

DARCI DE OLIVEIRA CRUZ

BIOLOGIA FLORAL E EFICIÊNCIA POLINIZADORA DAS ABELHAS *Apis mellifera* L. (CAMPO ABERTO) E *Melipona quadrifasciata* Lep. (AMBIENTE PROTEGIDO) NA CULTURA DA PIMENTA MALAGUETA (*Capsicum frutescens* L.) EM MINAS GERAIS, BRASIL

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

DARCI DE OLIVEIRA CRUZ

BIOLOGIA FLORAL E EFICIÊNCIA POLINIZADORA DAS ABELHAS *Apis mellifera* L. (CAMPO ABERTO) E *Melipona quadrifasciata* Lep. (AMBIENTE PROTEGIDO) NA CULTURA DA PIMENTA MALAGUETA (*Capsicum frutescens* L.) EM MINAS GERAIS, BRASIL

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 28 de janeiro de 2009

Pesq. Marilda Cortopassi-Laurino

Prof^a. Milene Faria Vieira
(Co-orientadora)

Prof. Dejair Message

Prof. Derly José Henrique da Silva

Prof. Lucio Antonio de Oliveira Campos
(Orientador)

Aos meus avós
Raimunda e Ângelo (*in memoriam*)

Aos meus pais
Maria e “Valdenir”, por todo amor e
incentivo

À minha segunda mãe Josefa

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, minha fortaleza, por mais esta conquista.

Ao Cristiano, por sua presença constante, pelo estímulo e por sua incondicional atenção a mim sempre dispensada.

Ao Prof. Dr. Lucio Antonio de Oliveira Campos, pela orientação, carinho e amizade e por seus ensinamentos valiosos.

Ao Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas, pela amizade e relevantes contribuições que enriqueceram minha trajetória.

À Dra. Favísia Freitas de Oliveira, pela identificação das abelhas.

Ao Dr. (e amigo) José Airton Nunes, pelas análises estatísticas.

Às secretárias da Pós-Graduação em Entomologia, Dona Paula e Miriam, pela simpatia e disposição em ajudar.

Ao amigo Dagoberto, pelo grande apoio nos meus primeiros dias em Viçosa.

Aos Professores e Doutores Dejour, Milene, Derly e Marilda, pela importante participação nesta banca.

À Ir. Nilsa, pela amizade especial e por suas orações.

Às amigas do apiário, Bruna, Lila, Andreia, Tatiana, Amanda, Fábila e demais colegas do curso, em especial à Luciana, pela força e pelos bons momentos de descontração.

Aos amigos Isac, Daniel, Eva Mônica, Luis Antônio, Mercês, Rosa e Jamille, pelas mensagens e importante contribuição na minha vida.

Aos meus padrinhos Francisca Mateus e Nogueira, pelo incentivo à minha carreira e pela presença constante.

Aos funcionários do Apiário, Íris e Geraldo, pelo apoio durante a realização dos experimentos.

Aos demais funcionários, principalmente Lulu e Osmar, pelas conversas descontraídas durante o intervalo para o café e pelas aulas de “mineirês”.

À Ângela e ao Camilo, por permitirem a execução de parte desse trabalho em sua propriedade.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, pela oportunidade de realização do curso.

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA

Darci de Oliveira Cruz, filha de Francisco Valdemir da Cruz e de Maria Gomes de Oliveira, nasceu no dia 12 de março de 1978, em Fortaleza, Ceará.

Em Fortaleza, iniciou o curso de graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará, em agosto de 1996, graduando-se em dezembro de 2000. Durante esse período, foi bolsista de iniciação científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), sob a orientação do Prof. Dr. Luiz Antônio Maciel de Paula.

Em 2001, iniciou o curso de mestrado em Zootecnia, área de concentração em Apicultura, na Universidade Federal do Ceará, sob orientação do Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas, concluindo-o em março de 2003, com a defesa de dissertação intitulada “Uso e eficiência da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) na polinização do pimentão (*Capsicum annum* L.) sob cultivo protegido”.

No período de 2003 a 2005 foi Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional (DCR– CNPq), junto aos Departamentos de Zootecnia e Biologia, onde desenvolveu projeto de pesquisa intitulado “Diversidade genética da abelha sem ferrão jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) baseada no seqüenciamento dos espaçadores transcritos internos do DNA ribossômico nuclear”.

Em 2005, iniciou o curso de Doutorado em Entomologia, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, sob orientação do Prof. Dr. Lucio Antonio de Oliveira Campos. O curso foi concluído em janeiro de 2009 com a defesa da tese.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2		Página
Figura 1.	Flores de <i>Capsicum frutescens</i> : A – com anteras deiscentes (início da deiscência); B – Com grãos de pólen liberados. A seta indica o local onde se acumula o néctar.	33
Figura 2.	Crescimento de tubos polínicos: A - 12 horas após a polinização por <i>Apis mellifera</i> ; B – Tubos polínicos no ovário, 24 horas após a polinização. C – Tubos polínicos em contato com a micrópila dos óvulos.	34
Figura 3.	Coleta de recursos nas flores de <i>Capsicum frutescens</i> : A – <i>Apis mellifera</i> ; B – <i>Tetragonisca angustula</i> ; C – <i>Plebeia</i> sp.; D – <i>Augochlora</i> sp.	35
Figura 4.	Horários de visitação de quatro espécies de abelhas nas flores de pimenteira (<i>Capsicum frutescens</i>) ao longo de um dia, em São Miguel do Anta, Minas Gerais.	36
CAPÍTULO 3		
Figura 1.	Casa de vegetação onde foram conduzidos os experimentos.	59
Figura 2.	Plantas de <i>Capsicum frutescens</i> : A - recém transplantadas; B - com cerca de dez dias após o transplante; C - plantas numeradas.	60
Figura 3.	Colmeias de <i>M. quadrifasciata</i> no interior da casa de vegetação.	61
Figura 4.	Abelhas mandaçaia (<i>M. quadrifasciata</i>): A - na tela da casa de vegetação, cinco minutos após a liberação nesse ambiente; B - Grupo de abelhas quinze minutos após a liberação na casa de vegetação.	64
Figura 5.	<i>Melipona quadrifasciata</i> em flores de <i>Capsicum frutescens</i> : A – em posição para coleta de néctar; B – em contato com o estigma.	66
Figura 6.	Número médio de abelhas saindo de cada colméia de <i>Melipona quadrifasciata</i> (C1 e C2) por hora para forragear em flores de <i>Capsicum frutescens</i> L. e temperatura (°C) na casa de vegetação ao longo do dia.	67

- Figura 7. Número médio de abelhas saindo de cada colméia de *Melipona quadrifasciata* (C1 e C2) por hora para forragear em flores de *Capsicum frutescens* L. e umidade relativa (%) na casa de vegetação ao longo do dia. 67
- Figura 8. Número médio de abelhas saindo de cada colméia de *Melipona quadrifasciata* (C1 e C2) por hora para forragear em flores de *Capsicum frutescens* L. e luminosidade (Klux) na casa de vegetação ao longo do dia. 68

LISTA DE TABELAS

	CAPÍTULO 2	Página
Tabela 1.	Abelhas observadas em flores de <i>Capsicum frutescens</i> e seus horários de visita, recursos procurados e parte da flor que contataram	37
Tabela 2.	Vingamento inicial e persistência de frutos de pimenta (<i>Capsicum frutescens</i>) submetida à polinização cruzada, polinização por <i>Apis mellifera</i> , polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta com flores emasculadas	39
Tabela 3.	Peso médio dos frutos de pimenta (<i>Capsicum frutescens</i>) oriundos de polinização por <i>Apis mellifera</i> , polinização cruzada manual, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta com flores emasculadas.	41
Tabela 4.	Diâmetro médio dos frutos de pimenta (<i>Capsicum frutescens</i>) oriundos de polinização por <i>Apis mellifera</i> , polinização cruzada manual, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta com flores emasculadas.	44
Tabela 5.	Comprimento médio dos frutos de pimenta (<i>Capsicum frutescens</i>) oriundos de polinização por <i>Apis mellifera</i> , polinização cruzada manual, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta com flores emasculadas.	45
Tabela 6.	Número médio de sementes por fruto de pimenta (<i>Capsicum frutescens</i>) oriundos de polinização por <i>Apis mellifera</i> , polinização cruzada manual, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta com flores emasculadas.	46

CAPÍTULO 3

Tabela 1.	Vingamento inicial de frutos de pimenta (<i>Capsicum frutescens</i>) submetida à polinização com uma visita de <i>M. quadrifasciata</i> , polinização com duas visitas <i>M. quadrifasciata</i> , polinização cruzada manual, polinização aberta com <i>M. quadrifasciata</i> , autopolinização espontânea e autopolinização manual, em ambiente protegido.	70
-----------	---	----

- Tabela 2. Peso médio dos frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização com uma visita de *M. quadrifasciata*, polinização com duas visitas de *M. quadrifasciata*, polinização cruzada manual, polinização aberta com *M. quadrifasciata*, autopolinização espontânea e autopolinização manual, em ambiente protegido. 72
- Tabela 3. Diâmetro médio dos frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização com uma visita de *M. quadrifasciata*, polinização com duas visitas de *M. quadrifasciata*, polinização cruzada manual, polinização aberta com *M. quadrifasciata*, autopolinização espontânea e autopolinização manual, em ambiente protegido. 73
- Tabela 4. Comprimento médio dos frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização com uma visita de *M. quadrifasciata*, polinização com duas visitas de *M. quadrifasciata*, polinização cruzada manual, polinização aberta com *M. quadrifasciata*, autopolinização espontânea e autopolinização manual, em ambiente protegido. 74
- Tabela 5. Número médio de sementes por fruto de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização com uma visita de *M. quadrifasciata*, polinização com duas visitas de *M. quadrifasciata*, polinização cruzada manual, polinização aberta com *M. quadrifasciata*, autopolinização espontânea e autopolinização manual, em ambiente protegido. 76

ÍNDICE

RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	2
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
Importância da polinização.....	6
Abelhas sociais como polinizadores de culturas agrícolas.....	7
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
CAPÍTULO 2 - BIOLOGIA FLORAL E REQUERIMENTOS DE POLINIZAÇÃO DE PIMENTA MALAGUETA (<i>Capsicum frutescens</i> L.) E SEUS POLINIZADORES POTENCIAIS EM CULTIVO ABERTO NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS.....	21
RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	24
1. INTRODUÇÃO.....	26
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
Área Experimental.....	28
Biologia Floral.....	28
Potenciais polinizadores de pimenta malagueta.....	29
Requerimentos de polinização da pimenta malagueta e eficiência de polinização de <i>Apis mellifera</i>	30
Análise estatística.....	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4. CONCLUSÕES.....	47
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE <i>Melipona quadrifasciata</i> LEPELETIER, 1836 NA POLINIZAÇÃO DE PIMENTA MALAGUETA (<i>Capsicum frutescens</i> L.) SOB CONDIÇÕES DE CULTIVO PROTEGIDO.....	55
RESUMO.....	56
ABSTRACT.....	57
1. INTRODUÇÃO.....	58
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	59
Área Experimental.....	59
Implantação da cultura.....	59
Instalação das colméias de mandaçaia.....	61
Experimentos.....	62
Análise estatística.....	64
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64

Comportamento e adaptação das abelhas à casa de vegetação.....	64
Eficiência de polinização da abelha mandaçaia na cultura da pimenta...	69
5. CONCLUSÕES.....	77
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
CONCLUSÕES GERAIS.....	82
ANEXO.....	83

RESUMO

CRUZ, Darci de Oliveira. D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2009. **Biologia floral e eficiência polinizadora das abelhas *Apis mellifera* L. (campo aberto) e *Melipona quadrifasciata* Lep. (ambiente protegido) na cultura da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) em Minas Gerais, Brasil.** Orientador: Lucio Antonio de Oliveira Campos. Co-orientadores: Milene Faria Vieira e Breno Magalhães Freitas.

O presente trabalho teve por objetivo estudar a biologia floral de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.), identificar seus potenciais polinizadores e avaliar a eficiência das abelhas melífera (*Apis mellifera* L.) e mandaçaia (*Melipona quadrifasciata* Lep.) na polinização de *C. frutescens*, em campo aberto e em ambiente protegido, respectivamente. O primeiro estudo foi realizado em área aberta, no período de outubro a dezembro de 2006, no município de São Miguel do Anta, Minas Gerais. O segundo estudo foi desenvolvido no período de setembro de 2007 a janeiro de 2008, em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Aspectos da biologia floral de pimenta malagueta tais como, antese, deiscência das anteras, receptividade estigmática e crescimento dos tubos polínicos após a polinização das flores foram estudados. Com relação aos requerimentos de polinização e eficiência polinizadora das abelhas, foram realizados diferentes tratamentos de polinização e os frutos oriundos de todos os tratamentos foram avaliados por meio das variáveis: vingamento dos frutos, peso, diâmetro, comprimento e número de sementes por fruto. De acordo com os resultados obtidos, as flores de *C. frutescens* são perfeitas, protogínicas e recebem a visita de vários tipos de insetos como formigas, moscas, besouros, vespas e, principalmente, abelhas. Esses insetos, com exceção das abelhas, não são considerados polinizadores da cultura, uma vez que raramente tocam as estruturas reprodutivas da flor. Quatro espécies de abelhas foram vistas coletando recursos florais: *A. mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Plebeia* sp. e *Augochlora* sp, sendo a primeira espécie o visitante floral com maior potencial para atuar como polinizador nessa cultura, em campo aberto. Os tubos polínicos atingiram o ovário cerca de 24 horas após a polinização, sugerindo que a fertilização em *C. frutescens* ocorre um dia após a deposição

dos grãos de pólen sobre o estigma. Com relação à eficiência de polinização, tanto *A. mellifera*, em campo aberto, quanto *M. quadrifasciata*, em ambiente protegido, contribuíram para incrementar a produtividade da cultura com relação à quantidade de frutos produzidos. Embora seja uma cultura autógama, *C. frutescens* beneficia-se da polinização realizada por esses insetos.

ABSTRACT

CRUZ, Darci de Oliveira. D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2009. **Floral biology and pollination efficiency of *Apis mellifera* L. (open area) and *Melipona quadrifasciata* Lep. (greenhouse) on hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) in Minas Gerais, Brazil.** Adviser: Lucio Antonio de Oliveira Campos. Co-advisers: Milene Faria Vieira and Breno Magalhães Freitas.

The present work aimed to study the floral biology of hot pepper (*Capsicum frutescens* L.), to identify potential pollinators and to evaluate the efficiency of the honey bees (*Apis mellifera* L.) and mandaçaia bee (*Melipona quadrifasciata* Lep.) on the pollination of *C. frutescens*, in open area and greenhouse, respectively. The first study was carried out in open area, in period from September to December of 2006, in São Miguel do Anta, Minas Gerais. The second study was carried out in period from September of 2007 to January of 2008, in greenhouse situated in the Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. Aspects of floral biology of hot pepper such as, anthesis, anther dehiscence, pistil receptivity and pollen tube growth after pollination were studied. Regarding pollination requirements and pollination efficiency of bees, different pollination treatments were carried out and the fruits of all treatments were evaluated through the variables: fruit set, fruit weight, diameter, length and number of seeds per fruit. Regarding results, *C. frutescens* flowers are perfect, protogynous and visited by a range of insects, such as ants, flies, beetles, wasps and, mainly bees. These insects, except bees, are not considered pollinators of this crop, because they rarely touch floral reproductive structures. Four species of bees were observed collecting floral resources: *A. mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Plebeia* sp. and *Augochlora* sp. The first specie is the floral visitant with better potential to pollinate this crop, in open area. Pollen tubes were observed in the ovary within 24 hours after pollination, suggesting the occurrence of fertilization in *C. frutescens* flower one day after deposition of pollen on stigma. Regarding pollination efficiency, *A. mellifera*, in open area, and *M. quadrifasciata*, in greenhouse, contributing to increase the number of fruit. Although is an autogamous crop, *C. frutescens* benefits from pollination by these insects.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO GERAL

As pimentas do gênero *Capsicum* fazem parte da dieta humana desde 7500 a.C. (Bosland, 1996). Desde os tempos antigos até os dias atuais, os frutos de pimenteira passaram a ser consumidos por povos de todas as origens, em quantidades crescentes e em usos diversos, tais como fabricação de temperos, molhos, geléias (mercado de exóticos), remédios, dentre outros. Quatro características chamam a atenção nos frutos de *Capsicum*: a cor, o tamanho, a forma e a pungência (Contreras-Padilla e Yahia, 1998; Reifschneider *et al.*, 2000).

A pungência da pimenta é um atributo desejável em muitos alimentos e é devida ao acúmulo de capsaicinóides, compostos alcalóides encontrados apenas no gênero *Capsicum*. Esses compostos são produzidos em glândulas na placenta dos frutos e são liberados quando estes sofrem qualquer dano físico (Bosland, 1996; Moreira *et al.*, 2006; Lannes *et al.*, 2007). Dentre os capsaicinóides, a capsaicina e a hidrocapsaicina são responsáveis por cerca de 90% da pungência (Contreras-Padilla e Yahia, 1998). Esses compostos ocorrem exclusivamente em frutos do gênero *Capsicum*, os quais também são fontes dos antioxidantes naturais: vitamina C, carotenóides e vitamina E (Bosland, 1996; Reifschneider *et al.*, 2000).

O gênero *Capsicum* pertence à família Solanaceae e contém cerca de 22 espécies nativas e 5 espécies domesticadas: *C. annuum* (pimentão), *C. baccatum* (Dedo-de-moça, Cambuci), *C. chinense* (pimenta-de-cheiro), *C. frutescens* (pimenta malagueta) e *C. pubescens* (pimentas “rocotos”) (Bosland e Votava, 1999; Reifschneider *et al.*, 2000; Nascimento *et al.*, 2006). A espécie *C. frutescens*, por exemplo, encontra-se distribuída nas Américas Central e do Sul, e também em outras regiões tropicais e subtropicais, tais como Ásia, África e Ilhas do Pacífico. Com relação ao hábito da planta e aos caracteres morfológicos de *C. frutescens*, observa-se que são plantas perenes, podendo atingir dois metros de altura. As flores são branco esverdeadas e os frutos maduros são vermelhos (Yamamoto e Nawata, 2005) e contêm cerca de 74,55 mg de ácido ascórbico / 100 g de fruto fresco (Howard *et al.*, 2000).

No mundo, de toda a área cultivada com pimentas, aproximadamente 89% estão no Continente Asiático, com as principais áreas de cultivo localizadas na Índia, Coréia, Tailândia, China, Vietnã, Srilanka e Indonésia (Rufino e Penteado, 2006). As pimentas também são cultivadas amplamente em outros países como Japão, México, Estados Unidos, Brasil, Argentina, Espanha, Bulgária, Egito, dentre outros (Henz, 2008).

O Brasil possui uma grande variabilidade genética entre espécies domesticadas, semi-domesticadas e silvestres, encontradas em todas as regiões do país (Moreira *et al.*, 2006), sendo as pimentas mais plantadas: “malagueta”, “dedo-de-moça”, “cumari”, “pimenta-de-cheiro” e “pimenta-de-bode” (Reifschneider *et al.*, 2000). O cultivo de pimenta no país é de grande importância, quer por suas características de rentabilidade, principalmente quando o produtor agrega algum valor ao produto, bem como sua importância social em virtude do emprego de elevado número de mão-de-obra, principalmente no período da colheita dos frutos. Os principais estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (Nascimento *et al.*, 2006).

As pimentas do gênero *Capsicum* destacam-se como produtos importantes do agronegócio brasileiro. Na pauta do comércio internacional de hortaliças, o volume das exportações brasileiras atingiu 8497 toneladas no valor de US\$ 17.344 mil em 2004. Em contrapartida, as importações foram de 641 toneladas no valor de US\$ 1.403 mil. Desse modo, as pimentas beneficiaram a balança comercial brasileira com um superávit de US\$ 15.941 mil. Comparando-se com o ano 2000, verifica-se que as exportações aumentaram em volume (22,1%) e em valor (43%) (Vilela, 2004).

O cultivo de pimentas no sistema orgânico também apresenta um forte apelo para o mercado consumidor atual, tanto interno como externo. As formas processadas para exportação certamente apresentam o maior valor agregado entre todos os tipos de produtos à base de *Capsicum*, principalmente quando acreditados por alguma organização certificadora internacional (Henz, 2008).

Em Minas Gerais, as principais áreas produtoras de pimenta estão concentradas nas mesorregiões da Zona da Mata, Alto Paranaíba e

Triângulo Mineiro. Na Zona da Mata, maior produtora, cultiva-se quase exclusivamente a malagueta (*C. frutescens*). Em 2005, foram comercializadas nas Ceasas de Minas Gerais, 232 t de pimenta. De modo geral, existe demanda considerável por parte dos produtores por informações sobre todas as fases do sistema de produção de pimenta (Pinto, 2008).

A pimenta é considerada uma cultura autógama. Porém, as taxas de cruzamento variando de 2 a 90%, observadas por vários pesquisadores, sugerem que as espécies de *Capsicum* devem ser consideradas autógamas facultativas (Kearns e Inouye, 1993). A polinização está associada a insetos polinizadores nativos (Bosland, 1996; Bosland e Votava, 1999; Reifschneider *et al.*, 2000; Godoy *et al.*, 2006). Quando as plantas são alógamas, a produção de frutos e sementes é dependente do sucesso da polinização. Porém, mesmo em espécies predominantemente autógamas, como as do gênero *Capsicum*, a polinização cruzada realizada por insetos pode melhorar a qualidade dos frutos e, portanto, agregar valor ao produto, aumentando a renda dos produtores (Serrano e Guerra-Sanz, 2006).

As flores típicas de *Capsicum* são hermafroditas e pentâmeras e são visitadas por diferentes espécies de abelhas em busca dos recursos florais pólen e néctar (Free, 1993; Bosland e Votava, 1999). No entanto, a literatura científica sobre polinização de pimenta é escassa. Há poucos estudos sobre polinização de *C. annum*, em casa de vegetação, com diferentes polinizadores, tais como abelhas solitárias e sociais, ou moscas (Jarlan *et al.*, 1997; Dag e Kammer, 2001; Cruz *et al.*, 2005; Serrano e Guerra-Sanz, 2006). Estes e alguns outros autores mostraram que a polinização realizada por esses insetos melhorou a qualidade dos frutos quando comparado aos frutos oriundos da autopolinização.

Pimentas e pimentões são cultivados em pequenas hortas ou em grandes áreas, em campo aberto ou em ambiente protegido. As variedades cultivadas são, principalmente, de origem tropical e não toleram frio e geadas. A pimenteira exige temperaturas elevadas tanto para se desenvolver como para produzir, de modo que a faixa de temperatura diária considerada mais favorável para o cultivo é de 20°C a 30°C (Reifschneider *et al.*, 2000; Pinto *et al.*, 2006; Néji *et al.*, 2003). A utilização de casas de

vegetação é uma maneira de maximizar o uso da radiação solar através do acúmulo de energia durante o dia para o aquecimento do ambiente no período noturno. Com isso, é possível cultivar determinadas plantas, como a pimenta e o pimentão, as quais não poderiam ser cultivadas em campo, em regiões onde ocorram temperaturas amenas (Boligon, 2007). Porém, a implantação dessas culturas, sob condições de cultivo protegido, impossibilita a visita dos agentes polinizadores às flores, principalmente das abelhas, sendo necessária a introdução desses insetos nesse ambiente, para maximizar a produção.

Este trabalho teve como principais objetivos: 1) estudar a biologia floral e os requerimentos de polinização de pimenta malagueta (*C. frutescens*) e identificar seus potenciais polinizadores, 2) avaliar a eficiência das abelhas melífera (*Apis mellifera* L.) e mandaçaia (*Melipona quadrifasciata* Lep.), na polinização de *C. frutescens*, em campo aberto e em ambiente protegido, respectivamente. Acredita-se que este estudo possa contribuir para aumentar o número de informações sobre polinização de pimenta e seus polinizadores legítimos, visando a valorização e a divulgação desse serviço realizado pelas abelhas, principalmente em culturas autógamas facultativas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância da polinização

A polinização é um processo fundamental para a reprodução sexual das plantas superiores. Somente através da transferência do pólen das anteras até o estigma de flores da mesma espécie, pode ocorrer a polinização, a fecundação dos óvulos e conseqüente formação de sementes (Proctor *et al.*, 1996). A polinização adequada pode garantir um aumento na qualidade das sementes e dos frutos produzidos por determinada cultura (Richards, 2001).

O efeito da polinização sobre a fixação do fruto e a influência da semente resultante sobre o seu crescimento fazem com que a polinização seja considerada uma fase decisiva no cultivo de muitas espécies vegetais. Existem evidências de que um aumento da densidade de pólen no estigma assegure uma maior resposta de crescimento do ovário, maior número de sementes e, conseqüentemente, maior tamanho do fruto (Janick, 1966).

O serviço desempenhado pelos polinizadores atualmente é reconhecido em todo o mundo e foi considerado um tema de grande relevância na Biodiversidade Agrícola pela Convenção da Diversidade Biológica (CDB) desde 2000, sendo motivo de aprovação da Iniciativa Internacional dos Polinizadores (IPI), tendo em vista a conservação e o uso sustentável dos polinizadores (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2007).

A grande maioria das espécies de plantas necessita de animais, como aves, mamíferos e insetos, para sua polinização. Estima-se que, aproximadamente, 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo sejam polinizadas por alguma espécie de abelha, 19% por moscas, 6,5% por morcegos, 5% por vespas, 5% por besouros, 4% por aves e 4% por borboletas e mariposas (FAO, 2004).

O valor econômico da polinização por insetos para a agricultura pode ser estimado, segundo Sadeh *et al.* (2007), com base na abundância e valor de mercado das culturas polinizadas por insetos. Nos Estados Unidos, por exemplo, o valor da polinização de culturas agrícolas foi estimado em US\$

14,6 bilhões por ano. Desse valor, US\$ 3 bilhões correspondem ao serviço de polinização realizado por polinizadores nativos.

Tendo em vista a importância da polinização para a manutenção da biodiversidade, torna-se necessário conhecer mais sobre a eficiência dos agentes polinizadores, os quais são também responsáveis pela visita e polinização da maioria das plantas cultivadas em todo o mundo.

No Brasil, de modo geral, observa-se uma escassez de agentes polinizadores nativos em áreas agrícolas. Por esse motivo, muitos agricultores são obrigados a utilizar técnicas de polinização artificiais, como a polinização manual e o uso de vibradores elétricos (“abelhas elétricas”) para simular o comportamento de algumas espécies de abelhas. Esses métodos, por sua vez, elevam os custos de produção (Westerkamp e Gottsberger, 2000). Esses fatores, somados às práticas de plantio de monoculturas que concentram as floradas em curtos períodos, tem tornado urgentes os estudos visando a polinização dirigida, evitando assim uma diminuição dos índices de produtividade.

2.2. Abelhas sociais como polinizadores de culturas agrícolas

As abelhas são consideradas os polinizadores mais importantes das culturas agrícolas ao redor do mundo e os mais efetivos, sendo responsáveis por 90% do sucesso reprodutivo das plantas com flores (Shipp *et al.*, 1994; Kerr *et al.*, 2005). Esses insetos dependem das flores para a obtenção de alimento (néctar, pólen, óleo) e outros recursos tais como fragrâncias e resinas. As flores também podem servir como local de cópula e repouso para algumas espécies de abelhas (Faegri e van der Pijl, 1979). Essa é uma relação de benefício mútuo, onde as abelhas ao forragearem promovem a polinização cruzada e conferem vantagens genéticas desse sistema de reprodução para as angiospermas (Morato e Campos, 2000).

Das mais de 16.000 espécies de abelhas descritas em todo o mundo, apenas algumas são manejadas comercialmente como polinizadores de plantas cultivadas, incluindo espécies solitárias e sociais (Bosch e Kemp, 2002). As espécies de abelhas sociais são, geralmente, preferidas para a

polinização de culturas agrícolas, principalmente, devido à alta densidade de abelhas que podem ser mantidas em determinada área. McGregor (1976) listou 166 culturas que se beneficiam ou dependem da polinização melitófila.

As abelhas sociais, além do fato de haver espécies que podem ser criadas pelo homem, possuem outra grande vantagem sobre os outros insetos polinizadores. Cada abelha de uma mesma colméia geralmente procura as flores da mesma espécie vegetal, enquanto esta se mostrar atraente para ela. Assim, há menos desperdício de pólen e maior eficiência na polinização, o que não acontece com os insetos que visitam seguidamente flores de diferentes espécies vegetais (Michener, 1974; Souza *et al.*, 1993).

Há três grupos de abelhas verdadeiramente sociais pertencentes à subfamília Apinae: os bombíneos (mamangavas sociais), os apíneos (dentre os quais se destaca a espécie *Apis mellifera*) e os meliponíneos, também conhecidos como abelhas sem ferrão (Michener, 1974).

Abelhas pertencentes ao gênero *Bombus* têm sido utilizadas para polinização de culturas agrícolas desde a década de 20, principalmente, sob condições de cultivo protegido. Entretanto, somente na década de 80, houve um aumento considerável da utilização dessas abelhas, principalmente de *B. terrestris* (Malagodi-Braga e Kleinert, 2002). Estima-se que, aproximadamente, 850.000 colônias de *B. terrestris* sejam comercializadas anualmente (Velthuis e van Doorn, 2004), o que torna essa espécie uma das mais utilizadas em todo o mundo para a polinização de culturas agrícolas em ambiente protegido, principalmente tomate (*Lycopersicon esculentum* L.).

Meisels e Chiasson (1997) avaliaram a eficiência de *B. impatiens* como polinizadores de pimentão, em ambiente protegido, no Canadá. Esses autores verificaram que apenas três operárias dessa espécie de abelha são suficientes para polinizar efetivamente cerca de 425 plantas, ou seja, são necessárias aproximadamente, 176 abelhas por hectare (25.000 plantas).

Esses resultados são animadores e revelam o potencial de abelhas do gênero *Bombus*, em ambiente protegido, para a polinização de diversas culturas. Uma vez que métodos para produção contínua de *Bombus* foram desenvolvidos no final dos anos 80, o uso dessas abelhas, principalmente de *B. terrestris* para a polinização de culturas como melão, morango, pimentão

e tomate, sob cultivo protegido, tem crescido significativamente (Williams, 2006).

As abelhas melíferas (*A. mellifera* L.) são os insetos sociais mais usados para a polinização de cultivos comerciais. O padrão de vôo dessas abelhas é rápido e agitado entre as flores, tendendo ao zig-zag. Esse comportamento as torna eficientes na dispersão de pólen (Couto e Couto, 2007). No entanto, esse serviço encontra-se comprometido em virtude das doenças e envenenamento por inseticidas que estão dizimando essas abelhas (Kremen *et al.*, 2002).

Essa espécie tem sido utilizada em várias culturas que requerem polinização cruzada. Sousa (2003), por exemplo, utilizou colônias de *A. mellifera* para polinização de melão (*Cucumis melo*) no Nordeste do Brasil e concluiu que quatro colônias populosas por hectare são suficientes para a obtenção de níveis adequados de polinização e produção de frutos.

Na Venezuela, Manrique e Thimann (2002) estudaram o efeito da abelha africanizada como agente polinizador de café (*Coffea arabica* L.). De acordo com os resultados obtidos por esses autores, *A. mellifera* promoveu um aumento no peso e na qualidade dos grãos formados, melhorando a produtividade. Lattaro e Malerbo-Souza (2006) afirmaram que essa abelha é agente polinizador da abóbora caipira (*Cucurbita mixta*), sendo a espécie mais freqüente nas flores.

Chiari *et al.* (2005) avaliaram a polinização realizada por abelhas melíferas na produção e qualidade das sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill) em Maringá, Paraná. Esses autores constataram que *A. mellifera* foi eficiente na polinização de soja, proporcionando um aumento de 58,86% na produção de grãos.

Do mesmo modo, Malerbo-Souza *et al.* (2003) observaram que a polinização realizada pelas abelhas melíferas influenciou quantitativamente e qualitativamente a produção de laranjas (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Os frutos cujas flores foram visitadas adequadamente pelas abelhas foram mais pesados, menos ácidos e com maior número de sementes por gomo, embora nem sempre um grande número de sementes seja desejável na fruticultura.

Na região Nordeste do Brasil, Rizzardo (2007) afirmou que a introdução de colônias de *A. mellifera* em cultivos de mamona (*Ricinus communis* L.) contribuiu para incrementar a produtividade da cultura, tanto ao aumentar o número de frutos por cacho quanto o rendimento de óleo das sementes.

Apesar da eficiência de polinização da espécie *A. mellifera* em diversas culturas agrícolas de importância econômica, o declínio nas populações dessas abelhas tem, de certo modo, aumentado o interesse dos pesquisadores em avaliar o papel das espécies de abelhas nativas na polinização de culturas agrícolas, assim como aperfeiçoar as técnicas de manejo para as mesmas (Kearns e Inouye, 1997). Além disso, embora *A. mellifera* possua uma grande habilidade para polinização e possua a biologia bem conhecida, abelhas dessa espécie não são consideradas os melhores polinizadores para todas as culturas.

Os meliponíneos ou abelhas sem ferrão são, provavelmente, os insetos sociais mais promissores para o uso como polinizadores comerciais. Heard (1999) e, mais recentemente, Slaa *et al.* (2006) apresentaram informações detalhadas sobre o papel das abelhas sem ferrão na polinização de diferentes culturas agrícolas. No entanto, essas abelhas estão sob constante ameaça em função da destruição de seus habitats naturais, os quais são fontes de alimento e locais de nidificação.

No Brasil, os meliponíneos são representados por cerca de 300 espécies (Silveira *et al.*, 2002). Em Meliponini há mais de 30 gêneros exclusivamente neotropicais (Moure *et al.*, 2007). Essas abelhas possuem certas características vantajosas para a polinização de determinadas culturas, principalmente em ambiente protegido, nas quais geralmente são utilizadas abelhas melíferas: a ausência de um ferrão funcional, a sociabilidade, a baixa defensibilidade, a menor amplitude do vôo de forrageamento (não se distanciam de seus ninhos) e a perenidade das colônias (Malagodi-Braga *et al.*, 2004).

Várias pesquisas têm mostrado que diversos meliponíneos são polinizadores efetivos em ambientes fechados e podem, portanto, ser uma alternativa valiosa para a polinização comercial de diversas culturas. A abelha *Melipona subnitida*, por exemplo, polinizou de modo eficiente as

flores de pimentão (*C. annuum* L.), em ambiente protegido, no Nordeste do Brasil (Cruz *et al.*, 2005). Pesquisas realizadas por esses autores mostraram que, apesar das flores de pimentão serem consideradas autógamas, essa cultura beneficia-se da polinização realizada por essa espécie.

As espécies *Melipona beecheii*, *Melipona quadrifasciata*, *Trigona carbonaria*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragonisca angustula* têm sido utilizadas para polinizar diversas culturas no Japão. Os pesquisadores japoneses utilizam colméias aquecidas para a criação dessas abelhas, principalmente as do gênero *Melipona*, as quais são restritas às Américas Central e do Sul (Amano *et al.*, 1999; Amano, 2004).

Colônias de *M. quadrifasciata* têm sido utilizadas para polinização de tomate e pimentão, em casas de vegetação, em Minas Gerais e São Paulo, respectivamente. Segundo Del Sarto *et al.* (2005), é possível usar essa abelha como polinizadora de tomateiro, em ambiente protegido, devido ao aumento na qualidade dos frutos, considerando-se a diminuição das injúrias mecânicas quando comparadas à polinização manual tradicional, a não diminuição do tamanho do fruto e ao alto preço do produto no mercado.

Roselino (2005) utilizou *M. quadrifasciata anthidioides* para polinização de pimentão, em casa de vegetação. Essa abelha, ao visitar as flores, apresenta comportamento de vibração, o qual é favorável à polinização de espécies vegetais que possuem anteras poricidas. A eficiência de polinização de *M. quadrifasciata anthidioides* contribuiu para os frutos tornarem-se maiores, no comprimento e na circunferência. Essas abelhas adaptaram-se muito bem ao confinamento.

As abelhas irai (*Nannotrigona testaceicornis*) são totalmente mansas, sociais e suas colônias apresentam de 2.000 a 3.000 indivíduos (Lindauer e Kerr, 1960). Pesquisas recentes (Malagodi-Braga, 2002; Roselino, 2005) verificaram o seu papel na polinização de morangueiro (*Fragaria x ananassa*) em ambiente protegido. Frutos oriundos de flores polinizadas por estas abelhas foram mais pesados, quando comparados àqueles produzidos nas casas de vegetação sem a presença de abelhas. É válido lembrar que, Maeta *et al.* (1992) já haviam utilizado, com sucesso, essas abelhas, importadas do Brasil, para polinização de morangueiro em ambiente protegido no Japão.

A utilização dessas abelhas para polinização de culturas agrícolas, principalmente sob condições de cultivo protegido, vem sendo difundida, com bons resultados. Agricultores que antes se beneficiavam acidentalmente dos serviços de polinização prestados pelas abelhas têm hoje a possibilidade de alugar colméias e introduzi-las em seus plantios. Apesar do uso comercial de abelhas para polinização no Brasil ser limitado às abelhas melíferas (*A. mellifera*), as quais são direcionadas para polinizar principalmente culturas como melão e maçã, alguns meliponicultores de Minas Gerais já alugam colmeias de jataí (*T. angustula*) para polinização em ambiente protegido. Esse primeiro passo pode contribuir para o uso racional e preservação dessas espécies.

O número de pesquisas sobre a utilização de abelhas para a polinização de plantas cultivadas, em campo aberto ou em ambiente protegido, vem crescendo a cada ano. A importância da polinização com abelhas no Brasil tem sido reconhecida e está em fase de plena expansão (Couto e Couto, 2007). No entanto, ainda são necessárias mais informações a respeito da eficiência polinizadora de diferentes espécies de abelhas, assim como o aperfeiçoamento de técnicas de manejo específicas, as quais são de extrema importância para a sua preservação.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amano, K.; Nemoto, T.; Heard, T.A. What are stingless bees, and why and how to use them as crop pollinators? A review, 1999. Food & Fertilizer Technology Center. Disponível em: <http://www.ffc.agnet.org/library/article.htm>. Acesso em: 18 set. 2007.

Amano, K. Attempts to introduce stingless bees for the pollination of crops under greenhouse conditions in Japan, 2004. Food & Fertilizer Technology Center. Disponível em: <http://www.ffc.agnet.org/library/article.htm>. Acesso em: 19 set. 2007.

- Boligon, A.A. *Variabilidade espacial do ponto de colheita e do crescimento de frutos de pimentão em estufa plástica*. (Dissertação de Mestrado) – Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria. 2007. 75p.
- Bosch, J.; Kemp, W.P. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research*. v.92. p.3-16. 2002.
- Bosland, P.W. *Capsicums: Innovative uses of an ancient crop*. In: Janick, J. (Ed.), Progress in new crops. ASHS Press. Arlington, V.A. 1996. p.479-487.
- Bosland, P.W.; Votava, E. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. CABI Publishing. 1999. 204p.
- Chiari, W.C.; Toledo, V.A.A.; Ruvolo-Takasusuki, M.C.C.; Oliveira, A.J.B.; Sakaguti, E.S.; Attencia, V.M.; Costa, F.M.; Mitsui, M.H.. Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. v.48. p.31-36. 2005.
- Contreras-Padilla, M.; Yahia, E.M. Changes in capsaicinoids during development, maturation and senescence of chile peppers and relation with peroxidase activity. *J. Agric. Food Chem*. v.46. p.2075-2079. 1998.
- Couto, R.H.N.; Couto, L.A. Utilização de polinizadores na conservação e sustentabilidade da agricultura. *Mensagem Doce*, São Paulo, n.90. 2007.
- Cruz, D.O.; Freitas, B.M.; Silva, L.A.; Silva, E.M.S.; Bomfim, I.G.A. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.40. p.1197-1201. 2005.

Dag, A.; Kammer, Y. Comparison between the effectiveness of honey bee (*Apis mellifera*) and Bumble bee (*Bombus terrestris*) as pollinators of greenhouse sweet pepper (*Capsicum annuum*). *American Bee Journal*. p. 447-448, 2001.

Del Sarto, M.C.L.; Peruquetti, R.C.; Campos, L.A.O. Evaluation of the Neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology*. v.98. p. 260-266. 2005.

Faegri, K.; Van Der Pijl, L. *The principles of pollination ecology*. 3. ed. Oxford: Pergamon Press, 1979. 244p.

FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. In: Freitas, B.M.; Pereira, J.O.P. (Eds.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004. p 2-19.

Free, J.B. *Insect pollination of crops*. 2.ed. London: Academic Press. 1993. 684p.

Godoy, M.C.; Godoy, A.R.; Cardoso, A.I.I. Influência do estágio de maturação da flor na produção de sementes de pimentão com polinização manual. *Bragantia*. v.65. p. 83-87. 2006.

Heard, R.A. The role of stingless bees in crop pollination. *Annual Review of Entomology*, v.44. p.183-206. 1999.

Henz, G.P. Perspectivas e potencialidades do mercado para pimentas. In: I Encontro Nacional do Agronegócio Pimenta (*Capsicum* spp.). Embrapa Hortaliças. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/encontro_pimenta_pimentao/index.html> Acesso em: 20/05/08.

- Howard, L.R.; Talcott, S.T.; Brenes, C.H.; Villalon, B. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected peppers cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *J. Agric. Food Chem.* v.48. p.1713-1720. 2000.
- Imperatriz-Fonseca, V.L.; Saraiva, A.M.; Golçalves, L. A Iniciativa Brasileira de Polinizadores e os avanços para a compreensão do papel dos polinizadores como produtores de serviços ambientais. *Biosci. Journ.* v.23. p.100-106. 2007.
- Janick, J. *A ciência da horticultura*. Rio de Janeiro: USAID, 1966. 485p.
- Jarlan, A.; De Oliveira, D.; Gingras, J. Pollination of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse by the syrphid fly *Eristalis tenax* L. Proceedings of the International Symposium on Pollination. *Acta Hort.* v. 437. p. 425-429. 1997.
- Kearns, C.A.; Inouye, D.W. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *BioScience.* v.47. p.297-307. 1997.
- Kerr, W.E.; Carvalho, G.A.; Silva, A.C.; Assis, M.G.P. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. *Mensagem Doce.* 80. p.46-60. 2005.
- Kremen, C.; Williams, N.M.; Thorp, R.W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *PNAS.* v.99. p.16812-16816. 2002.
- Lannes, S.D.; Finger, F.L.; Schuelter, A.R.; Casali, V.W.D. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. *Scientia Horticulturae.* v.112. p. 266-270. 2007.
- Lattaro, L.H.; Malerbo-Souza, D.T. Polinização entomófila em abóbora caipira, *Cucurbita mixta* (Cucurbitaceae). *Acta Scientiarum-Agronomy.* v.28. p.563-568. 2006.

- Lindauer, M.; Kerr, W. Communication between the workers of stingless bees. *Bee World*, Cardiff, v.41. p.29-41. 1960.
- Maeta, Y.T.; Tezuka, T.; Nadano, H. *et al.* Utilization of the brazilian stingless bee *Nannotrigona testaceicornis* as pollinator of strawberries. *Honeybee Science*, Tamagawa, v.13. p.71-78. 1992.
- Malagodi-Braga, K.S. *Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (Fragaria x ananassa Duchesne – Rosaceae)*. São Paulo, 2002. 102p. Tese de Doutorado – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- Malagodi-Braga, K.S.; Kleinert, A.M.P. Os meliponíneos como polinizadores em estufas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14., 2002, Campo Grande, *Anais...* Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura, 2002. p. 204-208.
- Malagodi-Braga, K.S.; Kleinert, A.M.P.; Imperatriz-Fonseca, V.L. Abelhas sem ferrão e polinização. *Revista Tecnologia e Ambiente*, Criciúma, v.10, p.59-70, 2004.
- Malerbo-Souza, D.T.; Nogueira-Couto, R.H.; Couto, L.A. Pollination in Orange sweet crop (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. v.40. p.237-242. 2003.
- Manrique, A.J.; Thimann, R.E. Coffee (*Coffea arabica*) pollination with africanized honeybees in Venezuela. INCI. v.27. 2002.
- McGregor, S.E. *Insect pollination of cultivated crop plants*. Washington (DC): United States Department of Agricultural Research Service, 1976. 496p.

- Meisels, S.; Chiasson, H. Effectiveness of *Bombus impatiens* Cr. as pollinators of greenhouse sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). *Acta Horticulturae*, Leuven, v.437. p. 425-429. 1997.
- Michener, C.D. *The social behavior of the bees*. Harvard University Press, Cambridge, 1974. 404p.
- Morato, E.F.; Campos, L.A.O. Partição de recursos florais de espécies de *Sida* Linnaeus e *Malvastrum coromandelianum* (Linnaeus) Garcke (Malvaceae) entre *Cephalurgus anomalus* Moure & Oliveira (Hymenoptera, Andrenidae, Panurginae) e *Melissoptila enecomala* (Moure) (Hymenoptera, Apidae, Eucerini). *Revista Brasileira de Zoologia*. v.17. p.705-727. 2000.
- Moreira, G.R.; Caliman, F.R.B.; Silva, D.J.H.; Ribeiro, C.S.C. Espécies e variedades de pimenta. *Informe Agropecuário*. v.27. p.16-29. 2006.
- Moure, J.S.; Urban, D.; Melo, G.A.R. *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region*. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia. 2007. 1058p.
- Nascimento, W.M.; Dias, D.C.F.S.; Freitas, R.A. Produção de sementes de pimentas. *Informe Agropecuário*. v.27. p.30-39. 2006.
- Néji, T.; Monique, B.; Abdelaziz, M. Effects of low night temperature on flowering, fruit set, and parthenocarpic ability of hot and sweet pepper varieties, *Capsicum annuum*. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* v.44. p. 271-276. 2003.
- Pinto, C.M.F. Produção de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) em Minas Gerais. In: II Encontro Nacional do Agronegócio Pimenta (*Capsicum* spp.). Embrapa Hortaliças. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/encontro_pimenta_pimentao/index.html> Acesso em: 20/05/08.

- Proctor, M.; Yeo, P.; Lack, A. *The natural history of pollination*. Timber Press: Oregon, 1996. 479p.
- Reifschneider, F.J.B. *et al.* *Capsicum – pimentas e pimentões no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças, 2000. 133p.
- Richards, A.J. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Annals of Botany*, Oxford, v.88. p.165-172. 2001.
- Rizzardo, R.A.G. *O papel de Apis mellifera L. como polinizador da mamoneira (Ricinus communis L.): avaliação da eficiência de polinização das abelhas e incremento de produtividade da cultura*. Fortaleza, 2007. 78p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará.
- Roselino, A.C. *Polinização em culturas de pimentão – Capsicum annuum por Melipona quadrifasciata anthidioides e Melipona scutellaris e de morango – Fragaria x ananassa por Scaptotrigona aff. depilis e Nannotrigona testaceicornis (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)*. Ribeirão Preto, 2005. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo.
- Rufino, J.L.S.; Penteado, D.C.S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. *Informe Agropecuário*. v.27. p.7-15. 2006.
- Sadeh, A.; Shmida, A.; Keasar, T. The carpenter bee *Xylocopa pubescens* as na agricultural pollinator in greenhouses. *Apidologie*. v.38. p.508-517. 2007.

- Serrano, A.R.; Guerra-Sanz, J.M. Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. *Scientia Horticulturae*. v.110. p. 160-166. 2006.
- Silveira, F.A.; Melo, G.A.R.; Almeida, E.A.B. *Abelhas brasileiras: sistemática e identificação*. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002. 253p.
- Shipp, J.L.; Whitfield, G.H.; Papadopoulos, A.P. Effectiveness of the bumblebee, *Bombus impatiens* Cr. (Hymenoptera: Apidae), as a pollinator of greenhouse sweet pepper. *Scientia Horticulturae*. v.57. p.29-39. 1994.
- Slaa, E.J.; Sánchez Chaves, L.A.; Malagodi-Braga, K.S. et al. Stingless bees in applied pollination practice and perspectives. *Apidologie*, Paris, v.37. p.293-315. 2006.
- Sousa, R.M. *Manejo de abelhas melíferas (Apis mellifera L.) para polinização do meloeiro (Cucumis melo L.)*. Fortaleza, 2003. 125p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará.
- Souza, V.C.; Cortopassi-Laurino, M.; Simão-Bianchini, R.; Pirani, J.R.; Azoubel, M.L.; Guibu, L.S.; Giannini, T.C. Plantas apícolas de São Paulo e arredores. In: Pirani, J.B.; Cortopassi-Laurino, M. (Eds.) *Flores e abelhas em São Paulo*. São Paulo: Edusp/Fapesp, 1993. p.41-179.
- Velthuis, H.H.W.; Van Doorn, A. The breeding, commercialization and economic value of bumblebees. In: Freitas, B.M.; Pereira, J.O.P. (Eds.) *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004. p 135-149.
- Vilela, N.J. Sistema de produção de pimentas_ Coeficientes técnicos, custos, rendimentos e rentabilidade. 2004. Disponível em: < <http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br>> Acesso em: 11/02/06.

Yamamoto, S.; Nawata, E. *Capsicum frutescens* L. in Southeast and East Asia, and its dispersal routes into Japan. *Economic Botany*. v.59. p.18-28. 2005.

Westerkamp, C.; Gottsberger, G. Diversity pays in crop pollination. *Crop Science*. v.40. p.1209-1222. 2000.

Williams, I.H. Insect pollination and crop production: a European perspective. In: Kevan, P.G.; Imperatriz-Fonseca, V.L. (Eds.) *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. Brasília: MMA, 2006. p.65-71.

CAPÍTULO 2

BIOLOGIA FLORAL E REQUERIMENTOS DE POLINIZAÇÃO DE PIMENTA MALAGUETA (*Capsicum frutescens* L.) E SEUS POLINIZADORES POTENCIAIS EM CULTIVO ABERTO NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

Parte deste capítulo foi publicada na revista Acta Scientiarum – Biological Sciences, v.29, n.4, p. 375-379, 2007 (Em anexo)

BIOLOGIA FLORAL E REQUERIMENTOS DE POLINIZAÇÃO DE PIMENTA MALAGUETA (*Capsicum frutescens* L.) E SEUS POLINIZADORES POTENCIAIS EM CULTIVO ABERTO NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi estudar alguns aspectos da biologia floral da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) tais como, antese, deiscência das anteras, receptividade estigmática, padrão de crescimento dos tubos polínicos após a polinização das flores e os requerimentos de polinização da cultura. Os potenciais polinizadores de *C. frutescens* e a eficiência de *Apis mellifera* na polinização desta cultura também foram estudados, em São Miguel do Anta, Minas Gerais. Foram realizados cinco tratamentos de polinização no período de setembro a dezembro de 2006: polinização cruzada manual, polinização por abelhas, polinização aberta, polinização aberta emasculada e autopolinização espontânea. Os frutos de todos os tratamentos foram avaliados por meio das variáveis: vingamento inicial e persistência na planta, peso, diâmetro, comprimento e número de sementes. De acordo com os resultados, as flores de *C. frutescens* são perfeitas, protogínicas e recebem a visita de vários tipos de insetos, como formigas, moscas, besouros, vespas e, principalmente, abelhas. Esses insetos, com exceção das abelhas, não são considerados polinizadores da cultura, uma vez que raramente tocaram as estruturas reprodutivas da flor durante suas visitas. Quatro espécies de abelhas foram vistas coletando recursos florais: *Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Plebeia* sp. e *Augochlora* sp. Essas abelhas coletaram pólen e néctar nas flores, exceto *T. angustula* que coletou apenas néctar. Embora *T. angustula*, *Plebeia* sp. e *Augochlora* sp. tenham visitado as flores em condições ideais para a fecundação (estigma receptivo e anteras liberando pólen), o tamanho pequeno dessas abelhas e o comportamento das mesmas durante a visita às flores, quando comparados a *A. mellifera*, dificultaram o contato com o estigma. Foram comparados tratamentos de polinização por abelhas, polinização cruzada manual, polinização aberta e

autopolinização espontânea para avaliar o padrão de crescimento dos tubos polínicos, o qual mostrou-se semelhante em todos os tratamentos. Os tubos atingiram o ovário cerca de 24 horas após a polinização, sugerindo que a fertilização em *C. frutescens* ocorre um dia após a deposição dos grãos de pólen sobre o estigma. Com relação aos requerimentos de polinização e à eficiência polinizadora de *A. mellifera*, houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos de polinização no que se refere ao vingamento inicial e persistência dos frutos. *C. frutescens* é uma planta autógama facultativa, porém necessita de agentes bióticos para maximizar a produção. As abelhas melíferas foram polinizadores eficientes dessa cultura, contribuindo para aumentar em 20% o número de frutos produzidos. Por outro lado, essas abelhas não foram eficientes com relação ao aumento no peso, tamanho e número de sementes por fruto, uma vez que o tratamento de polinização por abelhas não diferiu significativamente da polinização natural que ocorre na cultura. *A. mellifera* pode ser considerada um polinizador potencial de *C. frutescens* que embora se reproduza principalmente por autopolinização espontânea, pode beneficiar-se da polinização cruzada realizada por essa abelha.

Palavras-chave: polinização, pimenta, abelhas, *Apis mellifera* L.

FLORAL BIOLOGY, POLLINATION REQUIREMENTS OF HOT PEPPER (*Capsicum frutescens* L.) AND POTENTIAL POLLINATORS IN OPEN AREA IN ZONA DA MATA OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

The present work aimed to study some aspects of floral biology of hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) such as, anthesis, anther dehiscence, pistil receptivity and pollen tube growth after pollination. Potential pollinators of *C. frutescens* were also identified, in São Miguel do Anta, Minas Gerais. Five pollination treatments were carried out in period from September to December of 2006: hand cross-pollination, pollination by bees, open pollination, emasculated open pollination, and spontaneous self-pollination. The fruit of all treatments were evaluated through the variables: fruit set and persistence on the plant, weight, diameter, length, and seed number. *C. frutescens* flowers are perfect, protogynous and visited by a range of insects, such as ants, flies, beetles, wasps and, mainly, bees. These insects, except bees, are not considered pollinators of this crop, because they rarely touch floral reproductive structures while visiting pepper flower. Four species of bees were observed collecting floral resources: *Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Plebeia* sp. and *Augochlora* sp. These species collected pollen and nectar, but *T. angustula* collected only nectar. Although *T. angustula*, *Plebeia* sp. and *Augochlora* sp. have been visiting flowers in ideal conditions for fertilization, its small size and behaviour on these flowers, in comparison with *A. mellifera*, limited contact with stigma. Treatments of pollination by bees, hand cross pollination, open pollination and spontaneous self pollination were performed to evaluate pollen tube growth pattern. This pattern did not differ among treatments. Pollen tubes were observed in the ovary within 24 hours after pollination, suggesting the occurrence of fertilization in *C. frutescens* flower one day after deposition of pollen on stigma. Regarding pollination requirements and pollination efficiency of *A. mellifera* on hot pepper, there were significant statistical differences ($P < 0.05$) between pollination treatments concerned to fruit set and fruit persistence. *C. frutescens* is an autogamous plant, however it needs biotic agents to

maximize pollination. Honey bees were efficient pollinators of *C. frutescens*, contributing to increase the number of fruits (20%). On the other hand, these bees were not efficient regarding weight increase, size and number of seeds per fruit, because the pollination by bees treatment did not differ significantly from the natural pollination of the crop. So, *A. mellifera* can be considered as a potential pollinator of *C. frutescens* flowers. Although autogamous, this crop can benefit from cross pollination by this bee.

Key-words: pollination, pepper, bees, *Apis mellifera* L.

1. INTRODUÇÃO

A polinização é um pré-requisito para a fecundação das plantas que se reproduzem sexuadamente e consiste na transferência de pólen das anteras de uma flor para o estigma da mesma flor ou de outra flor da mesma espécie (Free, 1993; Kevan, 1999; Westerkamp, 2004). Dentre outros fatores, o sucesso da polinização depende da transferência de grãos de pólen compatíveis para estigmas receptivos (Webb, 1986).

A maioria das plantas cultivadas depende da polinização para produzir frutos e sementes e, para muitas dessas culturas, os insetos são os principais vetores de pólen (Slaa *et al.*, 2006). As abelhas são consideradas os insetos polinizadores mais importantes das culturas agrícolas ao redor do mundo (Shipp *et al.*, 1994) e os mais efetivos, sendo responsáveis por 90% do sucesso reprodutivo das plantas com flores (Kerr *et al.*, 2005).

As abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.) são os insetos mais usados para a polinização de cultivos comerciais. Essa abelha possui uma grande habilidade para polinização, uma vez que visita grande quantidade de flores da mesma espécie, possui a biologia bem conhecida e pode ser manejada facilmente em colméias racionais. Abelhas dessa espécie movimentam-se rapidamente entre as plantas contribuindo assim para a ocorrência de polinização cruzada. Segundo Danka e Rinderer (1986), o padrão de vôo rápido e agitado das “africanizadas” pode tornar mais eficiente a dispersão de pólen.

A polinização cruzada pode aumentar a produtividade de algumas culturas consideradas autógamas (Free e Williams, 1977). Os requerimentos de polinização de algumas dessas culturas como, por exemplo, algodão (*Gossypium hirsutum*) e pimentão (*Capsicum annuum*) são conhecidos (Cruz *et al.*, 2005; Silva, 2007). Culturas agrícolas são definidas como autógamas quando suas flores se autopolinizam, de modo que a produção de frutos e sementes ocorre na ausência dos polinizadores. Porém, algumas culturas autógamas produzem mais sementes após a visita dos insetos às suas flores e, conseqüentemente, ocorre uma melhoria na qualidade dos frutos, uma vez que, muitas vezes o tamanho do fruto depende do número de

sementes produzido ou do tamanho das sementes (Free, 1993; Richards, 2001).

As espécies de *Capsicum* possuem flores perfeitas e reproduzem-se, preferencialmente, por autopolinização espontânea (Bosland, 1996). Entretanto, *Capsicum frutescens* apresenta baixa produção natural de frutos. Estudos têm mostrado que a polinização cruzada pode ocorrer em uma faixa de 2 a 90% e esse cruzamento está associado à presença de insetos polinizadores (Bosland e Votava, 1999; Nascimento *et al.*, 2006).

As flores de pimenta malagueta (*C. frutescens*) formam-se em número de uma a três por nó (Carvalho e Bianchetti, 2004) e produzem pólen e néctar. *Apis mellifera* L. e abelhas solitárias de várias espécies são visitantes comuns em flores de pimenta e são consideradas polinizadores potenciais dessa cultura (Bosland e Votava, 1999).

Alguns pesquisadores têm investigado a antese, a deiscência das anteras e o crescimento do tubo polínico em diferentes espécies de *Capsicum* como, por exemplo, *C. annum* e *C. eximium* (Onus, 2000; Aleemullah *et al.*, 2000; Ofosu-Anim *et al.*, 2006). Segundo Usman *et al.* (1999), o sucesso da polinização e da fertilização depende do reconhecimento dos grãos de pólen por receptores localizados no pistilo, permitindo que cada etapa da polinização ocorra normalmente. Essas etapas incluem a hidratação do pólen, germinação, crescimento dos tubos polínico no estilete, penetração destes nos óvulos e liberação dos núcleos espermáticos, resultando na fertilização. Quando não há sucesso na polinização, os tubos polínicos não se desenvolvem ou cessam o crescimento rapidamente.

Entretanto, ainda há pouca informação sobre polinização de pimenta, principalmente no Brasil. Com base nessas informações, o presente estudo teve como objetivos: 1) estudar alguns aspectos da biologia floral de *Capsicum frutescens*, tais como horário de antese, disponibilidade de pólen, receptividade estigmática e crescimento dos tubos polínicos após a polinização das flores; 2) identificar seus potenciais polinizadores em São Miguel do Anta, Minas Gerais; 3) avaliar os seus requerimentos de polinização, assim como a eficiência da abelha *Apis mellifera* na polinização de suas flores em área aberta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área Experimental

Esse estudo foi desenvolvido no período de outubro a dezembro de 2006, no município de São Miguel do Anta (20°42'01"S e 42°43'15"W), localizado na microrregião de Viçosa, região da Zona da Mata, Minas Gerais. O clima é do tipo Cwb, tropical de altitude, com verões chuvosos e invernos frios e secos, temperatura média anual oscilando de 20 a 22°C e precipitação média anual de 1.221,4 mm (Coelho *et al.*, 2005).

O local do experimento consistiu de uma plantação de pimenta malagueta em uma área de 1 ha. O plantio foi implementado no segundo semestre de 2005 e, em 2006, as plantas, distribuídas no espaçamento 2 x 1, passaram por um processo de poda. Durante a condução do experimento, não foi necessário realizar irrigação, em virtude de o período coincidir com a estação chuvosa na região.

2.2. Biologia Floral

2.2.1. Antese, deiscência das anteras e receptividade do estigma

Para estudar a antese e a deiscência das anteras, 50 botões florais (em 10 indivíduos) foram marcados com linha colorida e acompanhados durante o seu desenvolvimento. As observações foram feitas a cada hora, das 6:00 às 17:00 horas. A receptividade do estigma foi constatada através do gotejamento de uma solução de peróxido de hidrogênio (3%). Cinco flores de três plantas foram escolhidas, aleatoriamente, e testadas no campo a cada hora das 6:30 às 17:00 horas. A receptividade é proporcional ao número de bolhas de oxigênio que aparecem na superfície estigmática (Dafni, 1992), podendo ser observada em campo por meio de uma lupa de mão.

A produção de néctar foi observada em campo com glicofita, a cada hora. A presença de néctar nas flores, rico em glicose, induz a mudança de cor da glicofita, permitindo posterior comparação em tabela colorimétrica.

2.3. Crescimento dos tubos polínicos

Para observar o crescimento dos tubos polínicos, foram realizados quatro tratamentos de polinização: polinização por abelhas (*A. mellifera* L.), polinização cruzada manual, polinização aberta e autopolinização espontânea. Para o tratamento de polinização cruzada, após a antese, as flores foram isoladas previamente, desensacadas, polinizadas manualmente com pólen de flores de outra planta e reensacadas. A polinização por abelhas consistiu do mesmo procedimento descrito acima, diferindo apenas no fato que ao abrirem, as flores foram desensacadas e assim permaneceram até receberem uma única visita de *Apis mellifera*, quando, então, foram reensacadas. As flores dos tratamentos de polinização aberta foram apenas marcadas com linha colorida e deixadas expostas à visitação. As flores do tratamento de autopolinização espontânea foram apenas ensacadas.

Vinte flores, por tratamento, foram coletadas 12 e 24 horas após a polinização e fixadas em FAA 70. Posteriormente, as flores foram estocadas em etanol 70%. Seus pistilos foram isolados e cobertos por uma solução de NaOH (9N) e mantidos em estufa (60°) por 15 minutos. Em seguida, foram lavados com água destilada e corados com azul de anilina (1%). O material foi observado em microscópio de epifluorescência Olympus BX60, utilizando-se o filtro WV (Martin, 1959).

2.4. Potenciais polinizadores

Os visitantes florais foram observados por meio de caminhadas em zig-zag no plantio de pimenta, em intervalos de uma hora, das 6:00 às 15:00 horas. Foram realizadas observações diárias durante quinze dias consecutivos. Nesse período, verificou-se o comportamento dos insetos, principalmente das abelhas na flor, assim como o recurso floral coletado por eles.

As abelhas foram montadas, identificadas e depositadas na Coleção Entomológica Prof. Johann Becker do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Feira de Santana (MZUEFS), Bahia.

2.5. Requerimentos de polinização da pimenta malagueta e eficiência de polinização de *Apis mellifera*

A abelha *A. mellifera* foi escolhida para esse estudo em função da sua abundância nas flores de pimenta e horário de forrageamento, o qual coincidiu com o início da antese e deiscência das anteras da maioria das flores. Além disso, um apiário com cerca de quarenta colméias dessa espécie estava localizado há, aproximadamente, 200 m do cultivo de pimenta.

Foram realizados cinco tratamentos de polinização durante o período de florescimento da cultura. 55 botões florais foram marcados aleatoriamente, por tratamento, com linha colorida. Os procedimentos adotados em cada tratamento foram os seguintes:

- Polinização por *Apis mellifera*: os botões florais, em pré-antese, foram ensacados com sacos de organza. Durante a antese, as flores foram desensacadas e assim permaneceram até receberem uma única visita de *A. mellifera*, quando então foram reensacadas. Caso recebessem a visita de qualquer outro inseto, essas flores eram descartadas;
- Polinização aberta: as flores foram marcadas com linha colorida e deixadas expostas à visitação.
- Polinização cruzada manual: esse tratamento consistiu do mesmo procedimento descrito no tratamento de polinização por *Apis mellifera*, diferindo apenas no fato que ao abrirem, as flores foram desensacadas e polinizadas manualmente com pólen de flores de outra planta e reensacadas;
- Polinização aberta com flores emasculadas: As flores foram emasculadas e deixadas expostas à visitação.

- Autopolinização espontânea: as flores foram ensacadas e acompanhadas até a sua queda ou frutificação.

Os frutos colhidos de todos os tratamentos descritos acima foram avaliados por meio de cinco variáveis:

a) Vingamento inicial e persistência dos frutos: foram feitas observações aos 7, 15 e 30 dias após a polinização, assim como no momento da colheita;

b) Peso dos frutos: quando estavam maduros, com coloração vermelha, os frutos foram colhidos e pesados, individualmente, em balança de precisão;

c) Diâmetro e comprimento dos frutos: após a pesagem, foi utilizado um paquímetro para medir o tamanho dos frutos;

d) Número de sementes por fruto: foram contadas todas as sementes de todos os frutos, em todos os tratamentos.

2.3. Análise estatística

Os dados referentes ao vingamento inicial e persistência dos frutos foram analisados segundo um modelo linear generalizado binomial com função de ligação logit. O teste de significância para o efeito de tratamentos e comparações destes foi o Qui-quadrado a 5% de probabilidade (Ayres *et al.*, 2005).

Os dados relacionados à produção de frutos em função do tipo de polinização foram analisados por meio de análise de variância com médias comparadas por meio do teste de Student-Newman-Keuls (Ayres *et al.*, 2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Biologia floral

As flores de *C. frutescens* são perfeitas, pentâmeras, contendo um único estigma e cinco estames, os quais alternam a posição com relação aos lobos da corola (Figura 1A). Apresentam-se em número de uma a três por nó. A corola é branco-esverdeada e as anteras liberam o pólen por meio de uma fenda longitudinal. O néctar é produzido na base da corola, nos nectários florais (Figura 1B).

A antese ocorreu, principalmente, no período da manhã, tendo início às 6:00 horas. Algumas flores abriram apenas no período da tarde e duraram de dois a três dias, porém, no terceiro dia após a antese, as flores fecundadas perderam a corola. A deiscência das anteras ocorreu, aproximadamente, uma hora após a antese. Entretanto, nas flores que abriram à tarde, após às 16:00 horas, a deiscência das anteras só ocorreu na manhã do dia seguinte. A receptividade máxima foi observada no dia da antese, diminuindo drasticamente no dia seguinte. Também observou-se a ocorrência de protoginia, ou seja, o estigma encontra-se receptivo antes da deiscência das anteras, apresentando um aspecto viscoso. Essa separação temporal existente na maturação do estigma e das anteras (dicogamia) pode contribuir para aumentar a ocorrência de polinização cruzada (Proctor *et al*, 1996). O fenômeno da dicogamia é relativamente comum em culturas agrícolas, sendo relatado por Free (1993) em flores de *C. annuum* e por Malagodi-Braga (2002) em flores de morango (*Fragaria x anannassa*).

Esses resultados são semelhantes aos de Aleemullah *et al.* (2000) que também estudaram a antese em flores de *C. annuum*. Porém, no estudo realizado por eles, a deiscência das anteras no dia posterior à antese ocorreu em flores que abriram após às 17:00 h. Segundo esses autores, essa diferença temporal na deiscência das anteras sugere que esse evento seja parcialmente controlado por ritmos endógenos da flor. Também observaram que o período de receptividade do estigma variou de 5 dias antes da antese até 3 dias depois, com um pico ocorrendo no dia da antese.

No presente estudo, porém, a receptividade do estigma não foi estudada antes da antese.

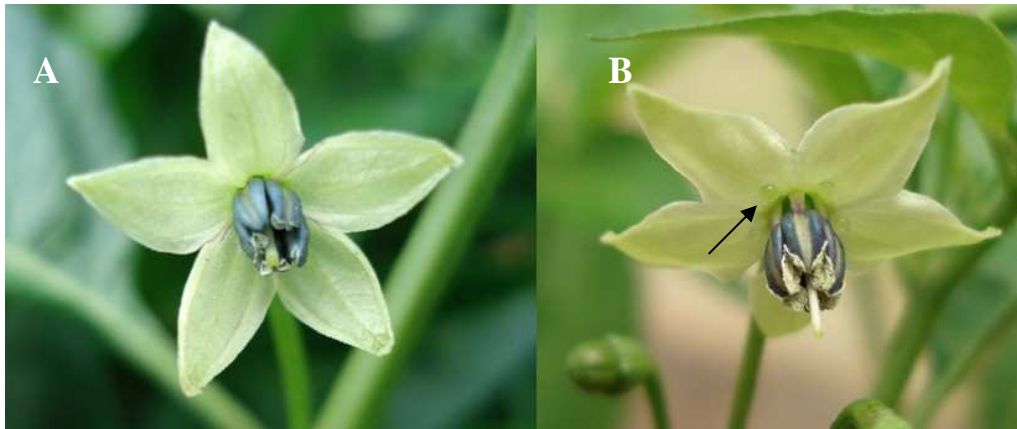


Figura 1. Flores de *Capsicum frutescens*: A – com anteras deiscuentes (início da deiscência); B – Com grãos de pólen liberados. A seta indica o local onde se acumula o néctar.

As anteras das flores de *C. frutescens* são rimosas, embora iniciem a liberação de pólen através de uma abertura apical (Figura 1A). Silva *et al.* (2005) observaram uma liberação progressiva de pólen em flores de *C. annuum*, no período da manhã, atingindo um pico de liberação às 11:00 horas, sob condições de cultivo protegido, no nordeste brasileiro.

3.2. Crescimento dos tubos polínicos

Com relação aos tubos polínicos, observou-se um crescimento semelhante em todos os tratamentos, ou seja, 12 horas após a polinização, os tubos já haviam percorrido cerca de 1/3 do comprimento do estilete. Cerca de 24 horas após a polinização, os tubos já haviam chegado ao ovário e alcançado os óvulos (Figura 2). Esses resultados sugerem que a fertilização em *C. frutescens* ocorre, aproximadamente, um dia após a polinização. Peter e McCollum (1984) obtiveram resultados semelhantes estudando o crescimento do tubo polínico ao realizarem cruzamentos entre *C. annuum* e *C. frutescens*. Esses autores constataram que 6 horas após a polinização os tubos já haviam ultrapassado metade do estilete e 24 horas após a polinização, entraram em contato com os óvulos.

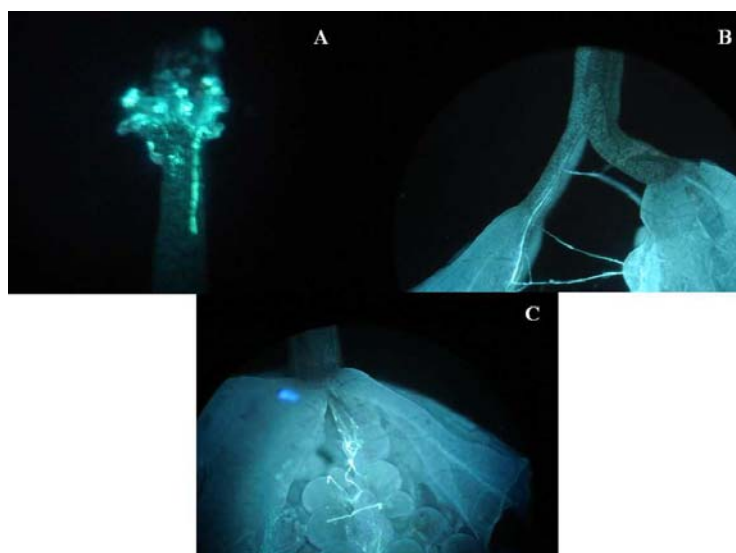


Figura 2. Crescimento de tubos polínicos: A - 12 horas após a polinização por *Apis mellifera*; B – Tubos polínicos no ovário, 24 horas após a polinização. C – Tubos polínicos em contato com a micrópila dos óvulos.

Ofosu-Anim *et al.* (2006) também observaram o crescimento do tubo polínico em flores de *C. annuum*, em experimentos realizados em Ghana. Porém, diferente dos resultados do presente estudo, os tubos somente alcançaram o ovário 36 horas após a polinização e a presença dos tubos nos óvulos foi constatada apenas 48 horas após a polinização. Por outro lado, Usman *et al.* (1999), estudando a polinização e fertilização de *C. annuum* var. Kulai, constataram que os tubos polínicos alcançaram o ovário durante a antese. Segundo esses autores, a observação do crescimento dos tubos na pré-antese é um indício de que a polinização ocorreu antes da abertura completa da flor.

3.3. Potenciais polinizadores de pimenta malagueta

Vários tipos de insetos visitaram as flores de pimenta malagueta, tais como formigas, moscas, besouros, vespas e, principalmente, abelhas. Esses insetos, com exceção das abelhas, coletaram apenas néctar nas flores e permaneceram praticamente imóveis durante a coleta, em posição perpendicular ao pistilo. Esse comportamento não é típico de um polinizador

legítimo, uma vez que as estruturas reprodutivas da flor não foram contactadas.

As flores de *C. frutescens* receberam visitas de abelhas durante todo o dia. Quatro espécies foram vistas coletando recursos florais: *Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Plebeia* sp. e *Augochlora* sp., sendo as três primeiras pertencentes à família Apidae (Figura 3) e a última, à família Halictidae. *A. mellifera* iniciou o forrageamento nas flores logo após a antese e deiscência das anteras, entre 6:00 – 7:00 horas. As demais espécies começaram a forragear mais tarde, por volta de 9:00 horas (Figura 4).

No Brasil, Raw (2000) realizou experimentos em Brasília, Distrito Federal, e em Patos de Minas, Minas Gerais, e registrou a presença de abelhas pertencentes a quatro gêneros, nas flores de pimenta: *Dialictus*, *Augochlora*, *Augochloropsis* e *Exomalopsis*. Diferente dos resultados do presente estudo, abelhas da espécie *A. mellifera* não foram vistas visitando as flores da cultura.

Com relação aos recursos florais coletados, *A. mellifera*, *Augochlora* sp. e *Plebeia* sp. coletaram tanto pólen quanto néctar. *A. mellifera* tocou tanto as anteras quanto o estigma da flor com a região ventral do seu corpo, raspando o pólen disponível nas anteras. *Plebeia* sp. e *Augochlora* sp. apenas tocaram o estigma, ocasionalmente, durante a coleta de pólen. Por outro lado, *T. angustula* coletou apenas néctar (Tabela 1). De modo geral, as visitas realizadas a partir de 12:00 horas foram, principalmente, para coleta de néctar, o qual é produzido em grande quantidade nas horas mais quentes do dia (Rabinowitch *et al.*, 1993).



Figura 3 – Coleta de recursos nas flores de *Capsicum frutescens*: A – *Apis mellifera*; B – *Tetragonisca angustula*; C – *Plebeia* sp.; D – *Augochlora* sp.

Na Jamaica, embora uma colônia de *A. mellifera* estivesse localizada há 200 m de um cultivo de *C. frutescens*, nenhuma abelha dessa espécie visitou as flores dessa cultura (Free, 1993). Embora McGregor (1976) tenha afirmado que pimentas sejam pouco atrativas para as abelhas melíferas, outros pesquisadores (Rabinowitch *et al.*, 1993; Bosland e Votava, 1999) sugerem que as abelhas melíferas contribuem para a polinização cruzada nessas culturas, sendo atraídas para coletar pólen e néctar em suas flores. No Novo México, por exemplo, as abelhas mais abundantes nas flores de pimenta foram: *A. mellifera*, *Bombus* spp., *Halictus* spp. e *Megachile* spp. (Free, 1993).

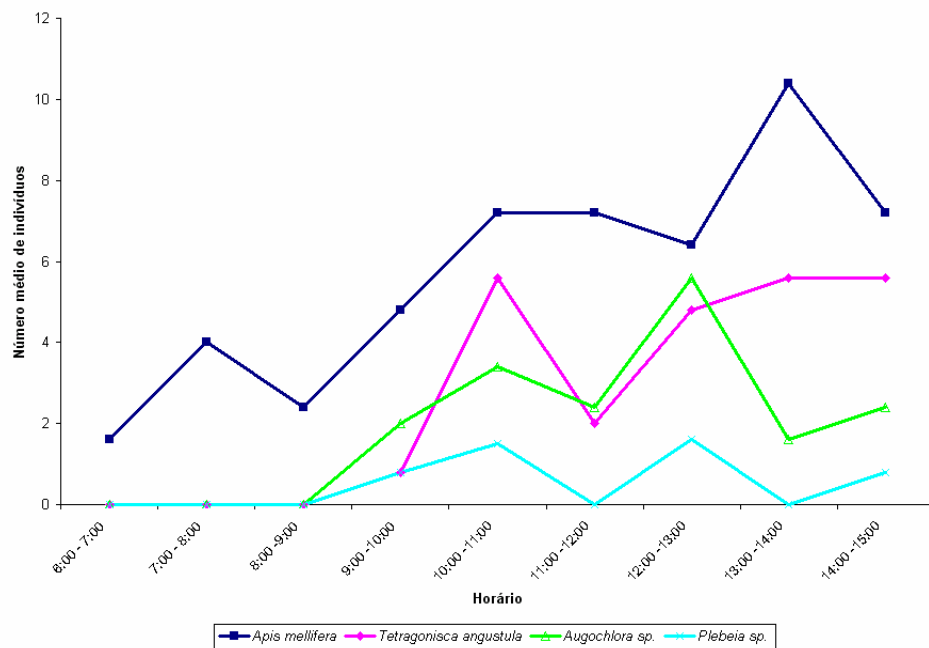


Figura 4. Horários de visitação de quatro espécies de abelhas nas flores de pimenteira (*Capsicum frutescens*) ao longo de um dia, em São Miguel do Anta, Minas Gerais.

Tabela 1 – Abelhas observadas em flores de *Capsicum frutescens* e seus horários de visita, recursos procurados e parte da flor que contataram.

Visitante floral	Horário de visita	Recurso procurado		Parte da flor contatada pelo visitante	
		Pólen	Néctar	Estigma	Anteras
<i>Apis mellifera</i>	6:00 - 15:00	+	+	+	+
<i>Tetragonisca angustula</i>	9:00 - 15:00	-	+	±	±
<i>Plebeia</i> sp.	9:00 - 15:00	+	+	±	+
<i>Augochlora</i> sp.	9:00 - 15:00	+	+	±	±

+ : Sim, - : Não, ± : Ocasionalmente

Segundo Teixeira e Campos (2005), a atividade de vôo das operárias de Meliponini pode ser influenciada pelas condições climáticas, assim como pelo tamanho da população e a necessidade de recursos da colônia. De acordo com esses autores, a capacidade de controlar a temperatura do ninho afeta o horário de início de atividade de forrageamento, assim como o tamanho corporal das diferentes espécies de abelhas. É provável que esses fatores tenham contribuído para que *T. angustula*, *Augochlora* sp. e *Plebeia* sp. tenham iniciado o forrageamento nas flores de *C. frutescens* mais tarde, em relação à *A. mellifera*.

Embora *T. angustula*, *Augochlora* sp. e *Plebeia* sp. tenham visitado as flores em condições ideais para efetuarem a polinização (estigma receptivo e anteras com pólen disponível), o pequeno tamanho dessas abelhas e seus comportamentos de visita às flores, quando comparados a *A. mellifera*, fazem com que elas raramente toquem o estigma e as anteras.

O forrageamento das abelhas melíferas, assim como o seu comportamento na flor, maior tamanho corporal e maior pilosidade, permitindo a aderência e o transporte de maior quantidade de grãos de pólen, sugerem que essa espécie é um polinizador potencial de *C. frutescens*, na área estudada. As abelhas menores, que ocasionalmente tocam o estigma da flor, também podem contribuir para a ocorrência de cruzamentos, porém em menor proporção.

3.3. Requerimentos de polinização da pimenta malagueta e eficiência de polinização de *Apis mellifera*

3.3.1. Vingamento inicial e persistência dos frutos em função do tipo de polinização

Quanto ao percentual de vingamento inicial e persistência dos frutos, houve diferenças significativas entre os tratamentos de polinização, aos 7 dias ($X^2 = 17,56$, gl = 4, $P < 0,05$), 15 dias ($X^2 = 25,90$, gl = 4, $P < 0,05$), 30 dias ($X^2 = 32,41$, gl = 4, $P < 0,05$) e no momento da colheita ($X^2 = 22,54$, gl = 4, $P < 0,05$) (Tabela 2).

De acordo com os resultados, a pimenteira pode produzir frutos sob qualquer um dos tipos de polinização testados, de modo que suas flores são capazes de se autopolinizar, independentemente de agentes externos. Isso pôde ser observado no tratamento de autopolinização espontânea, onde as flores mantidas isoladas por sacos de organza conseguiram produzir frutos.

O tratamento de polinização aberta emasculada evidenciou o papel dos polinizadores no vingamento e produção final de frutos. Porém, o fato de ter ocorrido uma menor produção pode ser devido à manipulação das flores, assim como à ausência dos estames, uma vez que, certamente, a planta possui mecanismos que asseguram uma deposição mínima de grãos de pólen suficiente para a fertilização dos óvulos e vingamento dos frutos (Silva, 2004).

Tabela 2. Vingamento inicial e persistência de frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) submetida à polinização cruzada, polinização por *Apis mellifera*, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta com flores emasculadas.

Tratamentos	Nº de flores polinizadas	Vingamento		Persistência (15 dias)		Persistência (30 dias)		Nº de frutos colhidos	% (frutos colhidos)
		inicial (7 dias)	% (7 dias)	(15 dias)	% (15 dias)	(30 dias)	% (30 dias)		
1. Polinização por <i>Apis mellifera</i>	52	46	88,5 a	44	84,6 a	41	78,8a	31	59,6a
2. Polinização aberta	61	50	82,0 ab	45	73,8 a	38	62,3ab	28	45,9ab
3. Polinização cruzada	58	47	81,0 ab	42	72,4 a	40	69,0a	32	55,2ab
4. Polinização aberta com flores emasculadas	50	35	70,0 bc	23	46,0 b	15	30,0c	10	20,0c
5. Autopolinização espontânea	56	32	57,1 c	28	50,0 b	28	50,0b	22	39,3b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem pelo teste de Qui-quadrado a $P < 0,05$

Os dados obtidos neste estudo indicam que as abelhas melíferas mostraram-se polinizadores eficientes de *C. frutescens*, contribuindo para aumentar em 20% a quantidade de frutos produzidos. É provável que *A. mellifera* deposite um grande número de grãos de pólen viáveis sobre os estigmas das flores de pimenta, já que visita a cultura durante todo o dia para coletar pólen e néctar (produzido em grande quantidade nas horas mais quentes do dia).

Observou-se que *A. mellifera* visitou várias plantas em uma mesma viagem de forrageamento contribuindo, assim, para a polinização cruzada. Embora essa espécie de abelha também tenha visitado várias flores por planta, podendo contribuir para a ocorrência de geitonogamia, Degrandi *et al.* (1984) citados por Holanda-Neto (1999), mostraram que as abelhas melíferas adquirem em seus corpos pólen de plantas que não visitaram (“pólen cruzado”) ao retornarem à colméia e roçarem contra o corpo das companheiras que estiveram visitando aquelas plantas, adquirindo assim em seus corpos uma diversidade bem maior de grãos de pólen do que poderia ser esperado somente por suas visitas às flores.

O comportamento de visita de *A. mellifera* nas flores de pimenta malagueta também contribuiu para a polinização, uma vez que, ao pousar na flor, a abelha tocou tanto o androceu quanto o gineceu com a parte ventral do seu corpo, raspando as anteras para obtenção do pólen disponível. A habilidade polinizadora dessas abelhas também é justificada por fatores como a presença de estruturas para coletar, armazenar e transportar grãos de pólen (pêlos ramificados e corbículas); a necessidade de coletar grandes quantidades de pólen para o sustento de crias das colônias e fidelidade às espécies vegetais que visita (Free, 1993; Alves, 2000).

Outras espécies de abelhas, como por exemplo, *Tetragonisca angustula* e *Plebeia* sp. foram observadas coletando néctar nas flores de *C. frutescens*. Porém, dificilmente tocaram suas estruturas reprodutivas, não sendo consideradas polinizadores efetivos da cultura.

Porporato *et al.* (1995), comparando as abelhas *Apis mellifera* e *Bombus terrestris* na polinização de *Capsicum annum*, em casa de vegetação, também verificaram aumento significativo na produção de frutos das plantas visitadas por essas abelhas, em relação às não visitadas.

Por outro lado, alguns autores (Cruz *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2005) utilizando a abelha sem ferrão *Melipona subnitida* para polinização de *Capsicum annuum*, em ambiente protegido, não encontraram diferenças significativas no percentual de vingamento dos frutos para os tratamentos de polinização cruzada manual, polinização por abelhas, autopolinização manual e autopolinização espontânea. Nesses casos, a visita das abelhas não melhorou o vingamento inicial dos frutos.

3.3.2. Peso médio dos frutos

O peso médio dos frutos oriundos do tratamento de polinização aberta emasculada foi menor e significativamente diferente ($P < 0,05$) dos demais tratamentos, os quais não apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 3). Isso pode ser devido à menor quantidade de grãos de pólen depositada sobre o estigma das flores emasculadas. Assim, menor quantidade de óvulos seria fecundada, influenciando negativamente o número de sementes produzidas e, conseqüentemente, o peso dos frutos.

TABELA 3. Peso médio dos frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização por *Apis mellifera*, polinização cruzada manual, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta com flores emasculadas.

Tratamentos	Número de frutos	Peso médio do fruto (g)
Polinização por <i>Apis mellifera</i>	31	0,40 ± 0,18 a
Polinização aberta	28	0,39 ± 0,15 a
Polinização cruzada	32	0,39 ± 0,16 a
Autopolinização espontânea	22	0,36 ± 0,17 a
Polinização aberta com flores emasculadas	10	0,26 ± 0,13 b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $P < 0,05$, pelo teste de Student-Newman-Keuls.

De acordo com esses resultados, embora as abelhas melíferas tenham sido polinizadores eficientes de *C. frutescens* no que se refere ao

vingamento inicial e persistência dos frutos, estas não contribuíram para o aumento do peso dos frutos, uma vez que o tratamento de polinização por abelhas não diferiu significativamente do tratamento de autopolinização espontânea.

Diferente dos nossos resultados, experimentos realizados por Dag e Kammer (2001) mostraram que as abelhas *Apis mellifera* e *Bombus terrestris* foram polinizadores eficientes de *C. annuum*, contribuindo para a produção de frutos mais pesados quando comparados aos frutos oriundos do tratamento de polinização sem abelhas. Jarlan *et al.* (1997) utilizaram moscas da espécie *Eristalis tenax* L. para polinização de *C. annuum*, em ambiente protegido, e obtiveram frutos mais pesados, oriundos de flores visitadas por esses insetos. Estes autores observaram uma correlação positiva entre a duração das visitas de *E. tenax* nas flores e o peso dos frutos.

Segundo Serrano e Guerra-Sanz (2006), a polinização realizada por abelhas melhorou a qualidade dos frutos de pimentão quando comparado à autopolinização espontânea. Esses autores afirmaram que um maior número de visitas às flores resultou em frutos de qualidade superior. No nosso trabalho, talvez, um maior número de visitas de *A. mellifera* às flores de *C. frutescens* fosse necessário para aumentar o peso dos frutos, uma vez que, neste experimento, cada flor de pimenta recebeu uma única visita dessa abelha.

Na Venezuela, experimentos realizados por Manrique e Thimann (2002) mostraram que a polinização com abelhas africanizadas promoveu um aumento no peso e na qualidade dos grãos de *Coffea arabica* L., melhorando assim a produtividade. Vithanage (1990) citado por Malerbo-Souza *et al.* (2000), constatou que a presença de três colméias de *A. mellifera* por hectare aumentou significativamente o peso médio dos frutos de abacateiro (*Persea americana* Mill.) em sua área experimental.

Da mesma forma, Sousa (2003), estudando os requerimentos de polinização da cultura do melão (*Cucumis melo* L.) e a eficiência de polinização de *A. mellifera*, constatou que os frutos oriundos do tratamento de polinização cruzada manual foram mais pesados e não diferiram

significativamente dos frutos oriundos do tratamento de polinização aberta com introdução de colméias de abelhas melíferas.

Resultados obtidos por Alves (2000), em experimento realizado em campo aberto, na região Nordeste, mostraram que o tipo de polinização não apresentou efeito sobre o peso médio dos frutos de goiabeira (*Psidium guajava* L.), enquanto teve um efeito considerável sobre o número de frutos produzidos.

Chang *et al.* (2001) verificaram que a polinização realizada pelas abelhas *A. mellifera* e *A. cerana* contribuiu para aumentar significativamente o peso dos frutos de morangueiro (*Fragaria x ananassa*), sendo consideradas polinizadores eficientes dessa cultura.

3.3.3. Tamanho médio dos frutos

3.3.3.1. Diâmetro médio dos frutos

O resultado da análise de variância do diâmetro médio dos frutos mostrou diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$), de modo que os frutos oriundos de polinização aberta e polinização cruzada manual foram mais largos do que aqueles oriundos do tratamento de autopolinização espontânea, apesar de não diferirem estatisticamente dos tratamentos de polinização por *Apis mellifera* e polinização aberta emasculada (Tabela 4).

Os dados obtidos são semelhantes aos encontrados em estudos realizados por Shipp *et al.* (1994), os quais constataram um aumento na proporção de frutos de *C. annuum* largos e extra-largos, cujas flores receberam visitas das abelhas *A. mellifera*, *Osmia cornifrons* e *Megachile rotundata*. Por outro lado, Roselino (2005) não observou diferenças significativas no diâmetro dos frutos de *C. annuum* oriundos dos tratamentos de polinização aberta e autopolinização espontânea, em experimentos realizados em Ribeirão Preto, São Paulo.

TABELA 4. Diâmetro médio dos frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização por *Apis mellifera*, polinização cruzada manual, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta com flores emasculadas.

Tratamentos	Número de frutos	Diâmetro médio do fruto (cm)
Polinização aberta	28	0,67 ± 0,09 a
Polinização cruzada	32	0,64 ± 0,12 a
Polinização por <i>Apis mellifera</i>	31	0,60 ± 0,14 ab
Polinização aberta com flores emasculadas	10	0,59 ± 0,07 ab
Autopolinização espontânea	22	0,54 ± 0,08 b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $P < 0,05$, pelo teste de Student-Newman-Keuls.

Abak *et al.* (1997) avaliaram o efeito da polinização realizada por *Bombus terrestris* na qualidade dos frutos de pimenta. De acordo com os resultados obtidos por esses autores, a polinização realizada por essas abelhas foi eficiente, uma vez que aumentou o diâmetro dos frutos em 10%, a espessura em 8% e o volume total em 16%, quando comparado ao tratamento controle.

Em experimento semelhante, Faria-Júnior *et al.* (2008), avaliaram o papel da abelha *A. mellifera* na qualidade dos frutos de *C. annuum* produzidos em cultivo tradicional. Esses autores verificaram que os frutos oriundos de plantas livremente visitadas por insetos e plantas isoladas com uma colméia dessa espécie de abelha tinham maior massa e maior diâmetro do que os frutos oriundos de plantas isoladas em gaiolas sem abelhas.

A eficiência de polinização de *A. mellifera* também foi estudada por Gingras *et al.* (1997) na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.). Esses autores observaram que o diâmetro máximo dos frutos oriundos do tratamento de polinização aberta com abelhas melíferas foi maior do que no tratamento controle. Além disso, o número de frutos produzidos foi três vezes maior em plantas polinizadas por *A. mellifera*, embora o comprimento não tenha sido influenciado pelo tipo de polinização.

3.3.3.2. Comprimento médio dos frutos

O comprimento médio dos frutos diferiu significativamente entre os tratamentos ($P < 0,05$), de modo que os frutos oriundos do tratamento de polinização aberta emasculada apresentaram o menor comprimento, quando comparados aos demais tratamentos de polinização (Tabela 5). Da mesma forma que o observado para a variável peso dos frutos, a polinização realizada por *A. mellifera* não foi eficiente no que se refere ao comprimento destes, uma vez que esse tratamento não diferiu, significativamente, do tratamento de autopolinização espontânea.

TABELA 5. Comprimento médio dos frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização por *Apis mellifera*, polinização cruzada manual, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta com flores emasculadas.

Tratamentos	Número de frutos	Comprimento médio do fruto (cm)
Polinização por <i>Apis mellifera</i>	31	2,51 ± 0,43 a
Polinização aberta	28	2,50 ± 0,41 a
Polinização cruzada	32	2,50 ± 0,36 a
Autopolinização espontânea	22	2,30 ± 0,49 a
Polinização aberta com flores emasculadas	10	2,01 ± 0,51 b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $P < 0,05$, pelo teste de Student-Newman-Keuls.

Nos experimentos realizados por Faria-Júnior *et al.* (2008) não foram observadas diferenças significativas no comprimento dos frutos de *C. annuum*, em função dos diferentes tratamentos de polinização, dentre eles, polinização por *A. mellifera*.

Malerbo-Souza *et al.* (2001), estudando os requerimentos de polinização da cultura do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*), verificaram que os frutos oriundos de flores desprotegidas e que receberam a visita de diferentes espécies de insetos, dentre eles *A. mellifera*, foram 28,3% mais longos, quando comparados àqueles oriundos de flores protegidas.

3.3.4. Número médio de sementes por fruto

Os tratamentos de polinização por abelhas e polinização cruzada manual apresentaram um maior número de sementes por fruto, quando comparados ao tratamento de polinização aberta emasculada, embora não tenham sido diferentes significativamente ($P > 0,05$), dos tratamentos de polinização aberta e autopolinização espontânea. Os frutos do tratamento de polinização aberta emasculada apresentaram o menor número de sementes, quando comparados aos demais tratamentos (Tabela 6). Isso talvez explique o fato de os frutos oriundos deste tratamento também serem mais leves do que os demais, como visto no item 3.3.2.

Segundo Serrano e Guerra-Sanz (2006) tem sido demonstrado que o peso, o tamanho do fruto e o número de sementes de *Capsicum* estão diretamente relacionados às cargas de pólen sobre os estigmas, em várias espécies. Ainda segundo esses autores, mais visitas do polinizador resultam em melhor qualidade do fruto.

TABELA 6. Número médio de sementes por fruto de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização por *Apis mellifera*, polinização cruzada manual, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta com flores emasculadas.

Tratamentos	Número de frutos	Nº médio de sementes por fruto
Polinização por <i>Apis mellifera</i>	31	13,97 ± 6,27 a
Polinização cruzada	32	13,63 ± 7,72 a
Autopolinização espontânea	22	11,68 ± 6,76 ab
Polinização aberta	28	11,21 ± 6,51 ab
Polinização aberta com flores emasculadas	10	6,70 ± 7,53 b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $P < 0,05$, pelo teste de Student-Newman-Keuls.

De acordo com Kwon e Saeed (2003), a variabilidade na quantidade de sementes por fruto de pimenta pode estar relacionada a uma grande variabilidade na quantidade de grãos de pólen alcançando o estigma. Em muitas espécies vegetais, incluindo a pimenta, o tamanho do fruto e a

produtividade têm estado positivamente correlacionados com o número de sementes.

A polinização realizada pelas abelhas *A. mellifera* influenciou quantitativamente e qualitativamente a produção de laranjas (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio), em experimentos realizados por Malerbo-Souza *et al.* (2003). Esses autores constataram que os frutos cujas flores foram visitadas adequadamente pelas abelhas foram mais pesados, menos ácidos e com maior número de sementes por gomo.

Sousa (2003) observou que a polinização de melão (*C. melo*) realizada por *A. mellifera* e por meio de polinização cruzada manual produziram o maior número de sementes por fruto, em virtude da deposição da maior quantidade de grãos de pólen sobre o estigma da flor, quando comparado aos frutos oriundos de áreas sem a presença de colméias de abelhas melíferas.

Segundo Alves e Freitas (2007), do ponto de vista ecológico, um maior número de sementes por fruto é um indicador do sucesso reprodutivo da planta, pois quanto maior esse número, maiores serão as chances de perpetuação dos seus genes ao longo das gerações.

4. CONCLUSÕES

A flor de *C. frutescens* é protogínica parcial e deve ser polinizada, preferencialmente, no dia da antese, quando a receptividade do estigma é máxima;

Os tubos polínicos chegam ao ovário e alcançam os óvulos cerca de 24 horas após a polinização, sugerindo que a fertilização em *C. frutescens* ocorre, aproximadamente, um dia após a deposição dos grãos de pólen sobre o estigma;

As abelhas, especialmente aquelas pertencentes à família Apidae, são os principais visitantes das flores de *C. frutescens*, em São Miguel do Anta, Minas Gerais, sendo a espécie *Apis mellifera* o visitante floral com maior potencial para atuar como polinizador nessa cultura.

A pimenta malagueta é uma cultura autógama facultativa e não necessita da presença de agentes polinizadores externos para produzir frutos. No entanto, a polinização realizada por *A. mellifera* contribuiu para incrementar a produtividade da cultura em 20% no que diz respeito à quantidade de frutos produzidos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abak, K. *et al.* Pollen production and quality of pepper grown in unheated greenhouses during winter and the effects of bumblebees (*Bombus terrestris*) pollination on fruit yield and quality. *Acta Hort.* v. 437. p. 303-307. 1997.

Aleemullah, M.; Haigh, A.M.; Holford, P. Anthesis, anther dehiscence, pistil receptivity and fruit development in the Longum group of *Capsicum annum*. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 40. p. 755 – 762, 2000.

Alves, J.E. *Eficiência de cinco espécies de abelhas na polinização da goiabeira (Psidium guajava L.)*. 2000. 82p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2000.

Alves, J.E.; Freitas, B.M. Requerimentos de polinização da goiabeira. *Ciência Rural*. v.37. p.1281-1286. 2007.

Ayres, M.; Ayres Jr, M.; Ayres, D.L.; Dos Santos, A.S. *BioEstat 4.0v. Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas*. Sociedade Civil Mamirauá/MCT/CNPq/Conservation International. 2005. 323p.

Bosland, P.W. *Capsicums: Innovative uses of na ancient crop*. In: Janick, J. (Ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press. Arlington, V.A. 1996. p.479-487.

- Bosland, P.W.; Votava, E. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. CABI Publishing. 1999. 204p.
- Carvalho, S.I.C.; Bianchetti, L.B. Sistema de produção de pimentas – Botânica. 2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 11/02/06.
- Chang, Y.; Lee, M.; Mah, Y. Pollination on strawberry in the vinyl house by *Apis mellifera* L., and *A. cerana* Fab. *Acta Hort.* v.561. p. 257 – 261. 2001.
- Coelho, D.J.S. *et al.* Levantamento da cobertura florestal natural da microrregião de Viçosa, MG, utilizando-se imagens de Landsat 5. *Revista Árvore.* v.29. p. 17-24. 2005.
- Cruz, D.O.; Freitas, B.M.; Silva, L.A.; Silva, E.M.S.; Bomfim, I.G.A. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* v.40. p.1197-1201. 2005.
- Dafni, A. *Pollination ecology: a practical approach*. Oxford University Press. 1992. 250p.
- Dag, A.; Kammer, Y. Comparison between the effectiveness of honey bee (*Apis mellifera*) and Bumble bee (*Bombus terrestris*) as pollinators of greenhouse sweet pepper (*Capsicum annuum*). *American Bee Journal.* p. 447-448, 2001.
- Danka, R.G.; Rinderer, T.E. Africanized bees and pollination. *American Bee Journal.* v.126. p. 680-682. 1986.
- Faria-Junior, L.R.R.; Bendini, J.N.; Barreto, L.M.R.C. Eficiência polinizadora de *Apis mellifera* L. e polinização entomófila em pimentão variedade Cascadura Ikeda. *Bragantia.* v.67. p. 261-266. 2008.

- Free, J.B. *Insect pollination of crops*. 2. ed. London: Academic, 1993. 684p.
- Free, J.B.; Williams, I.H. *The pollination of crops by bees*. Apimondia Publishing House. Bucharest, Hungary. 14p. 1977.
- Gingras, D.; Gingras, J.; Oliveira, D. Honey bees and the production of cucumbers in Quebec (Canada). *Acta Hort.* v.437. p. 395-399. 1997.
- Holanda - Neto, J.P. *O papel do comportamento de pastejo da abelha melífera (Apis mellifera L.) e o tipo de polinização na produtividade do cajueiro (Anacardium occidentale L.)*. 1999. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.
- Jarlan, A.; De Oliveira, D.; Gingras, J. Pollination of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse by the syrphid fly *Eristalis tenax* L. Proceedings of the International Symposium on Pollination. *Acta Hort.* v. 437. p. 425-429. 1997.
- Kerr, W.E.; Carvalho, G.A.; Silva, A.C.; Assis, M.G.P. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. *Mensagem Doce*. 80. p.46-60. 2005.
- Kevan, P.G. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. v. 74. p. 373-393. 1999.
- Kwon, Y.J.; Saeed, S. Effect of temperature on the foraging activity of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) on greenhouse hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Appl. Entomol. Zool.* v.38. p.275-280. 2003.
- Malagodi-Braga, K.S. *Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (Fragaria x ananassa Duchesne – Rosaceae)*. 2002. 102p. Tese de Doutorado – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Malerbo-Souza, D.T.; Toledo, V.A.A.; Silva, S.R.; Sousa, F.F. Polinização em flores de abacateiro (*Persea americana* Mill.). *Acta Scientiarum*. v.22. p.937-941. 2000.
- Malerbo-Souza, D.T.; Toledo, V.A.A.; Stuchi, A.C.; Toledo, J.O.A. Estudo sobre a polinização do quiabeiro, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *Acta Scientiarum*. v. 23. p. 1281-1285. 2001.
- Malerbo-Souza, D.T.; Nogueira-Couto, R.H.; Couto, L.A. Pollination in Orange sweet crop (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. v.40. p.237-242. 2003.
- Manrique, A.J.; Thimann, R.E. Coffee (*Coffea Arabica*) pollination with Africanized honeybees in Venezuela. *INCI*. v.27. p. 414-416. 2002.
- Martin, F.N. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technology*. v.34. p. 125-128.
- McGregor, S.E. *Insect pollination of cultivated crop plants*. USDA Agriculture Handbook. Nº 494. 411p.1976.
- Nascimento, W.M.; Dias, D.C.F.S.; Freitas, R.A. Produção de sementes de pimentas. *Informe Agropecuário*. v.27. p.30-39. 2006.
- Ofosu-Anim, J. *et al.* Pistil receptivity, pollen tube growth and gene expression during early fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*). *International Journal of Agriculture & Biology*. v. 5. p. 576 – 579, 2006.
- Onus, A.N. Structure of the stigma and style in *Capsicum eximium* and the effects of pollination. *Turk. J.Bot.* v. 24, p. 337 – 346, 2000.

- Peter, K.V.; McCollum, G.D. Pollen-stigma compatibility in direct and reciprocal crosses of *Capsicum* species. *The Journal of Heredity*. v. 75. p. 70, 1984.
- Porporato, M. *et al.* Pollination of sweet pepper in greenhouses by *Bombus terrestris* and *Apis mellifera*. *Informatore-Fitopatologia*. v. 45. p. 49 – 54, 1995.
- Proctor, M.; Yeo, P.; Lack, A. *The natural history of pollination*. Timber Press: Oregon, 1996. 479p.
- Rabinowitch, H.D.; Fahn, A.; Talmeir e Lensky, Y. Flower and nectar attributes of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in relation to their attractiveness to honey bees (*Apis mellifera* L.). *Annals of applied biology*. v.123. p. 221-232. 1993.
- Raw, A. Foraging Behavior of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination. *Annals of Botany*. v. 85. p. 487-492. 2000.
- Richards, A.J. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Annals of Botany*. v.88. p. 165-172. 2001.
- Roselino, A.C. *Polinização em culturas de pimentão – Capsicum annuum por Melipona quadrifasciata anthidioides e Melipona scutellaris e de morango – Fragaria x ananassa por Scaptotrigona aff. depilis e Nannotrigona testaceicornis (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)*. Ribeirão Preto, 2005. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo.
- Serrano, A.R.; Guerra-Sanz, J.M. Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. *Scientia Horticulturae*. v.110. p. 160-166. 2006.

- Shipp, J.L.; Whitfield, G.H.; Papadopoulos, A.P. Effectiveness of the bumblebee, *Bombus impatiens* Cr. (Hymenoptera: Apidae), as a pollinator of greenhouse sweet pepper. *Scientia Horticulturae*. v. 57. p. 29-39. 1994.
- Silva, E.M.S. Efeito do número de visitas da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) na polinização do pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa de vegetação. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Fortaleza, UFC. 2004. 55p.
- Silva, E.M.S. *et al.* 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, p. 386 – 390, 2005.
- Silva, E.M.S. Abelhas visitantes florais do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) em Quixeramobim e Quixeré, Estado do Ceará, e seus efeitos na qualidade da fibra e semente. Tese (Doutorado em Zootecnia). Fortaleza, UFC. 2007. 118p.
- Slaa, E.J.; Sánchez Chaves, L.A.; Malagodi-Braga, K.S.; Hofstede, F.E. Stingless bees in applied pollination practice and perspectives. *Apidologie*. v.37. p.293-315. 2006.
- Sousa, R.M. *Polinização do meloeiro (Cucumis melo L.) por abelhas melíferas (Apis mellifera L.): requerimentos da cultura e manejo das colônias*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UFC. Fortaleza. 2003. 119p.
- Teixeira, L. V.; Campos, F. N. M. . Início da atividade de vôo em abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae): influência do tamanho da abelha e da temperatura ambiente. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 7. p. 195-202, 2005.

Usman, I.S.; Mamat, A.S.; Mohd, H.S.Z.S.; Aishah, H.S.; Anuar, A.R. The non-impairment of pollination and fertilization in the abscission of chilli (*Capsicum annuum* L. Var. Kulai) flowers under high temperature and humid conditions. *Scientia Horticulturae*. v.79. p. 1-11. 1999.

Webb, C. J. Pollination directory for world crops_Book review. *New Zealand Journal of Botany*. v.24. p. 355-356. 1986.

Westerkamp, C. Flores e abelhas na disputa. *Ciência Hoje*. v.34. p. 66-68. 2004.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 NA POLINIZAÇÃO DE PIMENTA MALAGUETA (*Capsicum frutescens* L.) SOB CONDIÇÕES DE CULTIVO PROTEGIDO.

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 NA POLINIZAÇÃO DE PIMENTA MALAGUETA (*Capsicum frutescens* L.) SOB CONDIÇÕES DE CULTIVO PROTEGIDO.

RESUMO

Os meliponíneos ou abelhas sem ferrão têm sido utilizados com sucesso em diversos países para a polinização de culturas de importância econômica, sob condições de cultivo protegido. O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de polinização da abelha mandaçaia (*Melipona quadrifasciata anthidioides*) na cultura da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.), em casa de vegetação. O comportamento e a adaptação das abelhas a esse ambiente também foram investigados. O experimento foi realizado no período de setembro de 2007 a janeiro de 2008 em uma casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Durante quinze dias observou-se o comportamento das abelhas e o seu padrão diário de forrageamento, além de dados sobre temperatura, umidade relativa e luminosidade na casa de vegetação. Foram realizados seis tratamentos de polinização: polinização cruzada manual, autopolinização manual, autopolinização espontânea, polinização livre com abelhas, polinização com uma visita de mandaçaia e polinização com duas visitas de mandaçaia. As seguintes variáveis foram avaliadas em função do tipo de polinização: vingamento inicial, peso dos frutos, diâmetro, comprimento e número de sementes por fruto. As abelhas adaptaram-se bem ao ambiente protegido e forragearam nas flores de *C. frutescens*, de modo que o néctar foi o único recurso coletado. Houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos de polinização no que se refere ao vingamento inicial dos frutos. Embora não tenha contribuído para melhorar o peso, o tamanho e o número de sementes por fruto, *M. quadrifasciata* foi um polinizador eficiente de pimenta malagueta, contribuindo para aumentar o número de frutos produzidos quando comparado ao tratamento de autopolinização espontânea. Logo, o uso racional dessa abelha para polinização de pimenta em casa de vegetação deve ser estimulado.

Palavras-chave: meliponíneos, pimenta, casa de vegetação

EVALUATION OF POLLINATION EFFICIENCY OF *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 ON HOT PEPPER (*Capsicum frutescens* L.) IN GREENHOUSE

ABSTRACT

Meliponines or stingless bees have been utilized in several countries to pollinate crops of economic importance in greenhouse. The present study aimed to evaluate the pollination efficiency of stingless bee mandaçaia (*Melipona quadrifasciata anthidioides*) on hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) in greenhouse. The behaviour and bee adaptation in this environment were also evaluated. The research was carried out from September 2007 to January 2008, in greenhouse situated in the Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Species adaptation to enclosures and its daily foraging pattern were investigated during fifteen days. Data on temperature, relative humidity and luminosity were also observed in this period. Six pollination treatments were carried out: hand cross-pollination, hand self-pollination, spontaneous self-pollination, pollination by bees, pollination with one visit of mandaçaia and pollination with two visits of mandaçaia bee. Five variables were evaluated in this experiment: fruit set, fruit weight, diameter, length and number of seeds per fruit. *M. quadrifasciata* adapts well to greenhouses and forages on *C. frutescens* flowers, in which the nectar was the only resource collected. There were significant statistical differences ($P < 0.05$) between pollination treatments concerned to fruit set. Although this species does not contribute to increase fruit weight, fruit size and number of seeds per fruit, *M. quadrifasciata* was an efficient pollinator of hot pepper, contributing to increase the number of fruits when compared with the spontaneous pollination treatment. So, the rational use of this stingless bee to pollinate pepper in greenhouse should be stimulated.

Key-words: meliponines, hot pepper, greenhouse

1. INTRODUÇÃO

Os meliponíneos, também conhecidos como abelhas sem ferrão, desempenham um papel importante na polinização de plantas nativas e cultivadas e, por esse motivo, o interesse na manutenção da sua biodiversidade tem crescido nos últimos anos. Além disso, o declínio nas populações de abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.) tem, de certo modo, aumentado o número de pesquisas visando avaliar o papel das espécies de abelhas nativas na polinização de culturas agrícolas, assim como aperfeiçoado as técnicas de manejo dessas abelhas, tanto em campo aberto quanto em ambiente protegido (Kearns e Inouye, 1997).

As abelhas sem ferrão têm sido apontadas por diversos autores como polinizadores potenciais de culturas em ambiente protegido (Malagodi-Braga, 2002; Cauich *et al.*, 2004; Slaa *et al.*, 2006; Palma *et al.*, 2008). Além do fato de muitas espécies de meliponíneos poderem ser manejadas em caixas racionais, outras características como a ausência de um ferrão funcional, colônias perenes e pequenas distâncias de forrageamento, as tornam um grupo muito adequado para serviços de polinização em espaços confinados (Slaa *et al.*, 2006).

Abelhas pertencentes ao gênero *Nannotrigona*, por exemplo, têm sido utilizadas com sucesso em países como México, Japão e Brasil para a polinização de diversas culturas de importância econômica, como o morango (*Fragaria x ananassa*) e tomate (*Lycopersicon esculentum*) em casas de vegetação (Bego *et al.*, 1989; Malagodi-Braga *et al.*, 2004; Cauich *et al.*, 2004; Palma *et al.*, 2008).

Outras, do gênero *Melipona*, também são polinizadores eficientes de culturas agrícolas, no Brasil. Del Sarto *et al.* (2005) e Santos *et al.* (2004) obtiveram resultados positivos ao utilizarem a espécie *Melipona quadrifasciata* para polinização de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) em ambiente protegido. Do mesmo modo, Cruz *et al.* (2005) afirmaram que a espécie *Melipona subnitida* é um polinizador eficiente de pimentão (*Capsicum annum* L.) sob condições de confinamento. Esta espécie também é considerada polinizador eficiente de goiaba (*Psidium guajava*), segundo Alves e Freitas (2006).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de polinização da abelha mandaçaia (*M. quadrifasciata*) na cultura da pimenta malagueta (*C. frutescens*) sob condições de cultivo protegido. O comportamento e a adaptação das abelhas a esse ambiente também foram investigados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área Experimental

Esse estudo foi realizado em uma casa de vegetação (Figura 1), com área total de 115,2 m² e antecâmara de 9,60 m², localizada no Campus da Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais, no período de setembro de 2007 a janeiro de 2008. O município de Viçosa (20°45'S e 42°51'W) encontra-se localizado a 650 m de altitude e possui temperatura média anual de 19°C, precipitação anual de 1300 a 1400 mm, ocorrendo maior precipitação no período de outubro a março, e umidade relativa do ar entre 80 a 85%.



Figura 1. Casa de vegetação onde foram conduzidos os experimentos.

2.2. Implantação da cultura

A produção de mudas de pimenta malagueta foi realizada através de semeadura em bandejas de isopor de 128 células, preenchidas com substrato comercial, colocando duas sementes por célula. As bandejas foram colocadas em suporte de madeira a 1,0 m do solo.

As irrigações foram realizadas duas vezes por dia, nos horários de temperaturas mais amenas. Ao apresentarem de quatro a seis folhas definitivas (40 dias após a semeadura), as mudas foram transplantadas para vasos e numeradas (Figura 2). O espaçamento utilizado foi 1,00 m x 0,7 m, de modo que 115 plantas foram utilizadas nos experimentos.

Com relação à adubação realizada nos vasos, para cada 100 Kg de terra foram utilizados:

- 10 Kg de superfosfato simples;
- 0,3 Kg de cloreto de potássio;
- 0,3 Kg de sulfato de amônio;
- 0,3 Kg de sulfato de magnésio;
- 0,01 Kg de sulfato de zinco;
- 0,01 Kg de sulfato de cobre;
- 0,001 Kg de molibdato de sódio;
- 0,01 Kg de bórax.



Figura 2. Plantas de *Capsicum frutescens*: A - recém transplantadas; B - com cerca de dez dias após o transplante; C - plantas numeradas.

2.3. Instalação das colméias de mandaçaia

Duas colméias fortes (grande quantidade de cria) de *M. quadrifasciata*, pertencentes ao Apiário da UFV, foram mantidas fechadas por um dia até serem transportadas para a casa de vegetação, onde permaneceram fechadas por mais um dia. As colônias foram instaladas em suportes localizados no fundo da casa de vegetação (Figura 3), quando a cultura estava no início da fase de florescimento.

O pólen armazenado nos potes de alimento no interior das colméias foi removido quase que totalmente, afim de estimular a coleta desse recurso nas flores de pimenta malagueta. Alimentação energética (xarope) também foi oferecida às abelhas.

Revisões periódicas foram realizadas semanalmente nas colméias observando-se as condições internas do ninho, tais como armazenamento de alimento, postura da rainha e ausência de inimigos naturais.

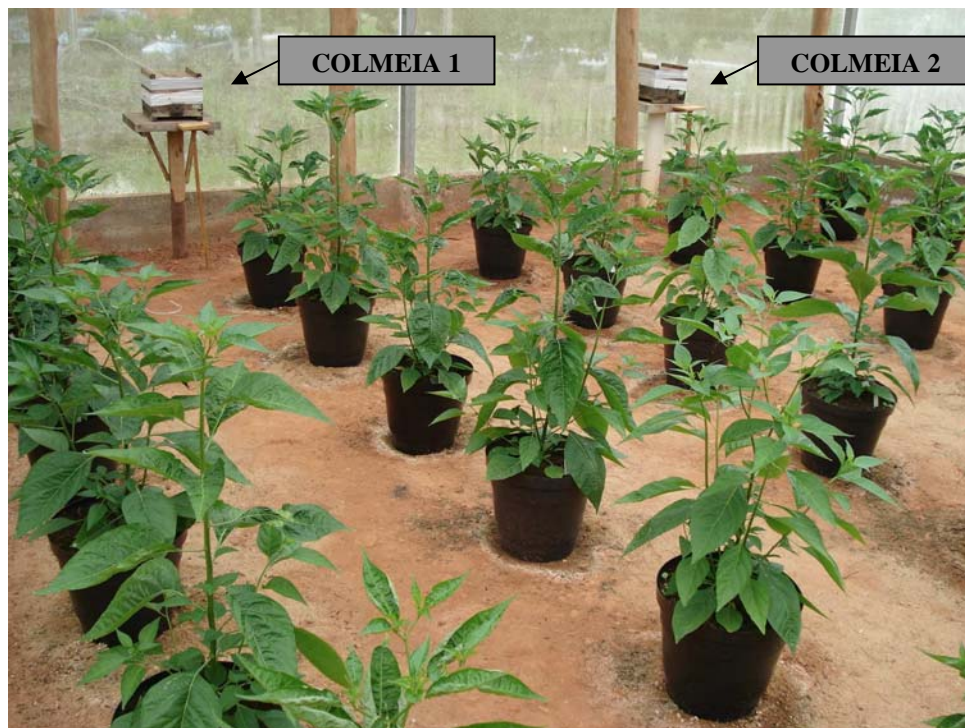


Figura 3. Colmeias de *M. quadrifasciata* no interior da casa de vegetação.

2.4. Experimentos

2.4.1. Comportamento e adaptação das abelhas à casa de vegetação

Durante quinze dias de observações, procurou-se averiguar o comportamento das abelhas no interior da casa de vegetação, ou seja, verificar se as abelhas chocavam-se contra a tela, se realizavam vôos de orientação e se visitavam as flores. Também foram feitas observações com relação ao seu padrão diário de forrageamento.

Estas observações foram realizadas durante 15 minutos, a intervalos de uma hora, iniciando às 6:00 h e finalizando às 15:00 h, de modo que o número de abelhas que saía das colméias foi contado. Adicionalmente, a cada hora foram coletados dados de temperatura (°C), umidade relativa (%), através de um termohigrômetro digital, e luminosidade (Klux), por meio de luxímetro, na casa de vegetação.

2.4.2. Eficiência de polinização da abelha mandaçaia na cultura da pimenta

Neste experimento foram realizados os seguintes tratamentos de polinização:

- Polinização aberta com *M. quadrifasciata*: os botões florais em pré-antese foram apenas marcados com linha colorida e não foram ensacados, permitindo que as flores recebessem inúmeras visitas dessa abelha;
- Polinização cruzada manual: os botões florais marcados foram ensacados com sacos de organza na pré-antese. Após a antese, as flores foram desensacadas e polinizadas manualmente com pólen de flores de outra planta, tocando-se a superfície estigmática com estames cheios de pólen. Após esse processo, as flores foram reensacadas;

- Autopolinização manual: o procedimento realizado neste tratamento foi semelhante ao de polinização cruzada manual, diferindo apenas no fato de que os grãos de pólen utilizados pertenciam à flores da mesma planta;
- Autopolinização espontânea: nesse tratamento, as flores foram apenas ensacadas e acompanhadas durante todo o seu desenvolvimento;
- Polinização com uma visita de mandaçaia: os botões florais em pré-antese foram marcados e ensacados com sacos de organza. Após a abertura completa das flores, estas foram desensacadas e receberam uma única visita de *M. quadrifasciata*, quando então foram reensacadas;
- Polinização com duas visitas de mandaçaia: este tratamento foi realizado de modo semelhante ao anterior, diferindo apenas no fato de que as flores marcadas receberam duas visitas de *M. quadrifasciata*.

Em todos os tratamentos foram utilizadas 50 flores, com exceção do tratamento de polinização com duas visitas de mandaçaia, no qual 30 flores foram polinizadas. Os frutos de todos os tratamentos descritos acima foram avaliados por meio das seguintes variáveis:

- a) Vingamento inicial: foram feitas observações sete dias após a polinização para observar o percentual de vingamento dos frutos;
- b) Peso dos frutos: quando estavam maduros, com coloração vermelha, os frutos foram colhidos e pesados, individualmente, em balança de precisão;
- c) Diâmetro e comprimento dos frutos: após a pesagem, foi utilizado um paquímetro para medir o tamanho dos frutos;
- d) Número de sementes: foram contadas todas as sementes de todos os frutos, em todos os tratamentos.

2.5. Análise estatística

Os dados referentes ao vingamento inicial foram analisados segundo um modelo linear generalizado binomial com função de ligação logit. O teste de significância para o efeito de tratamentos e comparações destes foi o Qui-quadrado a 5% de probabilidade (Ayres *et al.*, 2005).

Os dados relacionados à produção de frutos em função do tipo de polinização foram analisados por meio de análise de variância com médias comparadas por meio do teste de Student-Newman-Keuls (Ayres *et al.*, 2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Comportamento e adaptação das abelhas à casa de vegetação

As abelhas mandaçaia adaptaram-se bem à casa de vegetação, embora muitas operárias tenham morrido no primeiro dia após a liberação nesse ambiente, chocando-se contra a tela (Figura 4) e voando de forma desorientada. É provável que estas fossem campeiras experientes em busca de uma fonte de alimento conhecida.

Algumas abelhas realizaram vôos de reconhecimento, percorreram toda a casa de vegetação, voaram entre as fileiras de plantas sem visitá-las e conseguiram retornar às suas colméias.



Figura 4. Abelhas mandaçaia (*M. quadrifasciata*): A - na tela da casa de vegetação, cinco minutos após a liberação nesse ambiente; B - Grupo de abelhas quinze minutos após a liberação na casa de vegetação.

Segundo Slaa *et al.* (2006), um dos problemas mais comuns da introdução de colônias de abelhas sem ferrão em ambiente protegido é a agregação de forrageadoras no topo da casa de vegetação, especialmente nos primeiros dias de confinamento. Malagodi-Braga (2002), testando cinco espécies de meliponíneos para polinização de morango (*Fragaria x ananassa*) em ambiente protegido, observou que as espécies *Scaptotrigona bipunctata* e *Trigona spinipes* não se adaptaram a esse ambiente. Já a espécie *Tetragonisca angustula* adaptou-se rapidamente a essas condições.

Assim como neste trabalho, onde *M. quadrifasciata* adaptou-se rapidamente à casa de vegetação, Palma *et al.* (2008), utilizaram colônias de *Nannotrigona perilampoides* para polinização de *Capsicum chinense* em casa de vegetação, no México. Esses autores constataram que essas colônias sobreviveram por longo período nesse ambiente e adaptaram-se facilmente às condições de confinamento sendo, portanto, uma espécie apropriada para esse serviço.

No segundo dia após a introdução das colméias de *M. quadrifasciata* na casa de vegetação, as abelhas já forrageavam com frequência nas flores de pimenta. Durante a atividade de forrageamento, não foi observado mais do que um indivíduo por flor. As abelhas abordavam as flores pela parte lateral das pétalas e estendiam a glossa para coletar o néctar na base da corola (Figura 5A).

O néctar foi o único recurso coletado por essas abelhas, as quais ao visitarem as flores realizavam movimentos em sentidos horário e anti-horário, tocando o estigma com a parte ventral do corpo (Figura 5B). Embora tenha sido oferecido xarope como fonte extra de energia, as operárias visitaram tanto flores que estavam liberando pólen quanto aquelas cuja deiscência das anteras ainda não havia ocorrido, para coletar néctar.

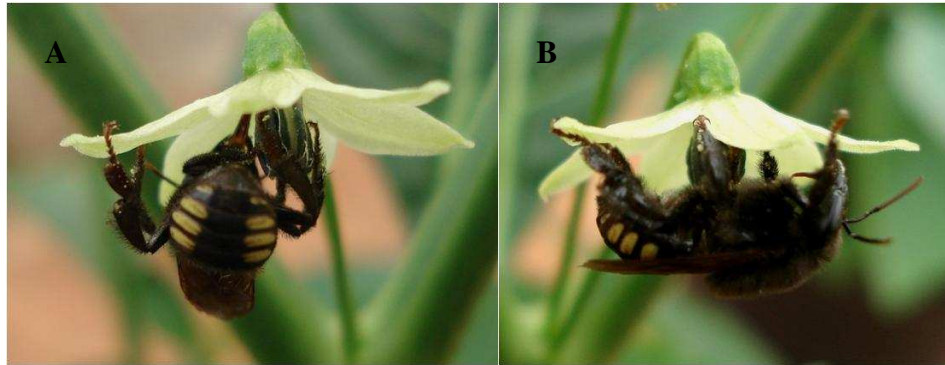


Figura 5. *Melipona quadrifasciata* em flores de *Capsicum frutescens*: A – em posição para coleta de néctar; B – em contato com o estigma.

Serra (2007) também observou que abelhas dessa espécie visitaram as flores de abobrinha (*Cucurbita moschata*) apenas para coleta de néctar, embora seus corpos ficassem repletos de grãos de pólen após visitas às flores estaminadas dessa cultura.

Ao contrário das nossas observações, Roselino (2005) verificou que essa espécie de abelha coletou apenas pólen em flores de pimentão, em experimento realizado em Ribeirão Preto, sob condições de cultivo protegido.

O maior número de operárias saindo para forragear foi observado às 6:00 h, horário em que a temperatura foi mais amena (19,5°C) e a umidade relativa do ar bastante elevada (87,7%). Ao contrário, a luminosidade observada às 6:00 h foi mínima (0,39 Klux), coincidindo com a maior atividade das abelhas no interior da casa de vegetação. Essa atividade diminuiu drasticamente por volta de 8:00 h (Figuras 6, 7 e 8). Um segundo pico de forrageamento foi observado às 13:00 h quando as flores produziram grande quantidade de néctar.

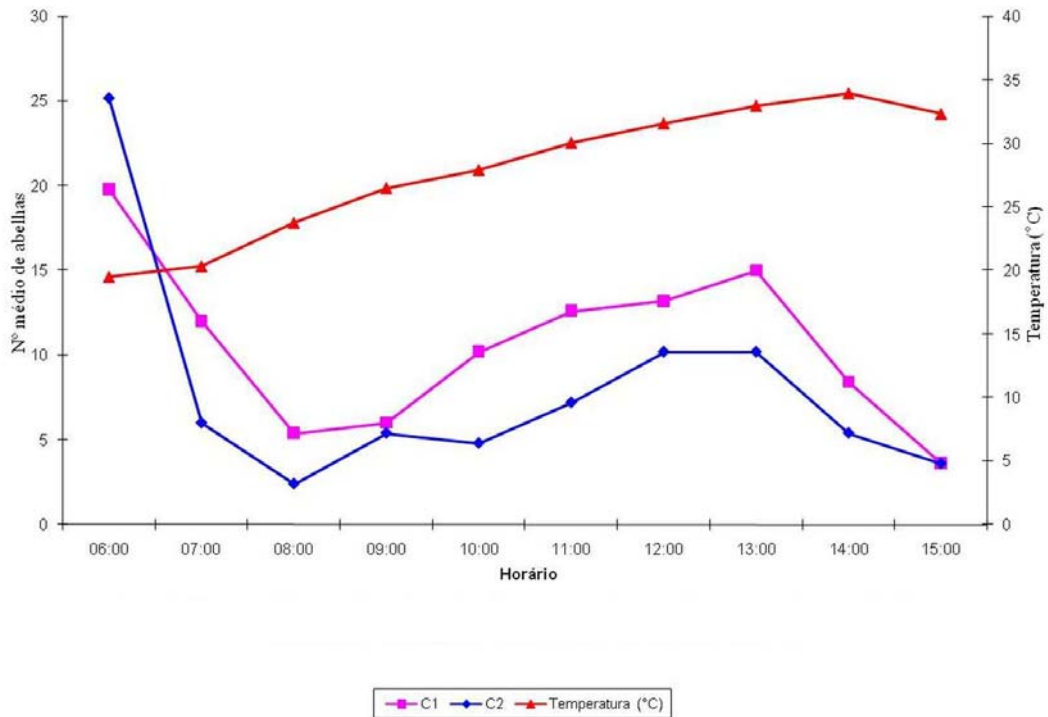


Figura 6. Número médio de abelhas saindo de cada colméia de *Melipona quadrifasciata* (C1 e C2) por hora para forragear em flores de *Capsicum frutescens* L. e temperatura (°C) na casa de vegetação ao longo do dia.

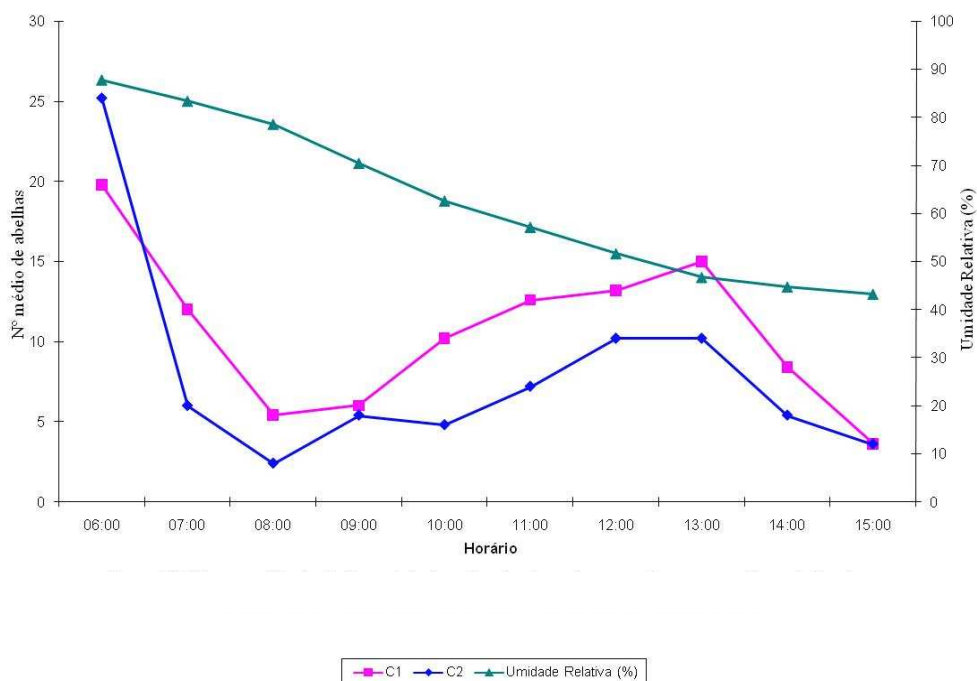


Figura 7. Número médio de abelhas saindo de cada colméia de *Melipona quadrifasciata* (C1 e C2) por hora para forragear em flores de *Capsicum frutescens* L. e umidade relativa (%) na casa de vegetação ao longo do dia.

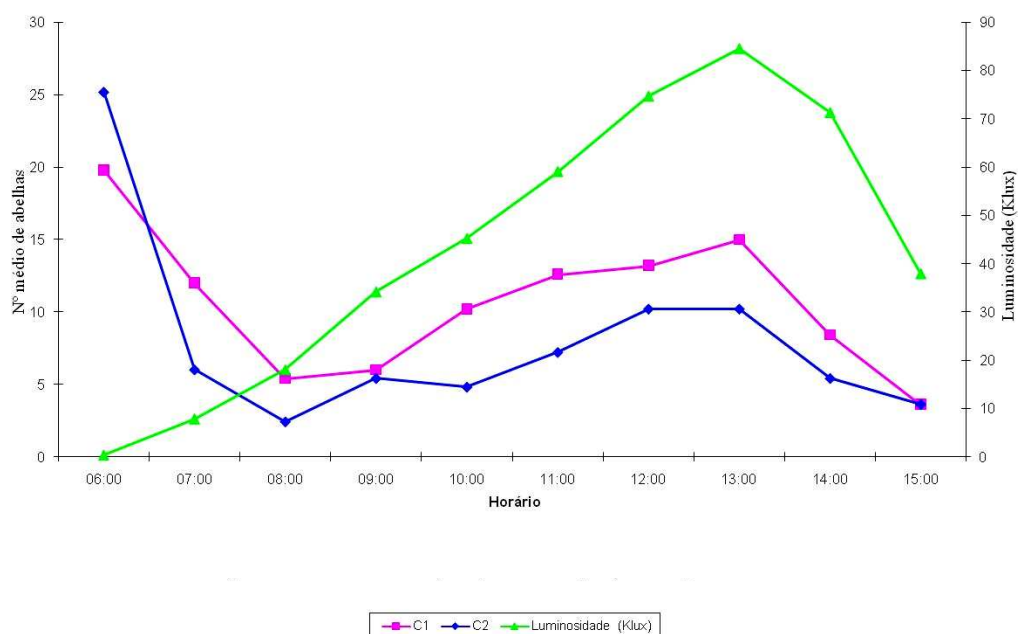


Figura 8. Número médio de abelhas saindo de cada colméia de *Melipona quadrifasciata* (C1 e C2) por hora para forragear em flores de *Capsicum frutescens* L. e luminosidade (Klux) na casa de vegetação ao longo do dia.

O início da atividade de forrageamento pode variar entre as diferentes espécies de abelhas. Segundo Hilario *et al.* (2000), o vôo da maioria das espécies de abelhas do gênero *Melipona* para coleta de pólen, ocorre tipicamente no início da manhã. Porém, *M. quadrifasciata* não coletou pólen nas flores de *C. frutescens*, embora um grande número de abelhas tenha saído das colméias às 6:00 h. Cruz *et al.* (2005) afirmaram que abelhas da espécie *M. subnitida* adaptaram-se bem em casa de vegetação, sendo utilizadas para a polinização de *C. annum*, no Nordeste do Brasil. Ainda segundo estes autores, operárias de *M. subnitida* visitaram as flores de pimentão durante todo o dia, apresentando três picos de visitação, às 7:00 h, 12:00 h e 15:00 h, coletando pólen principalmente no início da manhã.

Serra (2007) constatou que o pico de visitação de *M. quadrifasciata* às flores de abobrinha (*Cucurbita Moschata*), em áreas agrícolas de Viçosa, Minas Gerais, ocorreu nas primeiras horas da manhã, entre 5:00 h e 7:00 h, sob temperaturas amenas e baixa luminosidade. Essa espécie de abelha, assim como outras pertencentes ao gênero *Melipona*, por serem maiores em rela o a muitos meliponíneos, conseguem manter as temperaturas corporal

e do ninho estáveis (Teixeira e Campos, 2005). Segundo esses autores, espécies maiores voam em condições de temperatura e luminosidade mais baixas do que espécies menores. Além disso, a capacidade de controlar a temperatura da colméia afeta o horário de início de atividade das operárias.

No México, Palma *et al.* (2008) observaram que a atividade de *N. perilampoides* foi menor nas primeiras horas da manhã. As abelhas dessa espécie abriram a entrada da colônia por volta de 8:00 h quando a temperatura dentro da casa de vegetação era, aproximadamente, 28°C. O pico de atividade dessas abelhas ocorreu entre 11:00 e 12:00 h.

Sánchez *et al.* (2001), utilizaram as espécies *N. testaceicornis*, *T. angustula* e *A. mellifera* para polinização de *Salvia farinacea*, uma planta ornamental, em ambiente protegido. Esses autores observaram que as abelhas visitaram as plantas principalmente no período da manhã, sendo que *A. mellifera* e *N. testaceicornis* forragearam mais intensamente do que *T. angustula*. Constataram ainda que após as 13:00 h, a atividade de forrageamento diminuiu rapidamente em todas as espécies.

Finalmente, *M. quadrifasciata* foi capaz de manter as atividades normais no interior do ninho (construção de células, postura da rainha). No entanto, a quantidade de alimento armazenada foi mínima, uma vez que as operárias coletaram apenas néctar nas flores. Não foram observados inimigos naturais nas colméias.

De modo semelhante aos nossos resultados, Malagodi-Braga (2002), estudando a adaptação e o manejo de diferentes espécies de meliponíneos, em ambiente protegido, constatou que campeiras de *Tetragonisca angustula* forragearam bem sob confinamento, mantendo, de modo satisfatório, as condições internas de suas colônias.

3.2. Eficiência de polinização da abelha mandaçaia na cultura da pimenta

3.2.1. Vingamento inicial dos frutos em função do tipo de polinização

Neste experimento, observou-se vingamento de frutos em todos os tratamentos, com diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os mesmos. As

abelhas mandaçaia foram polinizadores eficientes de *C. frutescens*, contribuindo para aumentar o percentual de vingamento dos frutos quando comparado à autopolinização espontânea (Tabela 1). O número de frutos vingados permaneceu o mesmo até o momento da colheita, em todos os tratamentos.

Tabela 1. Vingamento inicial de frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) submetida à polinização com uma visita de *M. quadrifasciata*, polinização com duas visitas *M. quadrifasciata*, polinização cruzada manual, polinização aberta com *M. quadrifasciata*, autopolinização espontânea e autopolinização manual, em ambiente protegido.

Tratamentos	Nº de flores polinizadas	Vingamento inicial (7 dias)	%
Polinização aberta com <i>M. quadrifasciata</i>	50	47	94 a
Polinização cruzada	50	46	92 a
Polinização com duas visitas	30	25	83 ab
Autopolinização manual	50	38	76 b
Polinização com uma visita	50	37	74 b
Autopolinização espontânea	50	18	36 c

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $P < 0,05$.

De acordo com esse resultado, embora a flor de pimenta possua um mecanismo de autopolinização que assegure o depósito de grãos de pólen sobre o estigma, necessários para que ocorra o vingamento de frutos, a polinização realizada por *M. quadrifasciata* contribuiu para aumentar o número de frutos produzidos. Embora os tratamentos de polinização com uma e com duas visitas de mandaçaia não tenham diferido entre si, estes tiveram melhor resultado quando comparado ao tratamento de autopolinização espontânea. É provável que um maior número de visitas dessas abelhas às flores contribua para aumentar a quantidade de frutos produzidos.

Diferente deste resultado, o percentual de vingamento de frutos de pimentão, oriundos de flores visitadas por *M. subnitida*, não diferiu dos tratamentos de polinização cruzada manual, autopolinização manual e

autopolinização espontânea, em experimentos realizados no Nordeste do Brasil (Cruz *et al.*, 2005). Nesse caso, a autopolinização pareceu suficiente para maximizar a produção de frutos em *C. annuum*.

Do mesmo modo, Silva *et al.*(2005) também não encontraram diferenças significativas entre o vingamento inicial de frutos de *C. annuum* produzidos com e sem visitas de abelhas. Serra (2007), estudando a polinização entomófila de *Cucurbita moschata*, constatou que quando as flores foram visitadas uma única vez por *M. quadrifasciata*, *Bombus morio*, *A. mellifera* e *Trigona hyalinata*, não houve diferença na porcentagem de frutos produzidos.

De acordo com resultados obtidos por Stanghellini *et al.* (1997), o percentual de aborto dos frutos diminuiu à medida que aumentou o número de visitas de *A. mellifera* e de *B. impatiens* às flores de pepino (*Cucumis sativus*) e de melancia (*Citrullus lanatus*). Segundo esses autores, pelo menos 18 visitas dessas abelhas são necessárias para diminuir a taxa de aborto de frutos quando comparado à polinização aberta (controle).

3.2.2. Peso médio dos frutos

O peso dos frutos oriundos dos tratamentos de polinização aberta com *M. quadrifasciata*, com uma e duas visitas não foi significativamente diferente ($P > 0,05$) do tratamento de autopolinização espontânea. Os dados indicam que, embora na polinização livre por abelhas os frutos tenham peso semelhante àqueles oriundos do tratamento de polinização cruzada manual (mais eficiente), o número de visitas de *M. quadrifasciata* às flores de pimenta não teve influência positiva no que se refere a esta variável (Tabela 2). Nesse caso, talvez a qualidade da visita e não a quantidade seja mais relevante, ou seja, se as abelhas coletassem pólen e néctar na cultura e não apenas néctar, o número de grãos de pólen depositados sobre o estigma fosse maior, aumentando a eficiência na polinização e, conseqüentemente, o peso dos frutos.

Segundo Chapman (1964), abelhas que coletam pólen são mais eficientes em realizar a polinização do que abelhas que coletam néctar.

Embora *M. quadrifasciata* tenha contactado o estigma da flor ao coletar néctar, mesmo após a deiscência das anteras, o número de grãos de pólen aderidos ao corpo da abelha pode não ter sido suficiente para melhorar a produtividade da cultura. Bosch e Kemp (2002) afirmaram que o contato com o estigma não necessariamente garante a deposição de pólen sobre o mesmo.

Experimentos realizados na Austrália por Greco *et al.* (2005) mostraram que a polinização realizada por *Trigona carbonaria* melhorou a produtividade dos frutos de *C. annuum*, em casa de vegetação, aumentando o peso dos frutos em mais de 18%. Occhiuzzi (2000) citado por Slaa *et al.* (2006) também utilizou essa espécie de abelha para a polinização de pimentão em ambiente protegido. Esse autor enfatizou a eficiência polinizadora de *T. carbonaria*, uma vez que o peso dos frutos teve um aumento de 11%, comparado aos frutos cujas flores não foram polinizadas por abelhas.

TABELA 2. Peso médio dos frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização com uma visita de *M. quadrifasciata*, polinização com duas visitas de *M. quadrifasciata*, polinização cruzada manual, polinização aberta com *M. quadrifasciata*, autopolinização espontânea e autopolinização manual, em ambiente protegido.

Tratamentos	Número de frutos	Peso médio do fruto (g)
Polinização cruzada	46	0,58 ± 0,24 a
Autopolinização manual	38	0,52 ± 0,18 ab
Polinização aberta com <i>M. quadrifasciata</i>	47	0,47 ± 0,18 ab
Polinização com duas visitas	25	0,45 ± 0,18 b
Autopolinização espontânea	18	0,39 ± 0,24 b
Polinização com uma visita	37	0,38 ± 0,16 b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $P < 0,05$, pelo teste de Student-Newman-Keuls.

No Canadá, Jarlan *et al.* (1997), utilizaram moscas da espécie *Eristalis tenax* L. para polinização de *C. annuum*, em ambiente protegido. Esses autores obtiveram frutos mais pesados oriundos de flores visitadas

por esses insetos e observaram uma correlação positiva entre a duração das visitas e a produção de sementes e o peso dos frutos. Ao contrário, o número de visitas não teve impacto significativo sobre essas variáveis, sugerindo que a qualidade da visita é mais importante.

Estudos desenvolvidos por Santos *et al.* (2004) apresentaram resultados positivos com a espécie *M. quadrifasciata* na polinização de tomate, em casa de vegetação, obtendo-se frutos maiores e mais pesados, quando comparado à polinização por abelhas melíferas (*A. mellifera*).

3.2.3. Tamanho médio dos frutos

3.2.3.1. Diâmetro médio dos frutos

Com relação ao diâmetro médio dos frutos, não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos, ou seja, o tipo de polinização não influenciou essa variável (Tabela 3), embora os frutos oriundos do tratamento de polinização cruzada tenham sido mais pesados do que os demais.

TABELA 3. Diâmetro médio dos frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização com uma visita de *M. quadrifasciata*, polinização com duas visitas de *M. quadrifasciata*, polinização cruzada manual, polinização aberta com *M. quadrifasciata*, autopolinização espontânea e autopolinização manual, em ambiente protegido.

Tratamentos	Número de frutos	Diâmetro médio do fruto (cm)
Polinização cruzada	46	0,68 ± 0,11 a
Polinização aberta com <i>M. quadrifasciata</i>	47	0,67 ± 0,10 a
Autopolinização manual	38	0,66 ± 0,08 a
Polinização com duas visitas	25	0,63 ± 0,08 a
Polinização com uma visita	37	0,62 ± 0,10 a
Autopolinização espontânea	18	0,61 ± 0,15 a

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $P < 0,05$, pelo teste de Student-Newman-Keuls.

Por outro lado, algumas pesquisas têm ressaltado a eficiência das abelhas em melhorar o diâmetro dos frutos de *Capsicum* em ambiente protegido. Cruz (2003), por exemplo, observou que frutos de *C. annuum* oriundos do tratamento de autopolinização espontânea tiveram o menor diâmetro quando comparado aos tratamentos de polinização cruzada manual e polinização por abelhas, em casa de vegetação.

No Canadá, Dogterom *et al.* (1998) utilizaram a espécie *Bombus vosnesenskii* para polinização de tomate em ambiente protegido. Esses autores constataram que flores polinizadas por essa abelha produziram frutos mais largos do que aquelas não visitadas por esses insetos.

3.2.3.2. Comprimento médio dos frutos

Houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos de polinização, no que se refere ao comprimento médio dos frutos (Tabela 4). Embora não tenham diferido dos tratamentos de polinização livre com abelhas e polinização com duas visitas, os frutos oriundos de flores que receberam uma única visita de mandaçaia foram menores do que aqueles oriundos do tratamento de polinização cruzada manual.

TABELA 4. Comprimento médio dos frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização com uma visita de *M. quadrifasciata*, polinização com duas visitas de *M. quadrifasciata*, polinização cruzada manual, polinização aberta com *M. quadrifasciata*, autopolinização espontânea e autopolinização manual, em ambiente protegido.

Tratamentos	Número de frutos	Comprimento médio do fruto (cm)
Polinização cruzada	46	2,87 ± 0,48 a
Autopolinização manual	38	2,72 ± 0,53 ab
Polinização aberta com <i>M. quadrifasciata</i>	47	2,63 ± 0,47 abc
Polinização com duas visitas	25	2,53 ± 0,48 abc
Polinização com uma visita	37	2,37 ± 0,62 bc
Autopolinização espontânea	18	2,32 ± 0,67 c

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $P < 0,05$, pelo teste de Student-Newman-Keuls.

Assim como nesse trabalho, Roselino (2005) utilizou a subespécie *M. q. anthidioides* para polinização de pimentão em ambiente protegido, no estado de São Paulo. Porém, diferente dos nossos resultados, essa abelha coletou apenas pólen nas flores de *C. annuum* e sua eficiência de polinização contribuiu para os frutos tornarem-se maiores no diâmetro e no comprimento.

3.2.4. Número médio de sementes por fruto

O estímulo inicial para o crescimento do fruto de pimenta pode resultar dos processos de polinização e fertilização, ou seja, a auxina produzida nas sementes em desenvolvimento pode contribuir para o desenvolvimento dos frutos (Taiz, 1991; Bosland e Votava, 1999). Assim, devido à sua importância, a variável número de sementes tem sido avaliada em diversos estudos de polinização.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, a polinização realizada por *M. quadrifasciata* não contribuiu para aumentar o número de sementes por fruto, embora tenha havido diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos, de modo que os frutos oriundos do tratamento de polinização cruzada manual continham, em média, 14,44 sementes (Tabela 5). O tratamento de polinização com duas visitas originou frutos com número de sementes semelhante àqueles oriundos da polinização cruzada, diferente do tratamento com uma única visita de *M. quadrifasciata* às flores, no qual foi observado o pior resultado. O fato das abelhas visitarem as flores mais vezes pode aumentar a probabilidade de ocorrência de polinização cruzada, assim como o depósito de maior quantidade de grãos de pólen sobre o estigma.

TABELA 5. Número médio de sementes por fruto de pimenta (*Capsicum frutescens*) oriundos de polinização com uma visita de *M. quadrifasciata*, polinização com duas visitas de *M. quadrifasciata*, polinização cruzada manual, polinização aberta com *M. quadrifasciata*, autopolinização espontânea e autopolinização manual, em ambiente protegido.

Tratamentos	Número de frutos	Nº médio de sementes por fruto
Polinização cruzada	46	14,44 ± 8,23 a
Autopolinização manual	38	11,97 ± 6,30 ab
Polinização com duas visitas	25	11,40 ± 7,43 ab
Polinização aberta com <i>M. quadrifasciata</i>	47	10,57 ± 6,59 ab
Autopolinização espontânea	18	9,33 ± 6,88 b
Polinização com uma visita	37	7,92 ± 5,42 b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $P < 0,05$, pelo teste de Student-Newman-Keuls.

No México, Palma *et al.* (2008) constataram que os frutos de tomate oriundos do tratamento de polinização por *N. perilampoides*, em ambiente protegido, apresentaram maior número de sementes quando comparado à polinização por vibração mecânica.

Experimentos de Serrano e Guerra-Sanz (2006) mostraram que a máxima eficiência de polinização de *C. annuum* foi alcançada com uma e duas visitas de *Bombus* às flores, resultando em cerca de 400 sementes por fruto. Ao contrário, nossos resultados não apontam diferenças significativas entre os tratamentos de polinização com uma e duas visitas de *M. quadrifasciata* e o tratamento de autopolinização espontânea, ou seja, o número de visitas não teve efeito positivo sobre o número de sementes por fruto de *C. frutescens*.

Segundo Kwon e Saeed (2003), a variabilidade na quantidade de sementes por fruto de pimenta pode estar relacionada a uma grande variabilidade na quantidade de grãos de pólen depositados no estigma. Em muitas espécies vegetais, incluindo a pimenta, o tamanho do fruto e a produtividade têm se correlacionado positivamente com o número de sementes. Esses autores verificaram a eficiência de *Bombus terrestris* na polinização de pimenta, em ambiente protegido, baseado no número de

sementes produzidas por fruto, peso e tamanho dos frutos e peso das sementes. As visitas dessa abelha às flores garantiram frutos com maior massa e maior número de sementes, quando comparado aos frutos oriundos de flores não visitadas por *B. terrestris*.

4. CONCLUSÕES

As abelhas mandaçaia adaptam-se bem ao ambiente protegido e forrageiam normalmente nas flores de *C. frutescens*. Logo, o uso racional dessa abelha como polinizadora de pimenta em casa de vegetação deve ser estimulado.

A polinização realizada por *M. quadrifasciata* contribui para incrementar a produtividade da pimenta malagueta com relação ao vingamento dos frutos, se comparado ao sistema tradicional de cultivo de espécies do gênero *Capsicum* sem a introdução de abelhas, em casas de vegetação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, J.E.; Freitas, B.M. Comportamento de pastejo e eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas em flores de goiabeira (*Psidium guajava* L.). *Revista Ciência Agronômica*. v.37. p.216-220. 2006.

Ayres, M.; Ayres Jr, M.; Ayres, D.L.; Dos Santos, A.S. *BioEstat 4.0v. Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas*. Sociedade Civil Mamirauá/MCT/CNPq/Conservation International. 2005. 323p.

Bego, R. L., Y. Maeta, K. Ishida, and T. Tezuka. Estimation of the length of foraging period in two Brazilian stingless bees kept in a greenhouse (Hymenoptera, Apidae). *Chugoku Kontyu*. v.3. p. 7-10. 1989.

- Bosch, J.; Kemp, W.P. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research*. v.92. p.3 – 16. 2002.
- Bosland, P.W.; Votava, E. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. CABI Publishing. 1999. 204p.
- Cauich, O.; Quezada-Euán, J.J.G.; Macias-Macias, J.O.; Reyes-Oregel, V.; Medina-Peralta, S.; Parra-Tabla, V. Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in Subtropical México. *Horticultural Entomology*. v.97. p. 475 – 481. 2004.
- Chapman, G.P. Pollination and the yields of tropical crops: an appraisal. *Euphytica*. v.13. p. 187-197. 1964.
- Cruz, D.O. *Uso e eficiência da abelha jandaíra (Melipona subnitida Ducke), na polinização do pimentão (Capsicum annum L.) sob cultivo protegido*. 2003. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- Cruz, D.O.; Freitas, B.M.; Silva, L.A.; Silva, E.M.S.; Bomfim, I.G.A. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.40. p.1197-1201. 2005.
- Dogterom, M.H.; Matteoni, J.A.; Plowright, R.C. Pollination of greenhouse tomatoes by the North American *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*. V.91. p. 71-75. 1998.
- Greco, M.K.; Spooner-Hart, R.; Beattie, A.; Holford, P. Application and management of Australian stingless bees in the greenhouse environment. 2005.

- Holanda - Neto, J.P. *O papel do comportamento de pastejo da abelha melífera (Apis mellifera L.) e o tipo de polinização na produtividade do cajueiro (Anacardium occidentale L.)*. 1999. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.
- Hilario, S.D.; Imperatriz-Fonseca, V.L.; Kleinert, A. Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae). *Rev. Bras. Biol.* v.60. p. 299-306.
- Jarlan, A.; De Oliveira, D.; Gingras, J. Pollination of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse by the syrphid fly *Eristalis tenax* L. Proceedings of the International Symposium on Pollination. *Acta Hort.* v. 437. p. 425-429. 1997.
- Kearns, C.A.; Inouye, D.W. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *BioScience.* v.47. p.297-307. 1997.
- Kwon, Y.J.; Saeed, S. Effect of temperature on the foraging activity of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) on greenhouse hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Appl. Entomol. Zool.* v.38. p.275-280. 2003.
- Malagodi-Braga, K.S. *Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (Fragaria x ananassa Duchesne – Rosaceae)*. 2002. 102p. Tese (PhD) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Malagodi-Braga, K.S; Kleinert, A.M.P.; Imperatriz-Fonseca, V.L. Abelhas-sem-ferrão e polinização. *Rev. Tecnologia e Ambiente.* v.10. p.59-70. 2004.
- Occhiuzzi, P. Stingless bees pollinate greenhouse *Capsicum*. *Aussie Bee.* v.13. p.15. 2000.

- Palma, G.; Quezada-Euán, J.J.G.; Meléndez-Ramirez, V.; Irigoyen, J.; Valdovinos-Nunez, G.R.; Rejón, M. Comparative efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and mechanical vibration on fruit production of enclosed Habanero pepper. *Journ. Econ. Entomol.* v.101. p. 132-138. 2008.
- Roselino, A.C. *Polinização em culturas de pimentão – Capsicum annuum por Melipona quadrifasciata anthidioides e Melipona scutellaris e de morango – Fragaria x ananassa por Scaptotrigona aff. depilis e Nannotrigona testaceicornis (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)*. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- Sánchez, L.A. *et al.* Use of stingless bees for commercial pollination in enclosures: a promise for the future. *Acta Hort.* v.561. p.219-223. 2001.
- Santos, S.A.B.; Bego, L.R.; Roselino A.C. Pollination in tomatoes, *Lycopersicon esculentum*, by *Melipona quadrifasciata anthidioides* and *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apinae). *Proc. 8th IBRA Int. Conf. Trop. Bees e VI Encontro sobre abelhas.* p.688. 2004.
- Serra, B.D.V. *Polinização entomófila de Cucurbita moschata Poir em áreas agrícolas nos municípios de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais, Brasil*. 2007. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 46p.
- Serrano, A.R.; Guerra-Sanz, J.M. Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. *Scientia Horticulturae.* v.110. p. 160-166. 2006.
- Silva, E.M.S. *et al.* 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, p. 386 – 390, 2005.

- Slaa, E.J. *et al.* Stingless bees in applied pollination practice and perspectives. *Apidologie*. v.37. p.293-315. 2006.
- Stanghellini, M.S.; Ambrose, J.T.; Schultheis, J.R. The effects of honey bee and bumble bee pollination on fruit set and abortion of cucumber and watermelon. *American Bee Journal*. p.386-391. 1997.
- Taiz, L. *Plant physiology*. The Benjamin/Cummings Zeiger, E. Publishing Company. 1991. 565 p.
- Teixeira, L. V.; Campos, F. N. M. . Início da atividade de vôo em abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae): influência do tamanho da abelha e da temperatura ambiente. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 7. p. 195-202, 2005.
- Vieira, M.F.; Grabalos, R. Sistema reprodutivo de *Oxypetalum mexiae* Malme (Asclepiadaceae), espécie endêmica de Viçosa, MG, Brasil, em perigo de extinção. *Acta Botanica Brasilica*, v.17, p. 137-145, 2003.

CONCLUSÕES GERAIS

- As flores de *Capsicum frutescens* são protogínicas e devem ser polinizadas, preferencialmente, no dia da antese, quando a receptividade do estigma é máxima.
- A pimenta malagueta é uma cultura autógama facultativa. No entanto, a separação temporal existente na maturação do estigma e das anteras (dicogamia) pode contribuir para aumentar a ocorrência de polinização cruzada.
- As abelhas são os visitantes florais mais abundantes nas flores de pimenta malagueta, sendo a espécie *Apis mellifera* o visitante com maior potencial para atuar como polinizador nessa cultura, em campo aberto.
- As abelhas *A. mellifera* e *M. quadrifasciata* foram polinizadores eficientes de *C. frutescens*, contribuindo para maximizar a produtividade da cultura, no que se refere à quantidade de frutos produzidos.
- As abelhas mandaçaia adaptaram-se bem ao ambiente protegido. Além de localizar e forragear nas flores de *C. frutescens*, foram capazes de manter as atividades no interior do ninho. Logo, o uso racional dessas abelhas como polinizadores de pimenta em casa de vegetação deve ser estimulado.

ANEXO

Biologia floral e polinização de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L., Solanaceae): um estudo de caso

Darci de Oliveira Cruz e Lúcio Antônio de Oliveira Campos*

Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: lcampos@ufv.br

RESUMO. A antese, a deiscência das anteras, a receptividade do estigma, o padrão de crescimento do tubo polínico e o percentual de vingamento dos frutos de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) foram estudados em São Miguel do Anta, Minas Gerais, sudeste brasileiro. As flores de *C. frutescens* são perfeitas, protogínicas e recebem a visita de várias espécies de abelhas, principalmente da abelha melífera *Apis mellifera* L., que coleta pólen e néctar. Foram comparados tratamentos de polinização por abelhas, polinização cruzada manual, polinização aberta, polinização aberta emasculada e autopolinização espontânea. O padrão de crescimento dos tubos polínicos mostrou-se semelhante em todos os tratamentos. Os tubos atingiram o ovário cerca de 24 horas após a polinização. Apesar de *C. frutescens* ser considerada autógama, essa cultura beneficia-se da polinização realizada por *A. mellifera*, produzindo significativamente maior quantidade de frutos, quando comparada com a autopolinização espontânea.

Palavras-chave: *Capsicum frutescens*, biologia reprodutiva, polinização, vingamento de frutos.

ABSTRACT. Floral biology and pollination of hot pepper (*Capsicum frutescens* L., Solanaceae): a case study. The anthesis, anther dehiscence, pistil receptivity, pollen tube growth and fruit set of *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) were studied in São Miguel do Anta, Minas Gerais State, southeastern Brazil. *C. frutescens* flowers are perfect, protogynous and receive visits from many bee species, mainly *Apis mellifera* L., which collect pollen and nectar. Treatments of pollination by bees, hand cross pollination, open pollination, emasculated open pollination and spontaneous self pollination were performed. Pollen tube growth pattern did not differ among treatments. Pollen tubes were observed in the ovary within 24 hours after pollination. Despite *C. frutescens* being considered autogamous, this crop benefits from pollination by *A. mellifera*, producing better fruit set than by using spontaneous self-pollination.

Key words: *Capsicum frutescens*, reproductive biology, pollination, fruit development.

Introdução

A polinização consiste na transferência dos grãos de pólen das anteras de uma flor para o estigma da mesma flor ou de outra flor da mesma espécie. Além de fundamental para a reprodução das espécies vegetais, a polinização, se realizada adequadamente, contribui para melhorar a qualidade dos produtos agrícolas, seja por diminuir o percentual de malformações dos frutos, aumentar o número de sementes ou por conduzir a um amadurecimento mais uniforme dos frutos (Freitas, 1995).

As pimentas do gênero *Capsicum* pertencem à família Solanaceae e têm como centro de origem o continente americano. O centro de diversidade da espécie *Capsicum frutescens* L. inclui as terras baixas do sudeste brasileiro até a América Central e as Antilhas (Índias Ocidentais) (Reifschneider, 2000; Carvalho e Bianchetti, 2004).

A produção de pimenta, no Brasil, tem aumentado nos últimos anos, destacando-se as regiões sudeste e centro-oeste como principais produtoras. O cultivo de pimenta, no País, é de grande importância por causa das suas características de rentabilidade, principalmente quando se agrega valor ao produto (processamento de pimenta), assim como por sua importância social, pois requer grande quantidade de mão-de-obra, especialmente durante a colheita (Rufino e Penteado, 2006).

As espécies de *Capsicum* apresentam flores perfeitas e reproduzem-se preferencialmente por autofecundação espontânea (Bosland, 1996). Entretanto, *C. frutescens* apresenta baixa produção natural de frutos. Estudos têm mostrado que a polinização cruzada pode ocorrer em uma faixa de 2 a 90% e esse cruzamento está associado à presença de insetos polinizadores (Bosland e Votava, 1999;

Nascimento *et al.*, 2006).

Apis mellifera L. e abelhas solitárias de várias espécies são visitantes comuns em flores de pimenta malagueta (*C. frutescens*) e são consideradas polinizadores potenciais dessa cultura (Bosland e Votava, 1999).

Alguns pesquisadores têm investigado a antese, a deiscência das anteras e o crescimento do tubo polínico em diferentes espécies de *Capsicum*, como por exemplo, *C. annuum* e *C. eximium* (Onus, 2000; Aleemullah *et al.*, 2000; Ofosu-Anim *et al.*, 2006). Entretanto, ainda há pouca informação sobre polinização de pimenta, principalmente no Brasil.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar alguns aspectos da biologia floral de *C. frutescens* tais como: horário de antese, disponibilidade de pólen, receptividade estigmática e o padrão de crescimento do tubo polínico após a polinização das flores. A eficiência de polinização por abelhas *A. mellifera* no percentual de vingamento dos frutos também foi investigada.

Material e métodos

Este estudo foi desenvolvido no período de outubro a dezembro de 2006, no município de São Miguel do Anta (20°42'01"S e 42°43'15"W), localizado na microrregião de Viçosa, região da Zona da Mata, Minas Gerais. O clima é do tipo Cwb, tropical de altitude, com verões chuvosos e invernos frios e secos, temperatura média anual oscilando de 20 a 22°C e precipitação média anual de 1.221,4 mm (Coelho *et al.*, 2005).

O local do experimento consistiu de uma plantação de pimenta malagueta em uma área de 1 ha. O plantio foi implementado no segundo semestre de 2005 e, em 2006, as plantas, distribuídas no espaçamento 2 x 1, passaram por um processo de poda. Durante a condução do experimento, não foi necessário realizar irrigação, em virtude de o período coincidir com a estação chuvosa na região.

Antese, deiscência das anteras e receptividade do estigma

Para estudar a antese e a deiscência das anteras, 50 botões florais (em 10 indivíduos) foram marcados com linha colorida e acompanhados durante o seu desenvolvimento. As observações foram feitas a cada hora, das 6:00 às 17:00 horas. A receptividade do estigma foi constatada por meio do gotejamento de uma solução de peróxido de hidrogênio (3%). Cinco flores de três plantas foram escolhidas, aleatoriamente, e testadas no campo a cada hora das 6:30 às 17:00 horas. A receptividade é proporcional ao número de bolhas de oxigênio que aparecem na

superfície estigmática (Dafni, 1992), podendo ser observada no campo por meio de uma lupa de mão.

Percentual de vingamento dos frutos

Foram realizados cinco tratamentos de polinização: polinização por abelhas, polinização cruzada manual, polinização aberta (controle), polinização aberta emasculada e autopolinização espontânea (Holanda-Neto *et al.*, 2002; Vieira e Grabalos, 2003). Em média, 55 botões florais, por tratamento, foram marcados e ensacados com sacos de organza. Para o tratamento de polinização cruzada, após a antese, as flores foram desensacadas e polinizadas, manualmente, com pólen de flores de outra planta, tocando-se a superfície estigmática com estames cheios de pólen. Após esse processo, as flores foram reensacadas. A polinização por abelhas consistiu do mesmo procedimento descrito acima, diferindo apenas no fato que ao abrirem, as flores foram desensacadas e assim permaneceram até receberem uma única visita de *A. mellifera*, quando, então, foram reensacadas. As flores dos tratamentos de polinização aberta e polinização aberta emasculada foram apenas marcadas com linha colorida e não foram ensacadas. Já, as flores do tratamento de autopolinização espontânea foram apenas ensacadas e acompanhadas durante todo o seu desenvolvimento.

O vingamento inicial e a persistência dos frutos foram observados 7, 15 e 30 dias após a polinização, assim como no momento da colheita dos frutos. Os dados foram analisados usando um teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Holanda-Neto, 1999), por causa do seu caráter binomial (vingou fruto = 1 x não vingou fruto = 0) que não atende às pressuposições para uma análise de variância.

Crescimento do tubo polínico

Para observar o crescimento do tubo polínico, foram realizados quatro tratamentos de polinização: polinização por abelhas, polinização cruzada manual, polinização aberta e autopolinização espontânea. Vinte flores, por tratamento, foram coletadas 12 e 24 horas após a polinização e armazenadas em uma solução de FAA (álcool 70%, formol 37% e ácido acético). Posteriormente, as flores foram levadas ao laboratório, na Universidade Federal de Viçosa e transferidas para álcool 70%.

Para a preparação das lâminas, os pistilos foram isolados e cobertos por uma solução de NaOH (9 N) e mantidos em estufa (60°) por 15 minutos. Em seguida, foram lavados com água destilada e corados com azul de anilina (1%) (Dafni, 1992). Os tubos polínicos foram observados em microscópio de epifluorescência Olympus BX60, utilizando-se o filtro WV.

Resultados e discussão

As flores de *C. frutescens* são perfeitas, pentâmeras, contendo um único estigma e cinco estames, os quais alternam a posição com relação aos lóbulos da corola. Além disso, as flores apresentam-se em número de uma a três por nó. A corola é branca esverdeada e as anteras liberam o pólen por meio de uma fenda longitudinal.

A antese ocorreu, principalmente, no período da manhã, tendo início às 6:00 horas. Algumas flores abriram apenas no período da tarde e duraram de dois a três dias, porém, no terceiro dia após a antese, as flores fecundadas perderam totalmente a corola. A deiscência das anteras ocorreu, aproximadamente, uma hora após a antese. Entretanto, nas flores que abriram à tarde, após às 16:00 horas, a deiscência das anteras só ocorreu na manhã do dia seguinte.

Esses resultados estão de acordo com dados de Aleemullah *et al.* (2000) que também observaram esse padrão de abertura em flores de *C. annuum* na Austrália. Porém, a deiscência das anteras, no dia posterior à antese, ocorreu em flores que abriram após às 17:00 horas. Segundo esses autores, o padrão de deiscência das anteras sugere que esse evento é parcialmente controlado por ritmos endógenos da flor. Também observaram que o período de receptividade do estigma variou de cinco dias antes da antese até três dias depois, com um pico ocorrendo no dia da antese. No presente trabalho, porém, a receptividade do estigma não foi estudada antes da antese.

As anteras das flores de *C. frutescens* são rimosas, embora iniciem a liberação de pólen por meio de um poro apical. Também observou-se a ocorrência de protoginia, ou seja, o estigma encontra-se receptivo antes da deiscência das anteras, apresentando um aspecto viscoso. Free (1993) observou esse fenômeno em flores de *C. annuum*. A receptividade máxima foi observada no dia da antese, diminuindo drasticamente no dia seguinte.

Silva *et al.* (2005) observaram liberação progressiva de pólen em flores de *C. annuum*, no período da manhã, atingindo um pico de liberação às 11:00 horas, sob condições de cultivo protegido, no nordeste brasileiro.

Com relação ao crescimento do tubo polínico, observou-se um padrão semelhante em todos os tratamentos, ou seja, 12 horas após a polinização, os tubos já haviam percorrido cerca de 1/3 do comprimento do estilete. Cerca de 24 horas após a polinização, os tubos já haviam chegado ao ovário e alcançado os óvulos (Figura 1). Esses resultados sugerem que a fertilização em *C. frutescens* ocorre, aproximadamente, um dia após a polinização. Peter e

McCollum (1984) obtiveram resultados semelhantes estudando o crescimento do tubo polínico ao realizarem cruzamentos entre *C. annuum* e *C. frutescens*. Esses autores constataram que 6 horas após a polinização os tubos já haviam ultrapassado metade do estilete e 24 horas após a polinização, entraram em contato com os óvulos.

Oforu-Anim *et al.* (2006), também, observaram o crescimento do tubo polínico em flores de *C. annuum*, em experimentos realizados em Ghana. Porém, diferente dos nossos resultados, os tubos somente alcançaram o ovário 36 horas após a polinização e a presença dos tubos nos óvulos foi constatada apenas 48 horas após a polinização.

Quanto ao percentual de vingamento inicial e persistência dos frutos, houve diferenças significativas entre os tratamentos de polinização, aos 7 dias ($\chi^2 = 17,44$, gl = 4, $p < 0,01$), 15 dias ($\chi^2 = 23,92$, gl = 4, $p < 0,01$), 30 dias ($\chi^2 = 28,79$, gl = 4, $p < 0,01$) e no momento da colheita ($\chi^2 = 17,36$, gl = 4, $p < 0,01$) (Tabelas 1 e 2).



Figura 1. A – Crescimento do tubo polínico 12 horas após a polinização por abelhas em *Capsicum frutescens* L. B – Tubos chegando ao ovário, 24 horas após a polinização. C – Tubos polínicos alcançando os óvulos.

Tabela 1. Vingamento inicial e persistência de frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) submetida à polinização cruzada, polinização por abelhas, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta emasculada.

Tratamentos	Nº de flores polinizadas	Vingamento inicial (7 dias)	% (7 dias)	Persistência (15 dias)	% (15 dias)
1. Polinização por abelhas	52	46	88,5 a	44	84,6 a
2. Polinização aberta	61	50	82,0 a	45	73,8 a
3. Polinização cruzada	58	47	81,0 a	42	72,4 a
4. Polinização aberta emasculada	50	35	70,0 ab	23	46,0 b
5. Autopolinização espontânea	56	32	57,1 b	28	50,0 b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $p < 0,01$; sete dias ($\chi^2 = 17,44$ e gl = 4); 15 dias ($\chi^2 = 23,92$ e gl = 4).

Tabela 2. Persistência e colheita de frutos de pimenta (*Capsicum frutescens*) submetida à polinização cruzada, polinização por abelhas, polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização aberta emasculada.

Tratamentos	Nº de flores polinizadas	Persistência (30 dias)	% (30 dias)	Nº de frutos colhidos	% (frutos colhidos)
1. Polinização por abelhas	52	41	78,8 a	31	59,6 a
3. Polinização cruzada	58	40	69,0 ab	32	55,2 a
2. Polinização aberta	61	38	62,3 ab	28	45,9 a
5. Autopolinização espontânea	56	28	50,0 bc	22	39,3 ab
4. Polinização aberta emasculada	50	15	30,0 c	10	20,0 b

Valores seguidos pelas mesmas letras na coluna não diferem a $p < 0,01$; 30 dias ($\chi^2 = 28,79$ e gl = 4); Colheita ($\chi^2 = 17,36$ e gl = 4)

Esses dados indicam que as abelhas melíferas mostraram-se polinizadores eficientes de *C. frutescens*, embora não tenha havido diferenças significativas entre os tratamentos de polinização por abelhas, polinização aberta e polinização cruzada. É provável que *A. mellifera* deposite grande número de grãos de pólen viáveis sobre os estigmas das flores de pimenta, já que visita a cultura durante todo o dia para coletar pólen e néctar (produzido nas horas mais quentes do dia) (Rabinowitch *et al.*, 1993). Conseqüentemente, maior quantidade de tubos polínicos estaria chegando ao ovário da flor polinizada por essa abelha.

Observou-se que *A. mellifera* visitou várias plantas em uma mesma viagem de forrageamento contribuindo, assim, para a polinização cruzada. Embora essa espécie de abelha também tenha visitado várias flores por planta, podendo contribuir para a ocorrência de geitonogamia, Degrandi-Hoffaman *et al.* (1984) mostraram que as abelhas melíferas adquirem em seus corpos pólen de plantas que não visitaram ("pólen cruzado") ao retornarem à colméia e roçarem contra o corpo das companheiras que visitaram aquelas plantas, adquirindo em seus corpos uma diversidade bem maior de grãos de pólen do que poderia ser esperado somente por suas visitas às flores.

O comportamento de visita de *A. mellifera* nas flores de pimenta malagueta, também contribuiu para a polinização, uma vez que, ao pousar na flor, a abelha tocou tanto o androceu quanto o gineceu com a parte ventral do seu corpo, e raspou as anteras para obtenção do pólen disponível. A habilidade polinizadora dessa abelha também é justificada por fatores como a presença de estruturas para coletar, armazenar e transportar grãos de pólen (pêlos ramificados e corbícula); a necessidade de coletar grandes quantidades de pólen para o sustento de crias das colônias e a fidelidade às espécies vegetais que visita (Free, 1993; Alves, 2000).

O tratamento de polinização aberta emasculada

mostrou o papel dos polinizadores no vingamento e produção final de frutos, por meio da polinização cruzada realizada pelos mesmos. O fato de ter ocorrido menor produção pode ser por causa da manipulação das flores, assim como a ausência da autopolinização espontânea, uma vez que, certamente, a planta possui mecanismos que asseguram uma deposição mínima de grãos de pólen suficiente para a fertilização dos óvulos e vingamento dos frutos (Silva, 2004).

Outras abelhas pertencentes à espécie *Tetragonisca angustula* Latreille e ao gênero *Plebeia* Schwarz foram observadas coletando néctar nas flores de *C. frutescens*. Porém, dificilmente tocaram suas estruturas reprodutivas, não sendo consideradas polinizadores efetivos da cultura.

Porporato *et al.* (1995), comparando as abelhas *A. mellifera* e *Bombus terrestris* L. na polinização de *C. annuum*, em casa de vegetação, também verificaram aumento significativo na produção de frutos das plantas visitadas por essas abelhas, em relação às não-visitadas.

Por outro lado, alguns autores (Cruz *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2005), utilizando a abelha sem ferrão *Melipona subnitida* Ducke para polinização de *C. annuum*, em ambiente protegido, não encontraram diferenças significativas no percentual de vingamento dos frutos para os tratamentos de polinização cruzada manual, polinização por abelhas, autopolinização manual e autopolinização espontânea. Nesses casos, a visita das abelhas não melhorou o vingamento inicial dos frutos.

Conclusão

A flor de *C. frutescens* é protogínica e deve ser polinizada, preferencialmente, no dia da antese, quando a receptividade do estigma é máxima.

A abelha *A. mellifera* mostrou-se capaz de aumentar o vingamento inicial e a persistência dos frutos de pimenta malagueta. Outros estudos estão sendo realizados para verificar a eficiência dessa abelha no aumento do número de sementes e na qualidade dos frutos.

Agradecimentos

À Fapemig, pela concessão da bolsa de doutorado à primeira autora. A Dra. Milene Faria Vieira e a Dra. Sílvia das Graças Pompolo, pela ajuda na observação dos tubos polínicos em microscópio de epifluorescência.

Referências

ALEEMULLAH, M. *et al.* Anthesis, anther dehiscence, pistil receptivity and fruit development in the Longum group of *Capsicum annuum*. *Aust. J. Exp. Agric.*,

- Collingwood, v. 40, p. 755-762, 2000.
- ALVES, J.E. *Eficiência de cinco espécies de abelhas na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.)*. 2000. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.
- BOSLAND, P.W. Capsicums: innovative uses of an ancient crop. In: JANICK, J. (Ed.). *Progress in new crops*. Arlington: ASHS Press, 1996. p. 479-487.
- BOSLAND, P.W.; VOTAVA, E.J. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. Wallingford: Cabi, 1999.
- CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B. *Sistema de produção de pimentas: botânica*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Versão eletrônica. Disponível em: <<http://www.cnpq.embrapa.br/sistprod/pimenta>>. Acesso em: 20 jan. 2007.
- COELHO, D.J.S. et al. Levantamento da cobertura florestal natural da microrregião de Viçosa, MG, utilizando-se imagens de Landsat 5. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 29, p. 17-24, 2005.
- CRUZ, D.O. et al. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 40, p. 1197-1201, 2005.
- DAFNI, A. *Pollination ecology: a practical approach*. Oxford: Oxford University Press, 1992.
- DEGRANDI-HOFFAMAN, G. et al. Pollen transfer in apple orchards: tree to tree or bee to bee? *Bee World*, Colorado Springs, v. 65, p. 126-133, 1984.
- FREE, J.B. *Insect pollination of crops*. 2nd ed. London: Academic Press, 1993.
- FREITAS, B.M. The Pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.). 1995. Cardiff: University of Wales, 1995.
- HOLANDA-NETO, J.P. *O papel do comportamento de pastejo da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) e o tipo de polinização na produtividade do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)*. 1999. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.
- HOLANDA-NETO, J.P. et al. Low seed / nut productivity in cashew (*Anacardium occidentale*): Effects of self-incompatibility and honey bee (*Apis mellifera*) foraging behaviour. *J. Horticult. Sci. Biotechnol.*, Coventry, v. 77, p. 1-6, 2002.
- NASCIMENTO, W.M. et al. Produção de sementes de pimentas. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 27, p. 30-39, 2006.
- OFOU-ANIM, J. et al. Pistil receptivity, pollen tube growth and gene expression during early fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Int. J. Agric. Biol.*, Faisalabad, v. 5, p. 576-579, 2006.
- ONUS, A.N. Structure of the stigma and style in *Capsicum eximium* and the effects of pollination. *Turk. J. Bot.*, Ankara, v. 24, p. 337-346, 2000.
- PETER, K.V.; MCCOLLUM, G.D. Pollen-stigma compatibility in direct and reciprocal crosses of *Capsicum* species. *J. Heredity*, Oxford, v. 75, p. 70, 1984.
- PORPORATO, M. et al. Pollination of sweet pepper in greenhouses by *Bombus terrestris* and *Apis mellifera*. *Informatore-Fitopatologia*, Beijing, v. 45, p. 49-54, 1995.
- RABINOWITCH, H.D. et al. Flower and nectar attributes of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in relation to their attractiveness to honeybees (*Apis mellifera* L.). *Ann. Appl. Biol.*, Wellesbourne, v. 123, p. 221-232, 1993.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B. *Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil*. Brasília: Embrapa, 2000.
- RUFINO, J.L.S.; PENTEADO, D.C.S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 27, p. 7-15, 2006.
- SILVA, E.M.S. *Efeito do número de visitas da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) na polinização do pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa de vegetação*. 2004. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- SILVA, E.M.S. et al. Biologia floral do pimentão (*Capsicum annuum*) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como polinizador em cultivo protegido. *Rev. Cienc. Agron.*, Fortaleza, v. 36, p. 386-390, 2005.
- VIEIRA, M.F.; GRABALOS, R. Sistema reprodutivo de *Oxypetalum mexiae* Malme (Asclepiadaceae), espécie endêmica de Viçosa, MG, Brasil, em perigo de extinção. *Acta Bot. Bras.*, São Paulo, v. 17, p. 137-145, 2003.

Received on July 06, 2007.

Accepted on September 28, 2007.