANDES, G. Wilson; HOLTSFORD, Timothy P. Pollinator preferences for *Nicotiana glauca*, *N. glauca*, and their F1 hybrids. **Evolution**, v. 58, n. 12, p. 2634-2644, 2004.
- JAFFÉ, Rodolfo et al. Landscape genetics of a tropical rescue pollinator. **Conservation Genetics**, v. 17, n. 2, p. 267-278, 2016.
- LE BELLEC, Fabrice. Pollinisation et fécondation de *Hylocereus undatus* et de *H. costaricensis* à l'île de la Réunion. **Fruits**, v. 59, n. 6, p. 411-422, 2004.
- LE BELLEC, Fabrice; VAILLANT, Fabrice; IMBERT, Eric. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.
- MARQUES, V. B. et al. Fenologia reprodutiva de pitaia vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, 2011.
- MARQUES, V. B. et al. Ocorrência de insetos na pitaia no município de Lavras-MG. **Revista Agrarian, Dourados**, v. 15, n. 5, p. 88-92, 2011.
- MENEZES, Thatiane Padilha et al. Artificial pollination and fruit quality in red pitaya= Polinização artificial e qualidade de fruto em pitaia vermelha. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, 2015.
- MERTEN, Sven. A review of *Hylocereus* production in the United States. **J PACD**, v. 5, p. 98-105, 2003.
- MICKELIUNAS, Ludmila; PANSARIN, Emerson R.; SAZIMA, Marlies. Floral biology, melittophily and influence of curculionid beetles on the reproductive success of *Grobya amherstiae* Lindl.(Orchidaceae: Cyrtopodiinae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, n. 2, p. 251-258, 2006.
- MIZRAHI, Yosef. Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 124-138, 2014.
- MIZRAHI, Yosef; NERD, Avinoam; SITRIT, Yaron. New fruits for arid climates. **Trends in new crops and new uses**. ASHS Press, Alexandria, VA, p. 378-384, 2002.

- MOLINA-FREANER, Francisco et al. Pollination biology of the columnar cactus *Pachycereus pecten-aboriginum* in north-western México. **Journal of Arid Environments**, v. 56, n. 1, p. 117-127, 2004.
- NATTERO, Julieta et al. Possible tobacco progenitors share long-tongued hawkmoths as pollen vectors. **Plant Systematics and evolution**, v. 241, n. 1-2, p. 47-54, 2003.
- NGO, H. T.; MOJICA, A. C.; PACKER, L. Coffee plant–pollinator interactions: a review. **Canadian Journal of Zoology**, v. 89, n. 8, p. 647-660, 2011.
- NUNES, E. N. et al. Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, p. 90–98, 2014.
- ORTIZ-HERNÁNDEZ, Yolanda Donají; CARRILLO-SALAZAR, José Alfredo. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 4, p. 220-237, 2012.
- OSUNA-ENCISO, Tomas et al. Reproductive phenology, yield and fruit quality of pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) in culiacan valley, Sinaloa, Mexico. **Agrociencia**, v. 50, n. 1, p. 61-78, 2016.
- PEEL, Murray C.; FINLAYSON, Brian L.; MCMAHON, Thomas A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and earth system sciences discussions**, v. 4, n. 2, p. 439-473, 2007.
- RECH, André Rodrigo et al. Biologia da Polinização. Rio de Janeiro: **Editora Projeto Cultural**, 2014.
- SILVA, A. DE C. C. DA et al. Fenologia reprodutiva da pitaya vermelha em Jaboticabal, SP. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 585–590, 2015.
- STODDARD, F. L.; BOND, D. A. The pollination requirements of the faba bean. **Bee World**, v. 68, n. 3, p. 144-152, 1987.
- TEL-ZUR, N. et al. Phenotypic and genomic characterization of vine cactus collection (Cactaceae). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 58, n. 7, p. 1075-1085, 2011.
- TRAN, Dinh-Ha; YEN, Chung-Ruey. Morphological characteristics and pollination requirement in red pitaya (*Hylocereus* spp.). **International Journal of Agricultural, Biosystems Science and Engineering**, v. 8, n. 3, p. 6-10, 2014.
- TRAN, H. D.; YEN, C. R.; CHEN, Y. K. H. Effect of pollination method and pollen source on fruit set and growth of red-peel pitaya (*Hylocereus* spp.) in Taiwan. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 90, n. 3, p. 254-258, 2015.
- UIEDA, Wilson; BREDT, Angelika. Morcegos: Agentes Negligenciados da Sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, n. 1, p. 186-209, 2016.
- VAISSIÈRE, Bernard; FREITAS, Breno M.; GEMMILL-HERREN, Barbara. Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use. 2011.
- VALIENTE-BANUET, A. et al. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of arid environments**, v. 68, n. 1, p. 1-8, 2007.

WEISS, Julia; NERD, Avinoam; MIZRAHI, Yosef. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, v. 29, n. 12, p. 1487-1492, 1994.

YAH, Alma R. Centurión et al. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2008.

CAPÍTULO III

O PAPEL DA ABELHA *Apis mellifera* L. NA POLINIZAÇÃO DA PITAYA E QUALIDADES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS.

O PAPEL DA ABELHA *Apis mellifera* L. NA POLINIZAÇÃO DA PITAYA E QUALIDADES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS.

RESUMO

Pitaya é o nome comum de várias espécies de cactáceas nativas das regiões tropical e subtropical, e que têm o morcego como polinizador. No entanto, a falta do polinizador natural tem levado a produções irregulares ou o uso de polinização manual. O presente estudo teve por objetivo testar a abelha *Apis mellifera* como polinizador alternativo de duas espécies de pitayas (*Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*), tanto no que se refere à quantidade dos frutos, como em suas qualidades. O estudo constou de quatro tratamentos; polinização natural; polinização restrita; polinização noturna e polinização por *Apis mellifera*, e todos os frutos foram colhidos e analisados aos 30 dias após o vingamento. Cada tratamento foi avaliado no número de frutos produzidos, peso total do fruto; peso da casca; peso da polpa; tamanho longitudinal e transversal; número de sementes; pH; Acidez; °Brix; e relação °Brix/acidez total. Os resultados mostraram que as espécies de pitayas estudadas diferem, na sua dependência, de polinização biótica para a produção, peso e qualidade desses frutos. *Hylocereus undatus* independe de abelhas para vingar frutos, mas precisa da mariposa *Agrius cingulata* para melhorar a qualidade da produção com frutos maiores e mais pesados, enquanto que *H. polyrhizus* depende da polinização biótica para maximizar a produção de frutos e de *Apis mellifera*, especificamente, para aumentar o tamanho e peso dos frutos. Além disso, o tipo de polinização influenciou pouco as características físico-químicas dos frutos, sendo relevante apenas na redução do pH em flores polinizadas por *A. mellifera*. Conclui-se da necessidade de adoção de práticas amigáveis, a mariposa e o manejo de *A. mellifera* como polinizadores, para maximizar a quantidade e/ou qualidade dos frutos, dependendo da espécie de pitaya.

Palavras-chave: Abelha melífera. *Agrius cingulata*. Polinização. Polinizador. Produção de pitaya. Qualidade de frutos.

THE ROLE OF *Apis mellifera* L. IN THE POLLINATION OF PITAYA AND PHYSICAL AND PHYSICAL-CHEMICAL QUALITIES OF FRUITS.

ABSTRACT

Pitaya is the common name given to a group of cacti plants native to tropical and subtropical regions that are pollinated by bats. However, the lack of the natural pollinator has led to irregular productions or the use of manual pollination. The objective of the present study was to test the bee *Apis mellifera* as an alternative pollinator of two species of pitayas (*Hylocereus undatus* and *H. polyrhizus*) both in terms of fruit quantity and fruit quality. The study consisted of four treatments; Natural pollination; Restricted pollination; Nocturnal pollination and pollination by *Apis mellifera*, and all fruits were harvested and analyzed at 30 days after setting. Each treatment was evaluated in the number of fruits produced, total weight of the fruit; Skin weight; Pulp weight; Longitudinal and transverse size; Number of seeds; pH; Acidity; °Brix; and ratio °Brix/total acidity. Results showed that the studied pitaya species differ in their dependence on biotic pollination for the production, weight and quality of these fruits. *Hylocereus undatus* independent of bees to avenge fruits but needs the moth *Agrius cingulata* to improve yield quality with larger and heavier fruits, while *H. polyrhizus* depends on biotic pollination to maximize fruit production and *Apis mellifera* specifically to increase size and weight of the fruits. In addition, types of pollination influenced little the physical-chemical characteristics of fruits, being only relevant in the reduction of the pH in flowers pollinated by *A. mellifera*. We conclude it is desirable to adopt moth-friendly practices and the management of *A. mellifera* as pollinators to maximize the quantity and / or quality of the fruits, depending on the species of pitaya.

Keywords: *Agrius cingulata*. Fruit quality. Honey bee. Pitaya yield. Pollination. Pollinator.

INTRODUÇÃO

Pitaya é o nome comum atribuído a várias espécies de cactáceas hemiepífitas nativas de regiões tropical e subtropical, e que, só recentemente, passaram a ser cultivadas de forma comercial em várias regiões do globo terrestre (DE SOUZA FERNANDES et al., 2017; BRITTON e ROSE, 1920). Por se tratar de um cultivo novo, e também por englobar espécies distintas, pouco se sabe sobre os requerimentos de polinização da cultura, potenciais polinizadores e sobre o papel dos diferentes tipos de polinizadores (MIZRAHI et al., 2002).

A flor da pitaya apresenta características associadas à síndrome de quiropterofilia, como flores expostas (acessíveis a morcegos) grandes, abertas, de antese noturna, com cores brancas ou claras, forte perfume noturno, grande quantidade de pólen e/ou néctar, durando somente uma noite, e fechando cedo da manhã seguinte (FAEGRI e PIJL, 1971; RECH et al., 2014). Dessa forma, os morcegos são considerados os polinizadores naturais da pitaya (VALIENTE-BANUET et al., 2007; LE BELLEC et al., 2006; WEISS et al., 1994). No entanto, as flores de pitaya não produzem néctar (VALIENTE-BANUET et al., 2007) e os morcegos normalmente não são observados visitando as flores da cultura (MARQUES et al., 2011; LE BELLEC, 2004; capítulo II). Quando presentes, possivelmente são polinívoros, ou seja, alimentam-se de pólen (VALIENTE-BANUET et al., 2007). Por isso, em cultivos onde falta o polinizador natural a polinização é realizada manualmente, o que tem se tornado uma prática frequente e com bons resultados no que diz respeito ao peso e qualidade dos frutos, mas, com aumento dos custos de produção (LE BELLEC et al., 2006, 2004; WEISS et al., 1994).

Os requerimentos de polinização das diversas espécies de pitaya têm sido pouco estudados. Apesar das flores apresentarem antese noturna, ela permanece aberta e receptiva até as 7:00h, podendo se estender até 9:00h da manhã seguinte; suas flores são frequentadas tanto por visitantes noturnos quanto diurnos, que, potencialmente, podem atuar como polinizadores (GUNASENA et al., 2007; LE BELLEC et al., 2006; WEISS et al., 1994). No capítulo II, foi demonstrado que as espécies de pitaya *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* divergem quanto à sua necessidade de polinização biótica. Enquanto *H. undatus* é capaz de se autopolinizar e apresenta alta taxa de vingamento de frutos sem a dependência de visitantes florais, *H. polyrhizus* possui capacidade limitada de autopolinização, necessitando de polinizadores bióticos para maximizar a sua produção de frutos. No entanto, o papel dos polinizadores bióticos na qualidade dos frutos permanece desconhecido.

No presente capítulo, buscou-se investigar se a abelha *Apis mellifera*, visitante mais comum e frequente das flores de *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, desempenha algum papel relevante na produção de frutos e/ou nas suas características físicas e físico-químicas, afetando a produção quantitativa e qualitativamente dessas duas espécies de pitaya, visando o seu uso potencial como polinizador manejado da cultura, e evitando os custos agregados a polinização manual.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada na empresa FRUTACOR em Quixeré – CE, localizada na Chapada do Apodí, que fica na divisa entre os estados do Rio Grande do Norte e Ceará. O clima da região é considerado BSw'h' segundo a classificação de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013; PEEL et al., 2007). Em Quixeré – CE, as chuvas em 2016 somaram 387.5 ± 51.2 mm. A fazenda está a 140m acima do nível do mar, e apresenta temperatura máxima média anual de 35°C, enquanto que a média de mínimas é 22°C, com umidade relativa média anual de 62% e velocidade média dos ventos de 7,5 m/s (FERNANDES et al., 2005).

O cultivo de pitaya na propriedade ocupa uma área de dois hectares com duas espécies: *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*. O sistema de plantio é em mourões de madeira com filas duplas, e as plantas são irrigadas três vezes ao dia, e recebem todos os tratamentos culturais recomendados para a cultura (DE DIOS et al., 2014).

Na fazenda, utiliza-se o sistema de marcação com fitas coloridas para a colheita dos frutos, depois do florescimento, conta-se quatro semanas para colher os frutos, com isso, se obtém dados de produção no local. A classificação dos frutos realizada na fazenda para a comercialização é em função do peso, e está dividida em três medidas, com frutos menores que 150g não sendo comercializados:

- a) Fruto grande > 300g;
- b) Fruto médio 300g < e > 200g;
- c) Fruto pequeno 200g < e > 150g.

As coletas de dados foram realizadas no período de fevereiro a junho de 2016, período de maior produção das plantas na fazenda, o que coincide com o período chuvoso que vai de fevereiro a junho. Cinco florescimentos foram acompanhados. Neste estudo, cada florescimento durava, em média, três dias, e o tempo entre um florescimento e outro foi de 10 a 15 dias, com um período do lançamento do botão floral até a antese de 14 a 18 dias nas duas

espécies (ver capítulo II). Todas as plantas do cultivo estavam com flores no período de florescimento. Os dados foram anotados em ficha para depois passar para uma planilha no computador.

Trinta botões florais foram marcados em cada tratamento nas duas espécies, seis botões por período de florescimento, assim, obteve-se uma amostra representativa de todos os frutos produzidos ao longo dos florescimentos do experimento. Os botões florais que foram marcados nas duas espécies, mostraram-se com o mesmo padrão de abertura com antese iniciando às 19:00h e terminando às 7:00h no dia seguinte (ver capítulo II).

Os tratamentos realizados nas espécies de *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus* para comparar os resultados da polinização pelas abelhas *Apis mellifera* na qualidade dos frutos foram:

Polinização Natural – Teve por objetivo avaliar a polinização que ocorria naturalmente no cultivo e verificar a qualidade dos frutos gerados. Os botões florais eram marcados às 16:00h, quando se observava as características de pré-antese, e a flor passava todo o período de antese aberta aos visitantes florais. No dia seguinte a antese, quando as flores já estavam totalmente murchas por volta das 13h, marcava-se o local da flor na planta com braçadeiras coloridas para acompanhar o desenvolvimento dos frutos até a colheita.

Polinização Restrita – Tinha o objetivo de verificar se as plantas das duas espécies possuíam a capacidade de produzir frutos sem a ação dos agentes polinizadores bióticos, e se esses frutos gerados possuíam valor comercial. Os botões florais eram marcados e ensacados com sacos de TNT (Tecido Não Tecido) às 17:00h; o saco tinha na base uma fita para amarrar e evitar que qualquer agente polinizador entrasse na flor. No dia seguinte, às 13:00h, quando as flores já estavam totalmente murchas e sem a possibilidade de serem polinizadas, retirava-se os sacos de TNT e marcava-se o local da flor como no tratamento anterior, porém com cor diferente para permitir a identificação posterior.

Polinização Noturna – Teve como objetivo verificar a qualidade dos frutos da polinização realizada pelos visitantes noturnos. Marcando-se os botões florais que estavam em pré-antese e deixando a flor passar toda a noite desprotegida para receber os visitantes florais noturnos, só recebendo a proteção com o saco de TNT às 4:00h da manhã. A flor continuava protegida dos visitantes diurnos até a retirada dos sacos às 13:00h, quando já estava murcha. Então era marcada como nos tratamentos anteriores.

Polinização por *Apis mellifera* – Nesse tratamento, buscou-se observar o papel da abelha *Apis mellifera* na polinização diurna da pitaya, tanto no que diz respeito ao vingamento de frutos quanto a sua qualidade. Os botões florais eram ensacados às 17:00h, e passavam toda a noite protegidos de visitas noturnas. Somente às 5:00h da manhã do dia

seguinte, os sacos de TNT eram retirados e apenas visitas de abelhas *A. mellifera* eram permitidas até o completo murchamento da flor. A identificação foi feita conforme os tratamentos anteriores.

Os frutos foram colhidos com 30 dias após a antese em todos os tratamentos nas duas espécies e, em seguida, foram levados para o laboratório do Instituto Federal de Limoeiro do Norte – CE para realizar as análises. No laboratório foram realizadas as análises dos frutos, obtendo-se peso total do fruto, peso da casca, peso da polpa, tamanho longitudinal e transversal do fruto, número de sementes, pH, acidez, °brix e relação °brix/acidez total. Todos os procedimentos seguiram a metodologia recomendada no manual do Instituto Adolfo Lutz (ZENEBOON et al., 2008).

Inicialmente, os frutos foram pesados individualmente, em balança digital modelo Marte BL3200H para determinar o peso total de cada fruto. Em seguida, cada fruto foi medido de forma transversal e longitudinal com um paquímetro (mm). Após a medição, cortava-se o fruto ao meio e, com uma colher, separava a casca da polpa, para, então, obter o peso de ambas, separadamente. Para a contagem das sementes, foram separados cinco frutos de cada tratamento nas duas espécies. Esses frutos, após as pesagens e medidas descritas acima, tiveram suas polpas ensacadas, individualmente, e colocadas no freezer, até o momento da contagem das sementes. No momento da contagem, apenas a polpa de um fruto era descongelada por vez, por se tratar de um processo lento e demorado. À medida que se terminava a contagem das sementes de um fruto, outro era retirado do freezer para descongelar, e assim um por um, até finalizar as contagens.

Para as análises de acidez, pH e °brix, três amostras (triplicatas) foram retiradas de cada tratamento, sendo que cada amostra continha a polpa de três frutos, que foram escolhidos de forma aleatória. Todas as amostras foram homogeneizadas em um liquidificador durante dois minutos e colocadas em um becker de plástico e, em seguida, foram cobertas com papel filme e colocadas na geladeira, para serem retiradas à medida que as análises eram feitas.

O °brix foi medido com um refratômetro modelo (Abbe OPTRONICS, 0 – 95 % brix, com leitor digital) e cada amostra era medida sempre em duplicatas. Para tanto, retirava-se um pouco da amostra com uma colher pequena e colocava em um papel filtro pequeno. Dessa forma, as sementes eram retidas no papel e removidas. Então, o papel filtro era pressionado e três gotas eram colocadas no medidor do refratômetro, para em seguida fazer a leitura e anotar os resultados em planilha.

Nas avaliações do pH e acidez, os equipamentos utilizados foram um pHmetro modelo Hanna pH 21 pH/mV meter, uma balança digital BEL CAP, agitador magnético, becker de vidro, espátula de vidro e bureta. A solução usada foi hidróxido de sódio 0,1 mol/L.

Com relação ao pH, o processo era de forma simples e direta por ser amostra líquida. Uma espátula de vidro era usada para mexer e homogeneizar o suco da pitaya no becker e, em seguida, o medidor do pHmetro era inserido no suco e esperava-se estabilizar o medidor digital para, então, fazer a leitura e anotar na planilha.

A determinação de acidez foi realizada, pesando-se, em duplicatas, cinco gramas de cada amostra em balança digital que, após pesadas, cada amostra recebeu 50ml de água destilada para diluição. Após diluídas, as amostras foram colocadas em um agitador magnético. O procedimento só ocorreu depois que o aparelho foi previamente calibrado. Então, o medidor do pHmetro era inserido na amostra e, com a ajuda de uma bureta, adicionava-se, lentamente, a solução de hidróxido de sódio, até chegar o mais próximo da leitura de pH de 8,30. Nesse momento, anotava-se o volume gasto na titulação, com todos os dados tendo sido inseridos em planilha no computador. Os cálculos para descobrir a acidez através da quantidade de ácido cítrico/100g foram feitos conforme a seguinte fórmula:

$$\frac{10 \times V \times f \times c}{P} =$$

Onde:

V = médias do volume gasto das soluções nas duas titulações de cada amostra (Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L).

f = fator de correção da solução de (Hidróxido de sódio 0,1 mol/L).

c = fator de correção do ácido orgânico (0,064).

P = Média dos pesos das amostras usadas na titulação (g).

A Relação °brix/acidez foi calculada para identificar o grau de maturação do fruto. Ela é baseada no cálculo da relação °brix por Acidez expressa em ácido orgânico (ZENEBOON et al., 2008). As análises estatísticas para comparação das médias dos pesos e medidas, bem como o resultado das análises do laboratório, foram feitas por meio de análise de variância seguida pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, usando-se o programa R (Versão 3.3.1.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de formação de frutos mostraram que a pitaya *Hylocereus undatus* vingou 100% das flores em todos os tratamentos, mesmo aquele no qual as flores foram mantidas ensacadas e sem que os visitantes florais, inclusive *Apis mellifera*, tivessem acesso às flores (Tabela 6), portanto, confirmando as observações do capítulo II de que essa espécie

de pitaya é autocompatível e consegue se autopolinizar. Esses resultados mostram que *A. mellifera* não desempenha qualquer papel relevante no número de frutos vingados em *H. undatus*.

No que se refere a *H. polyrhizus*, os resultados diferiram significativamente ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Apenas as flores exposta à polinização natural, e aquelas que foram visitadas por *A. mellifera* vingaram 100% dos frutos, e não diferiram entre si ($p > 0,05$). As flores abertas somente a polinizadores noturnos vingaram 93%, mas, apesar do menor índice de frutificação, também não diferiram significativamente ($p > 0,05$) dos tratamentos de polinização natural e por *A. mellifera* (Tabela 6). No entanto, o tratamento de polinização restrita, no qual as flores não receberam visitantes florais, vingou menos da metade das flores e foi significativamente diferente ($p > 0,05$) dos demais tratamentos (Tabela 6).

Os resultados sugerem que, conforme observado no capítulo II, a pitaya *H. polyrhizus*, apesar de autocompatível, possui capacidade reduzida de autopolinização, sendo necessária a intervenção de polinizadores bióticos para complementar a polinização das flores e maximizar a produção de frutos. Nota-se, no entanto, que os polinizadores noturnos, não conseguiram maximizar o vingamento de frutos, enquanto que *A. mellifera* o fez. Como *A. mellifera* vingou 100% das flores, provavelmente o mesmo índice observado somente no tratamento de polinização natural, que obviamente também incluiu as visitas de *A. mellifera*, deve-se, principalmente, a esse polinizador, uma vez que, nos demais tratamentos sem a sua presença, o vingamento foi menor.

Espécie de pitaya	Tratamento	Nº Flores	Nº frutos vingados	(%)
<i>Hylocereus polyrhizus</i>	Natural	30	30a	100%
	Restrita	30	14b	47%
	Noturna	30	28a	93%
	<i>Apis mellifera</i>	30	30a	100%
<i>Hylocereus undatus</i>	Natural	30	30a	100%
	Restrita	30	30a	100%
	Noturna	30	30a	100%
	<i>Apis mellifera</i>	30	30a	100%

Tabela 6 - Número total e percentual de frutos vingados em duas espécies de pitaya, *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, sob cultivo em Quixeré – CE e submetidas a quatro tratamentos de polinização. Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente (Tukey) a $P < 0,05$.

O peso médio dos frutos variou significativamente ($p < 0,05$) entre os tratamentos para as duas espécies de pitaya, mostrando que os polinizadores bióticos possuem um papel importante no peso final da produção nessas espécies vegetais (Tabela 7). No entanto, a forma como os polinizadores afetaram o peso dos frutos variou entre as espécies de pitaya.

No caso de *H. undatus*, os frutos oriundos de polinização noturna, natural e por *Apis mellifera* não diferiram entre si, mas os dois primeiros foram significativamente ($p < 0,05$) mais pesados que os frutos provenientes do tratamento de polinização restrita, ou seja, autopolinização. Isso significa que, apesar da *H. undatus* não depender de polinizadores bióticos para vingar frutos por ser capaz de se autopolinizar (ver Tabela 6), esses frutos são menores e mais leves que aqueles oriundos de polinização biótica (Tabela 7). Na verdade, várias espécies capazes de autopolinização ou polinizadas pelo vento apresentam incrementos na produtividade em número ou peso de frutos quando submetidas à polinização biótica (FREE, 1993; RIZZARDO et al., 2012; MILFONT et al., 2013).

Em função do desempenho apresentado pelos tratamentos de polinização noturna e por *A. mellifera*, pode-se assumir que, nessa espécie de pitaya, os polinizadores noturnos, aqui representados basicamente pela mariposa *Agrius cingulata* (ver capítulo II), são responsáveis por produzir frutos mais pesados e sua presença na área deve ser estimulada. Considerando que a pitaya é uma flor de antese noturna e mariposas esfingídeos são reconhecidas como polinizadores eficientes dessa cultura, talvez o hábito de visitar brevemente as flores (ver capítulo II) tenha favorecido aumentos no percentual de polinização cruzada e o efeito de heterose, já comprovadamente eficiente em aumentar o tamanho, peso e/ou quantidades de substâncias constantes de frutos e sementes, como açúcares, óleos, dentre outros (GIANNINI et al., 2015; MONTEIRO, 2014; MILFONT et al., 2013; RIZZARDO et al., 2012). O tratamento de polinização por *Apis mellifera*, no entanto, apesar de produzir frutos cujo peso não diferiu dos mais pesados, também não diferiu dos mais leves (polinização restrita), colocando a sua contribuição ao peso dos frutos em uma posição intermediária. De forma diferente de *Agrius cingulata*, *A. mellifera* se movimentava muito dentro da flor, privilegiando, assim, a autopolinização, que não diferia muito daquela já realizada pela própria flor.

O aumento do peso dos frutos de *H. undatus* devido aos polinizadores bióticos, principalmente os noturnos, foi importante também porque não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) no peso da casca dos frutos de nenhum tratamento (Tabela 7). Dessa forma, as diferenças observadas no peso dos frutos de *H. undatus* se deveram a incrementos no peso das polpas. De fato, a análise do peso das polpas mostrou as mesmas diferenças significativas observadas para o peso dos frutos, de forma que o peso médio da polpa de frutos oriundos de polinização noturna, natural e por *Apis mellifera* não diferiram entre si, mas as polpas dos dois primeiros foram significativamente ($p < 0,05$) mais pesadas do que a polpa de frutos provenientes do tratamento de polinização restrita (Tabela 7).

Esse mesmo padrão foi mantido no que diz respeito ao comprimento dos frutos, representado por sua medida longitudinal (Tabela 7), tendo variado um pouco no diâmetro dos frutos, em que apenas aqueles originados de polinização noturna diferiram ($p < 0,05$) dos de polinização restrita, não havendo diferença ($p > 0,05$) entre os demais tratamentos.

A pitaya *Hylocereus polyrhizus*, no entanto, apresentou resultados bem diferentes de *H. undatus* no que se refere às características do fruto em função do tipo de polinização (Tabela 7). O peso dos frutos nessa espécie de pitaya diferiu ($p < 0,05$) em todos os tratamentos (Tabela 7). A polinização por *A. mellifera* produziu os frutos mais pesados, seguida pela polinização natural, depois a noturna e, finalmente, a restrita. Esse resultado mostra claramente que *H. polyrhizus* não só depende de polinizadores bióticos para vingar a maioria de seus frutos, conforme visto no capítulo II, mas que o principal polinizador nas condições estudadas é *A. mellifera*, pois maximiza a produção de frutos (Tabela 7). O aumento no peso de frutos dependentes de polinização biótica já foi demonstrado para outras espécies vegetais (GIANNINI et al., 2015; ALVES e FREITAS, 2007; SHIN, et al., 2007; SILVA, 2005). No caso de *H. polyrhizus*, o uso de polinização manual tem sido recomendado para assegurar o vingamento e a produção de frutos mais pesados (WEISS et al., 1994; LE BELLEC et al., 2006).

Diferente da pitaya *H. undatus*, nos frutos de *H. polyrhizus*, o peso das cascas variou significativamente ($p < 0,05$) com os tratamentos de polinização. A casca dos frutos oriundos de polinização por *A. mellifera* foram as mais pesadas e diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos demais (Tabela 7). A polinização natural produziu cascas tão pesadas quanto à polinização noturna, no entanto significativamente ($p < 0,05$) mais pesadas que a polinização restrita. Por outro lado, as polinizações restrita e noturna não diferiram entre si ($p > 0,05$) quanto ao peso das cascas (Tabela 7). Esses resultados são importantes, porque o fruto da pitaya geralmente possui 22-44% de casca que em muitos casos é descartada (ESQUIVEL et al., 2012).

Apesar das diferenças nos pesos das cascas, o peso das polpas apresentou o mesmo padrão observado para o peso dos frutos e discutido anteriormente. Os frutos oriundos de polinização por *A. mellifera* apresentando polpa significativamente ($p < 0,05$) mais pesada que os demais, seguidos pela polinização natural, depois a noturna e finalmente a restrita (Tabela 7).

No que refere ao tamanho dos frutos, aqueles oriundos de polinizações por *A. mellifera* e natural foram significativamente ($p < 0,05$) maiores (mais compridos e mais largos) que os originados de polinização restrita e noturna, exceto no caso do diâmetro transversal entre a polinização natural e a noturna, que não foram significativamente ($p > 0,05$) diferentes

(Tabela 7). A polinização noturna produziu frutos significativamente ($p < 0,05$) mais longos e largos que a polinização restrita (Tabela 2). O tamanho e formato dos frutos possuem aspectos de importância comercial porque podem determinar ganhos ou perdas de valor da produção agrícola (KLATT et al., 2014; CALVETE et al., 2010; CRUZ, et al., 2005). Finalmente, o mesmo padrão significativamente ($p < 0,05$) diferente entre os quatro tratamentos observado para o peso dos frutos e o peso da polpa foi também para o número de sementes. Novamente, diferente de *H. undatus*, em que o tipo de polinização não afetou o número médio de sementes por fruto, em *H. polyrhizus* a polinização por *A. mellifera* apresentou um número de sementes significativamente ($p < 0,05$) maior que os demais, seguidos pela polinização natural, depois a noturna e finalmente a restrita (Tabela 7). Essa correlação positiva entre os pesos dos frutos da polpa e o número de sementes já foi observada por outros autores em condições diferentes da estudada aqui (OSUNA-ENCISO et al., 2016; VALIENTE-BANUET et al., 2007; DAG E MIZRAHI, 2005; WEISS et al., 1994). No presente estudo, no entanto, foi demonstrada uma associação desses fatores à visitação por *A. mellifera*.

Os melhores resultados obtidos no tratamento de polinização com *Apis mellifera* na pitaya *H. polyrhizus* surpreendem. Esse tratamento produziu resultados significativamente ($p < 0,05$) maiores que o tratamento de polinização natural, do qual as abelhas *A. mellifera* também faziam parte no peso do fruto, da casca e da polpa, quando, no mínimo, esperar-se-ia que não diferissem, devido à presença dessas abelhas em ambos os tratamentos. Uma explicação, no entanto, pode ser devido ao fato das flores do tratamento de polinização por *A. mellifera* terem ficado cobertas durante toda a noite, sendo descobertas somente às 5:00h da manhã. Esse procedimento preservava os recursos dessas flores, enquanto que, no tratamento de polinização natural, as flores ficavam acessíveis aos visitantes durante toda a noite, e já não se mostravam tão atrativas na manhã seguinte. Assim, observou-se que, ao remover a cobertura das flores de polinização por *A. mellifera*, o número de abelhas visitando a flor era sempre muito grande, até mais de 30 abelhas por flor (Figura 9A), e sempre maior do que nas flores do tratamento de polinização natural e outras flores do cultivo que não faziam parte do experimento.

Espécie de Pitaya	Tratamento (Tipo de Polinização)	Pesos médios totais (g)			Medidas médias totais (mm)		N° de sementes
		Fruto	Casca	Polpa	Longitudinal	Transversal	
<i>H. undatus</i>	Natural	487,40 ± 159a	179,01 ± 71a	307,44 ± 117a	95,33 ± 12,4a	81,25 ± 9,7ab	6041 ± 1365a
	Restrita	387,29 ± 87b	163,95 ± 40a	225,87 ± 86b	88,90 ± 9,4b	75,57 ± 7,8b	4837 ± 1176a
	Noturna	502,56 ± 107a	190,89 ± 47a	313,07 ± 86a	96,67 ± 4,9a	83,41 ± 7,1a	6536 ± 1102a
	<i>Apis mellifera</i>	443,13 ± 130ab	169,99 ± 60a	274,15 ± 103ab	93,59 ± 10,9ab	78,56 ± 8,8ab	6678 ± 1202a
<i>H. polyrhizus</i>	Natural	377,22 ± 117b	123,06 ± 32b	243,79 ± 95b	83,90 ± 9,4a	78,80 ± 10ab	6190 ± 1102a
	Restrita	195,23 ± 68d	89,63 ± 42c	105,78 ± 47d	67,58 ± 9,0c	62,38 ± 8,4c	1139 ± 202c
	Noturna	290,35 ± 84c	102,06 ± 25bc	189,05 ± 62c	74,57 ± 8,9b	73,21 ± 9,5b	2555 ± 935b
	<i>Apis mellifera</i>	475,33 ± 138a	169,45 ± 66a	303,88 ± 102a	88,94 ± 11,5a	83,18 ± 9,8a	6829 ± 902a

Tabela 7 - Média dos pesos e medidas dos frutos colhidos em *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, em diferentes tratamentos: Polinização natural (Natural); Polinização restrita (Restrita); Polinização noturna (Noturna) e Polinização por *Apis mellifera* (*Apis mellifera*). Área do cultivo de pitaya em Quixeré – CE. Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente (Tukey) a $P < 0,05$.

O tamanho relativamente pequeno de *A. mellifera*, em relação à flor da pitaya, sugere que ela não seja uma polinizadora eficiente, porque poderia facilmente entrar e sair da flor sem tocar no estigma. No entanto, o que se observou nas condições descritas acima foi que o frenesi de uma grande quantidade de abelhas visitando a flor, ao mesmo tempo promovia o contato com o estigma da flor com frequência, levando a uma grande deposição de seu pólen (Figura 9B). A quantidade menor de abelhas nas flores do tratamento natural fazia com que elas conseguissem entrar e sair da flor, tendo menos contato com o estigma. O resultado encontrado contradiz Le Bellec, (2004) quando argumenta que as abelhas possuem uma eficácia limitada na polinização das flores de *Hylocereus*, devido ao tamanho da flor. No presente estudo, percebemos que um grande número de abelhas *A. mellifera* por flor pode produzir mais frutos, frutos mais pesados e com maior quantidade de polpa na pitaya *H. polyrhizus*. De fato, na pitaya, o peso e tamanho dos frutos dependem de vários fatores, como o manejo, a polinização e o genótipo (CISNEROS e TEL-ZUR, 2012; MIZRAHI e NERD, 2002; WEISS et al., 1994).

Quando a área não recebeu os tratamentos culturais normais (roço), o número de abelhas caiu muito nas flores de pitaya de todos os tratamentos, porque elas preferiram visitar as flores de marianinha (*Commelina benghalensis* L.) que crescia dentro do cultivo. Mesmo com muitas flores de pitaya ainda abertas e com recurso disponível, a flor da marianinha atraiu as abelhas a partir das 7:00h da manhã, inclusive nos dias nublados, que as flores de pitaya permaneciam abertas por mais tempo. Isso demonstra que a marianinha é mais atrativa do que a pitaya para a abelha *A. mellifera*. Realmente, plantas silvestres costumam competir por agentes polinizadores com as plantas cultivadas e, geralmente, levam vantagem (FREE, 1993; FREITAS, 1995). A maior quantidade de abelhas nas flores, devido à sua proteção noturna, com consequente aumento no peso dos frutos e a competição por polinização imposta pela marianinha, são fatores importantes que devem ser considerados no manejo da cultura, visando incrementos de produtividade em função da polinização.

O tipo de polinização influenciou pouco as características físico-químicas dos frutos de *H. undatus* e *H. polyrhizus* (Tabela 8). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os frutos de todos os tratamentos e ambas as espécies de pitaya para °brix e a relação °brix/acidez, como também para a acidez dos frutos de *H. undatus* (Tabela 8). A acidez dos frutos de *H. polyrhizus* somente apresentou diferença significativa entre os tratamentos de polinizações noturna e restrita (Tabela 8). Por outro lado, o pH dos frutos foi significativamente ($p < 0,05$) menor no tratamento de visitas por *A. mellifera* em ambas as pitayas, em relação aos demais tratamentos, exceto no caso da polinização restrita em *H. undatus*. Os demais tratamentos não diferiram ($p > 0,05$) entre si (Tabela 8).

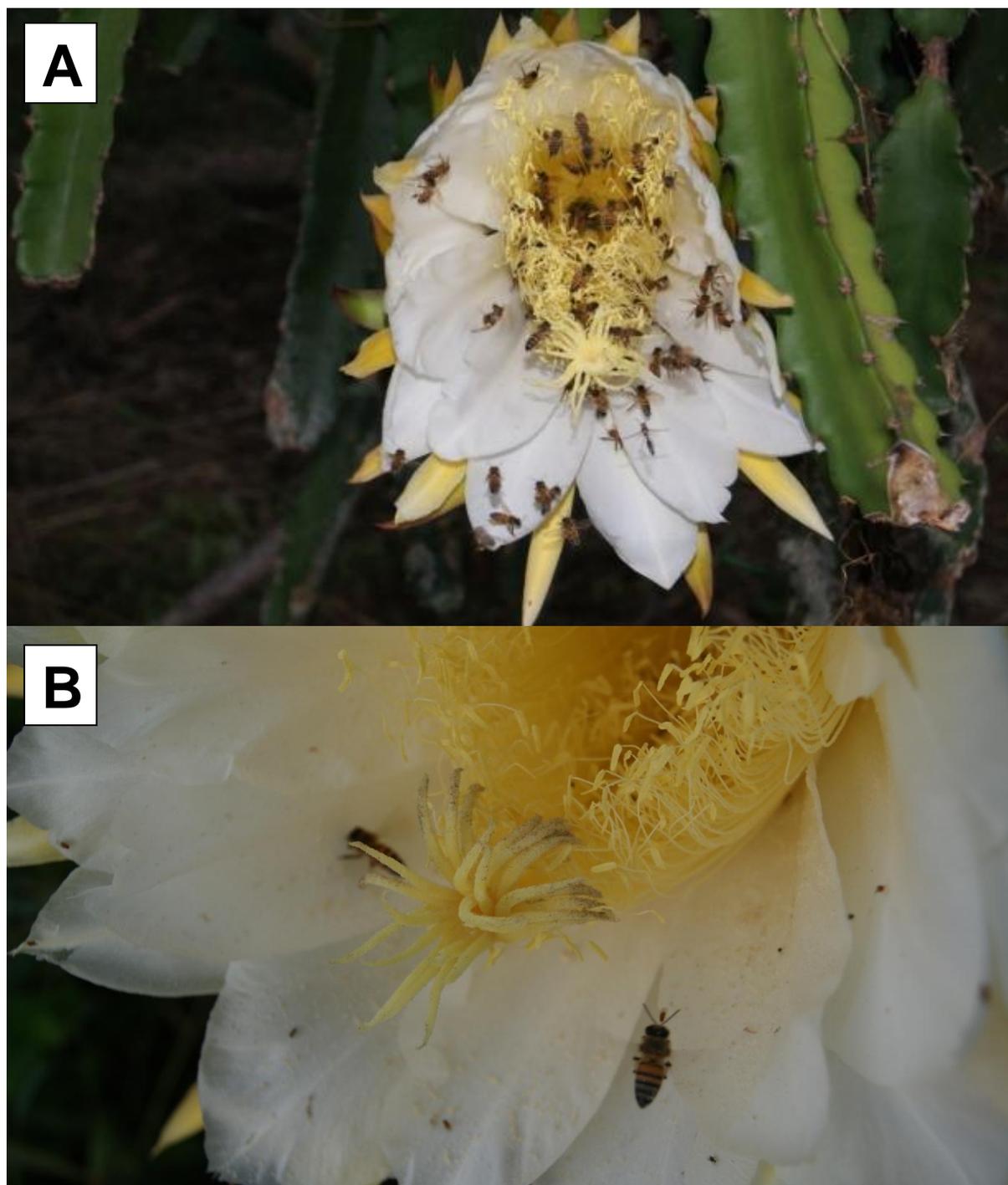


Figura 9 – Flores de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) no cultivo em Quixeré – CE. A – Um grande número de visitantes na flor de pitaya no tratamento de polinização por *Apis mellifera*. B – Estigma com muito pólen depositado depois da visitação de abelhas *Apis mellifera*.

A literatura apresenta poucos estudos para as características físico-químicas dos frutos de pitaya, especialmente no que refere a diferenças em função de tipos de polinização. No presente trabalho, todos os tratamentos apresentaram °brix dentro ou muito próximo dos valores aceitáveis entre 12 e 13 (MERTEN, 2003) e bem semelhantes ao valor de 12,6 encontrado por Yah et al. (2008) em Yucatán, México com frutos colhidos aos 29 e 31 dias de idade. No entanto, esses valores são bem inferiores aos observados por Tran e Yen (2014),

que encontraram valores de °brix 19,4 e 18,2 nos tratamentos de autopolinização e polinização natural, respectivamente. No que se refere à acidez, as médias deste estudo foram bem baixas, não superando 0,27, enquanto que o normal são médias em torno de 0,4, como observado por Yah et al. (2008). Isso certamente explica porque o valor da relação °brix/acidez se apresentou sempre acima do desejado para o consumo, que são valores abaixo de 40 (WEISS et al., 1994). No presente estudo, o tratamento que apresentou médias mais próximas desses valores foi a polinização por *A. mellifera* em *H. undatus* (48,50) e em *H. polyrhizus* (50,34), embora não tenha havido diferença significativa ($p>0,05$) das médias dos demais tratamentos (Tabela 8).

Espécie de pitaya	Tratamento (Tipo de polinização)	pH	°Brix	Acidez	°Brix/Acidez
<i>H. undatus</i>	Natural	5,48 ± (0,3)a	13,45 ± (0,9)a	0,15 ± (0,0)a	91,17 ± (19,7)a
	Restrita	4,92 ± (0,1)ab	13,23 ± (0,1)a	0,22 ± (0,0)a	58,39 ± (1,2)a
	Noturna	5,53 ± (0,5)a	12,91 ± (0,0)a	0,23 ± (0,1)a	63,36 ± (26,8)a
	<i>Apis mellifera</i>	4,67 ± (0,1)b	12,75 ± (0,5)a	0,26 ± (0,0)a	48,50 ± (3,4)a
<i>H. polyrhizus</i>	Natural	5,22 ± (0,2)a	13,86 ± (0,3)a	0,22 ± (0,0)ab	62,83 ± (8,3)a
	Restrita	5,03 ± (0,2)a	12,78 ± (0,8)a	0,18 ± (0,0)b	68,93 ± (9,1)a
	Noturna	5,21 ± (0,0)a	13,56 ± (0,2)a	0,27 ± (0,0)a	51,71 ± (8,4)a
	<i>Apis mellifera</i>	4,64 ± (0,2)b	13,15 ± (0,1)a	0,26 ± (0,0)ab	50,34 ± (5,5)a

Tabela 8 - Médias das características físico-químicas dos frutos colhidos das pitayas *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, em diferentes tratamentos: Polinização natural (Natural); Polinização restrita (Restrita); Polinização noturna (Noturna) e Polinização por *Apis mellifera* (*Apis mellifera*). Área do cultivo de pitaya em Quixeré – CE. Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente (Tukey) a $P < 0,05$.

CONCLUSÕES

As espécies de pitaya estudadas diferem na sua dependência de polinização biótica para a produção, peso e qualidade dos frutos. Embora *Hylocereus undatus* independa de visitantes florais para vingar frutos por autopolinização, ela necessita de polinização complementar biótica para produzir frutos maiores e mais pesados, incrementando a qualidade da produção. *H. polyrhizus*, por sua vez, depende da polinização biótica, tanto para maximizar a produção de frutos, quanto para aumentar o tamanho e peso dos mesmos.

Práticas amigáveis à *Agrius cingulata* devem ser adotadas para favorecer as visitas dessa mariposa às flores de *H. undatus* como polinizador complementar para melhorar a qualidade da produção com frutos maiores e mais pesados.

Apis mellifera deve ser manejada no cultivo de *H. polyrhizus* como polinizador essencial, essa abelha é capaz de produzir frutos significativamente mais pesados do que todos os outros tipos de polinização testados, e que pode suprir os déficits de polinização sem a necessidade de recorrer à polinização manual.

A proteção de flores de *Hylocereus polyrhizus* de visitantes noturnos e o controle do florescimento na área de plantas competidoras por polinização, como a marianinha (*Commelina benghalensis*), são técnicas de manejo que podem ser usadas para aumentar o número de visitas de *Apis mellifera* às flores, com consequentes incrementos no número de frutos vingados e na qualidade da produção de frutos..

O tipo de polinização influencia pouco as características físico-químicas dos frutos de *Hylocereus undatus* e *H. polyrhizus*, sendo relevante apenas na redução do pH em flores polinizadas por *A. mellifera*.

REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, José Everton; FREITAS, Breno Magalhães. Requerimentos de polinização da goiabeira. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1281-1286, 2007.

BRITTON, N. L.; ROSE, J. N. The cactaceae, descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Washington, DC: **Carnegie Institution of Washington**, v. II. 1920.

CALVETE, Eunice Oliveira et al. Polinização de morangueiro por *Apis mellifera* em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 181-188, 2010.

CISNEROS, Aroldo; TEL-ZUR, Noemi. Evaluation of Interspecific-Interploid Hybrids (F1) and Back Crosses (BC1) in *Hylocereus* Species (Cactaceae). **INTECH** Open Access Publisher, 2012.

CRUZ, Darci de Oliveira et al. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1197-1201, 2005.

DAG, A.; MIZRAHI, Y. Effect of pollination method on fruit set and fruit characteristics in the vine cactus *Selenicereus megalanthus* ("yellow pitaya"). **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 80, n. 5, p. 618-622, 2005.

DE DIOS, Héctor Cálix; MARTÍNEZ, Roberta Castillo; CANCHÉ, Hilario J. Caamal. Caracterización De La Producción De Pitahaya (*Hylocereus* spp.) En La Zona Maya De Quintana Roo, México. **Comité Editorial**, v. 9, n. 1y2, p. 123-132, 2014.

DE SOUZA FERNANDES, Luiza Maria et al. Caracterização do fruto de pitaya orgânica. **Biodiversidade**, v. 16, n. 1, 2017.

ESQUIVEL, Patricia; STINTZING, Florian C.; CARLE, Reinhold. Comparison of morphological and chemical fruit traits from different pitaya genotypes (*Hylocereus* sp.) grown in Costa Rica. **Journal of applied botany and food quality**, v. 81, n. 1, p. 7-14, 2012.

FAEGRI, Knut; VAN DER PIJL, Leendert. **The principles of pollination ecology**. 1971.

FERNANDES, M. A. B. et al. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na chapada do apodi – Ceará. **Águas Subterrâneas**, v. 19, p. 25–34, 2005.

FREE, John Brand et al. **Insect pollination of crops**. Academic press, 1993.

FREITAS, B.M. The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.) Cardiff, UK. UWCC, 1995. 197p. Tese (Doutorado em Abelhas e Polinização) – University of Wales, 1995.

- GIANNINI, Tereza Cristina et al. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of economic entomology**, p. tov093, 2015.
- GUNASENA, H. P. M.; PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; KARIYAWASAM, M. dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. **Underutilized fruit trees in Sri Lanka. New Delhi, World Agroforestry Centre**, p. 110-142, 2007.
- KLATT, Björn K. et al. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. In: **Proc. R. Soc. B. The Royal Society**, 2014. p. 20132440.
- LE BELLEC, Fabrice. Pollinisation et fécondation de *Hylocereus undatus* et de *H. costaricensis* à l'île de la Réunion. **Fruits**, v. 59, n. 6, p. 411-422, 2004.
- LE BELLEC, Fabrice; VAILLANT, Fabrice; IMBERT, Eric. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.
- MARQUES, Virna Braga et al. Ocorrência de insetos na pitaita no município de Lavras - MG. **Agrarian**, v. 5, n. 15, p. 88-92, 2011.
- MERTEN, Sven. A review of *Hylocereus* production in the United States. **J PACD**, v. 5, p. 98-105, 2003.
- MILFONT, Marcelo de O. et al. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental chemistry letters**, v. 11, n. 4, p. 335-341, 2013.
- MIZRAHI, Yosef; NERD, Avinoam; SITRIT, Yaron. New fruits for arid climates. **Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA**, p. 378-384, 2002.
- MONTEIRO, V. M. Abelhas visitantes florais e potenciais polinizadores da Macieira (*Malus domestica* Borkh.) no Semiárido Brasileiro. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 2014.
- OSUNA-ENCISO, Tomas et al. Reproductive phenology, yield and fruit quality of pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) in culiacan valley, sinaloa, Mexico. **AGROCIENCIA**, v. 50, n. 1, p. 61-78, 2016.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, p. 239–273, 2007.
- RECH, André Rodrigo et al. (Ed.). **Biologia da polinização**. Projecto Cultural, 2014.
- RIZZARDO, Rômulo AG et al. *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 4, p. 1137-1145, 2012.
- SHIN, Yong Seub; PARK, So Deuk; KIM, Jwoo Hwan. Influence of pollination methods on fruit development and sugar contents of oriental melon (*Cucumis melo* L. cv. Sagyejeol-Ggul). **Scientia horticulturae**, v. 112, n. 4, p. 388-392, 2007.

SILVA, E.M.S.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A.; CRUZ, D.O.; BOMFIM, I.G.A. Biologia floral do pimentão (*Capsicum annuum*) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como polinizador em cultivo protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.3, p.386-390. 2005.

TRAN, Dinh-Ha; YEN, Chung-Ruey. Morphological characteristics and pollination requirement in red pitaya (*Hylocereus* spp.). **International Journal of Agricultural, Biosystems Science and Engineering**, v. 8, n. 3, p. 6-10, 2014.

VALIENTE-BANUET, A. et al. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of arid environments**, v. 68, n. 1, p. 1-8, 2007.

WEISS, Julia; NERD, Avinoam; MIZRAHI, Yosef. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, v. 29, n. 12, p. 1487-1492, 1994.

YAH, Alma R. Centurión et al. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2008.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (EDS.). Métodos físico-químicos para análise de Alimentos. 1º Digital ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, p. 1020. 2008.