

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

PATRÍCIA BARRETO DE ANDRADE

POTENCIAIS POLINIZADORES E REQUERIMENTOS DE POLINIZAÇÃO DO
GERGELIM (*Sesamum indicum*)

FORTALEZA - CEARÁ

2009

PATRÍCIA BARRETO DE ANDRADE

Zootecnista

**POTENCIAIS POLINIZADORES E REQUERIMENTOS DE POLINIZAÇÃO DO
GERGELIM (*Sesamum indicum*)**

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

Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas

FORTALEZA - CEARÁ

BRASIL

2009

P569p Andrade, Patrícia Barreto de
Potenciais polinizadores e requerimentos de polinização do gergelim
(Sesamum indicum) / Patrícia Barreto de Andrade, 2008.
75 f.; il.; color.; enc.

Orientador: Prof. PhD Breno Magalhães Freitas
Área de concentração: Apicultura
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de
Ciências Agrárias, Depto. de Zootecnia, Fortaleza, 2009.

1. Abelhas. 2. Biologia floral. 3. Polinização. 4. Produção Agrícola. 5.
Produção agrícola I. Freitas, Breno Magalhães (Orient.) II. Universidade
Federal do Ceará – Pós-Graduação em Zootecnia IV.Título

CDD 636.08

PATRÍCIA BARRETO DE ANDRADE

Zootecnista

**POTENCIAIS POLINIZADORES E REQUERIMENTOS DE POLINIZAÇÃO DO
GERGELIM (*Sesamum indicum*)**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas (Orientador)

Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Júlio Otávio Portela Pereira

Instituto Federal do Ceará - IFCE/Campus Sobral

Prof. Dr. Raimundo Maciel Sousa

Instituto Federal do Ceará - IFCE/Campus Limoeiro do Norte

A Deus por ter me dado o dom da vida.

Aos meus pais David Valdir de Andrade e Laura Barreto de Andrade pela razão da minha
existência.

Aos meus irmãos Simone Barreto de Andrade e Felipe Barreto de Andrade pela amizade e
companheirismo.

Com amor

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A realização do presente trabalho não seria possível sem a participação de várias pessoas e instituições, às quais agradeço:

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre perto de mim e proporcionar condições de realizar essa dissertação.

Aos meus pais e irmãos pela confiança, paciência e apoio valioso

À Universidade Federal do Ceará através do Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado em Zootecnia.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado que me possibilitou realizar esse trabalho.

Ao professor orientador Dr. Breno Magalhães Freitas, pela orientação, paciência, dedicação, sugestões e conselhos.

Ao Dr. Julio Otávio Portela Pereira, pelas críticas e disposição para ajudar neste trabalho.

Ao Dr. Raimundo Maciel Sousa, pelas valiosas sugestões e contribuições a esta pesquisa.

À amiga Dra. Eva Mônica Sarmiento da Silva pelo incentivo e ajuda na elaboração do projeto.

À família: Maria do Socorro Sarmiento da Nóbrega, Francisco Gil Marques da Nóbrega, Antônio José Sarmiento da Nóbrega e Ana Karolina Sarmiento da Nóbrega pelo afeto, carinho e apoio durante os trabalhos de campo. Ao Manuel Messias Melo dos Santos, o Baixinho e à Maria José Avelino de Sousa pela ajuda em Sousa na Paraíba.

À EMBRAPA e aos funcionários da EMBRAPA Algodão: Gildo Araújo, Ramon Vasconcelos, Dra. Nair Helena Arriel, Samara e Célio Abdala por ceder a área experimental, pela ótima recepção e apoio à pesquisa.

Aos estagiários da UFC José Antônio de Lima, Leonardo Lopes e aos estagiários do CENTEC, Romanne Galdino, Rivânia, Raquel e Samuel pela ajuda no experimento de campo em Barbalha.

Aos amigos de Barbalha: Wagner pelo apoio e ajuda, Rita, Antônio, Antônio Filho, Jussara, Romário, Expedita, Natália Nascimento e Jardel Paixão pelo carinho, amizade e convivência harmoniosa na EMBRAPA.

Aos colegas do Laboratório de Abelha da Universidade Federal do Ceará: Epifânia Rocha, Daniele Saraiva, Fred, Diego de Melo e ao Marcelino de Moçambique pela ajuda imprescindível na contagem das sementes.

A todos do Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará pela colaboração nos testes de qualidade fisiológica das sementes, principalmente: Tiago Dias, pela colaboração nos testes e nas análises estatísticas; Diego, pelo auxílio na melhoria deste trabalho; Haynna, Nayara e Wener pela cooperação. E aos colegas do laboratório de Nutrição Animal: Nery Júnior, Iana e Roseane Madeira pelo apoio nas análises do óleo da semente.

Ao professor Dr. Marco Esmeraldo pela atenção, esclarecimentos e presteza no NEPAU (Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana).

Aos professores e funcionários do Departamento de Zootecnia pelos ensinamentos e ajuda no transcorrer do curso.

Aos colegas de pós-graduação: Marieta Maria Martins Vieira, Ana Carolina de Barros Moura, Higo Leonardo Lacerda de Sousa, Ana Patrícia Bezerra, Labib Santos Duarte, Katiane Queiroz, Danielle Abreu, Michelle Guimarães, Igor Torres, Isac Gabriel, Marcelo Milfont, Marcus Roberto Góes Ferreira Costa, Luís Barreto, Ítalo Araújo, Társio Thiago Lopes Alves Guilherme Sobral e Leonília Ferreira (in memoriam) pelo companheirismo, amizade, ajuda nos estudos e compreensão. Aos amigos do 411: Rômulo Augusto, Willian Mochel, Leonardo Hunaldo e Cutrim, pelos momentos de estudo, alegria e descontração. Às amigas Greicy Mitzi e Camila Rodrigues pela amizade e palavras de apoio.

Às amigas Barreiras: Lílian Andrade Soares, Chíntia Gurgel, Cíntia Gonçalves da Silva e Mariana Queiroz pela amizade e compreensão.

Ao amigo Thiago Mahlmann e à Dra. Favízia Freitas de Oliveira, da Universidade Estadual de Feira de Santana – BA, pela identificação das abelhas.

À secretária do Programa de pós-graduação em Zootecnia Francisca Prudêncio. A todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para a realização desse experimento.

Muito obrigada!

RESUMO

O trabalho teve por objetivo estudar os requerimentos de polinização do gergelim (*Sesamum indicum*), assim como seus visitantes florais e os efeitos dos tipos de polinização na produção de frutos e qualidade de sementes. A pesquisa foi realizada em três localidades: no município de Sousa na Paraíba, com a variedade BRS SEDA, numa propriedade particular; no município de Barbalha no Ceará, com a variedade G2, em um campo experimental da Embrapa Algodão; e na Universidade Federal do Ceará (UFC) em Fortaleza, onde foram feitas as análises laboratoriais. As observações foram coletadas de dezembro de 2007 a fevereiro de 2008 em Sousa e de novembro de 2008 a janeiro de 2009 no município de Barbalha. O trabalho foi dividido em quatro etapas: 1 - diversidade e abundância dos visitantes florais no gergelim; 2 - comportamento de forrageamento dos visitantes florais; 3 - biologia floral, requerimentos de polinização e eficiência polinizadora de *Apis mellifera* com apenas uma visita e 4 - avaliação dos efeitos dos tipos de polinização na produção de frutos e na qualidade das sementes. Os experimentos foram montados em delineamento inteiramente casualizado e os dados analisados por meio de análise de variância com comparação de médias *a posteriori* pelo teste Tukey. Todos os visitantes observados foram da ordem Hymenoptera, sendo representados por três famílias diferentes: Apidae, Anthophoridae e Vespidae. As abelhas *Apis mellifera* e *Trigona spinipes*, em ambos os municípios, iniciaram a coleta de pólen junto à antese, às 7 horas, cessando às 11 horas. Após esse horário passaram somente a coletar néctar, cessando às 17 horas em Sousa e às 15 horas em Barbalha. Houve diferença significativa entre os tratamentos no número de frutos colhidos 30 dias após as polinizações, onde o maior número de frutos colhido foi observado na polinização livre e este tratamento apenas foi diferente da autopolinização manual. Com a polinização livre foi obtido o melhor resultado, tanto aos 5 dias, como aos 30, mesmo não sendo diferente da polinização manual cruzada. Os resultados deste trabalho mostram que não há carência de polinizadores e nem de déficit de polinização na área. Foi demonstrado que o gergelim é uma planta de polinização mista, pois os resultados deste experimento mostraram que ele pode produzir frutos sob qualquer um dos tipos de polinização testados. Suas flores são capazes de se autopolinizar, que não depende de agentes externos. As polinizações restritas com papel e restrita com filó apresentaram os frutos com sementes mais pesadas e uma maior quantidade delas dentro do fruto. Também não foram encontradas diferenças entre os tratamentos de polinização para a avaliação fisiológica das sementes. Conclui-se que as abelhas foram os visitantes florais mais abundantes e diversos, sendo a espécie *Apis mellifera* considerada uma potencial polinizadora, já que foi capaz de visitar as flores de gergelim para coleta legítima e ilegítima de néctar e pólen. A cultura do gergelim beneficia-se tanto da autopolinização quanto da polinização cruzada.

Palavras-chaves: abelhas, biologia floral, eficiência de polinização, polinização agrícola, visitantes florais.

ABSTRACT

The present work aimed to study the pollination requirements of sesame (*Sesamun indicum*), its floral visitors and the effects of the different kinds of pollination on fruit production and seed quality. The research was carried out in three localities, in the municipality of Sousa, in Paraíba, in a private farm with the BRS SEDA variety; in the experimental field of Embrapa Algodão situated in the municipality of Barbalha, in Ceará with G2 variety; and in the Universidade Federal do Ceará (UFC) in Fortaleza, CE, where the laboratorial analyses were done. The observation were gathered from December 2007 to February 2008 in Sousa and from November 2008 to March 2009 in Barbalha. The work was divided into four steps: 1 – diversity and abundance of the floral visitors of sesame; 2 – foraging behavior of its floral visitors; 3 – floral biology, pollination requirements and pollination efficiency of *Apis mellifera* with a single visit; and 4 – assessment of the effects of the different kinds of pollination in the seed quality. All The experimental design was completely randomized and the data were analyzed by ANOVA and the means were *a posteriori* compared by Tukey test. All the visitors observed were from Hymenoptera order, which were represented by three different families: Apidae, Anthophoridae and Vespidae. The *Apis mellifera* and *Trigona spinipes* bees, in both municipalities, started to gather pollen in the same time that the anthesis occurred until 11h. After this time they started to collect nectar until 17h in the municipality of Sousa, and until 15h in Barbalha. There was no significant difference ($P < 0,05$) in the number of fruit harvested among the five kinds of pollination (free, hand self-pollination, hand cross-pollination, restricted with tulle bag and restricted with paper bag). Also, none difference was observed among pollination treatments for the physiological evaluation of the seeds. It is concluded that the bees were the most abundant and diverse floral visitors, which *Apis mellifera* specie was considered a potential pollinator, due its ability to visited the flowers of sesame for nectar and pollen legitimate and illegitimate collection. The sesame crop benefits itself from auto-pollination as well as from cross-pollination, indifferently.

Key-words: Bees; Pollination efficiency; Agricultural pollination; floral visitors.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1 - Flores e botões florais do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) variedade G2 em Barbalha, CE, 2008.....	26
Figura 2 - Plantas de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) variedade BRS Seda recém colhido e sendo secado ao sol em Sousa na PB, 2008.....	31
Figura 3 - Polinização restrita com saco de papel e polinização restrita com saco de filó na mesma planta em Barbalha, CE.....	35
Figura 4 - Padrão diário de visitação das abelhas às flores de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Sousa, PB.....	43
Figura 5 - Padrão diário de visitação das abelhas às flores de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Barbalha, CE.....	43
Figura 6 - Padrão de visitação da abelha <i>Apis mellifera</i> nas flores do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) variedade BRS SEDA, ao longo do dia, em Sousa, PB.....	46
Figura 7 - Número médio de abelhas <i>Apis mellifera</i> e <i>Trigona spinipes</i> coletando pólen de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) ao longo do dia em Barbalha, CE, 2008.....	46
Figura 8 - Número médio de abelhas <i>Apis mellifera</i> e <i>Trigona spinipes</i> coletando néctar de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) ao longo do dia em Barbalha, CE, 2008.....	46
Figura 9 - a) <i>Apis mellifera</i> coletando pólen com as corbículas cheias de pólen na flor do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) e b) <i>Apis mellifera</i> coletando néctar com o corpo completamente dentro da flor em Barbalha, CE.....	48
Figura 9 - Número médio de abelhas <i>Apis mellifera</i> e <i>Trigona spinipes</i> coletando néctar ao longo do dia em Barbalha, CE, 2008.....	
Figura 10 - Flor do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>), recém aberta, variedade BRS SEDA, mostrando no detalhe os nectários extraflorais, em Sousa, PB, 2007.....	48
Figura 11 - Padrão de comportamento de quatro espécies de abelhas em Barbalha, CE. a) <i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>cearensis</i> ; b) <i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>grisescens</i> ; c) <i>Trigona spinipes</i> ; d) <i>Apis mellifera</i> . a), b) e c) pilhando néctar	

e d) coletando pólen das flores do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Barbalha, CE.....	48
Figura 12 - Corte na flor do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>), cultivar G2, com as anteras liberando pólen às 7:00h em Barbalha, CE, 2008.....	52
Figura 13 - Diferentes tipos de flores presentes em uma única planta de gergelim a) folha trilobada b) e c) dentada d) lanceolada; e) linear.....	52
Figura 14 - Estigma da flor do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>), cultivar G2, com o estigma receptivo às 7:00h em a) e não receptivo às 12:00h em b) em Barbalha, CE, 2008.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1 – Visitantes do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) observados no município de Sousa, PB, de 27 de dezembro de 2007 a 30 de janeiro de 2008.....	41
Tabela 2 - Visitantes florais do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) observados no município de Barbalha, CE, de 16 de novembro a 12 de dezembro de 2008.....	41
Tabela 3 - Número de flores e duração da viagem nas flores do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em diferentes comportamentos da abelha <i>Apis mellifera</i> em Sousa, PB.....	50
Tabela 4 - Abelhas visitantes florais e suas características de tempo de visita e número de visitas nas flores do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Barbalha, CE em 2008.....	50
Tabela 5 – Número de frutos vingados em flores do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) para diferentes horários de polinização em Barbalha, CE, 2009.....	55
Tabela 6 - Vingamento inicial e persistência dos frutos de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em função do tipo de polinização em Barbalha, CE, 2009.....	57
Tabela 7 - Número e peso médio de sementes por fruto de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) oriundas de cinco tipos de polinização em Barbalha, CE, 2009.....	59
Tabela 8 - Vingamento inicial e persistência dos frutos com uma visita de <i>Apis mellifera</i> às flores de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Barbalha, CE, 2009.....	60
Tabela 9 - Peso médio e número de sementes oriundas de polinização efetuada por uma visita de abelhas <i>Apis mellifera</i> às flores de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Barbalha - CE, 2009.....	62
Tabela 10 - Valores médios relativos à primeira contagem e germinação (%) de sementes de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) provenientes dos cinco tipos de polinização em Barbalha, CE, 2009.....	63

Tabela 11 - Valores médios relativos ao índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e emergência de plântulas (%) de gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) provenientes dos cinco tipos de polinização em Barbalha, CE, 2009.....	64
---	----

65

Tabela 12 - Avaliação do peso médio de 1000 sementes (g), peso seco da parte aérea, Energia Bruta do óleo (EB) e porcentagem de matéria seca (MS).....	
--	--

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	15
2 – OBJETIVOS.....	17
2.1 – Objetivo geral.....	17
2.2 – Objetivos específicos.....	17
3 – REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1 – As abelhas e a polinização.....	16
3.2 – A cultura do gergelim.....	21
3.2.1 – Origem.....	21
3.2.2 – Importância econômica.....	22
3.2.3 – Uso e composição das sementes.....	22
3.2.4 – Produção e produtividade.....	24
3.2.5 – Variedades.....	24
3.3 – Polinização do gergelim.....	25
4 - MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1 – Localização da área experimental.....	28
4.2 – Características climáticas.....	28
4.3 – Solo e relevo.....	29
4.4 – Plantio e práticas culturais.....	29
4.5 – Coleta de dados e experimentos.....	31
4.5.1 – Visitantes florais e potenciais polinizadores do gergelim em Sousa, PB e Barbalha, CE.....	31
4.5.2 – Comportamento de forrageamento dos visitantes.....	31
4.5.3 – Biologia floral.....	33
4.5.4 – Requerimentos de polinização do gergelim em Barbalha, CE.....	34
4.5.5 – Eficiência de polinização da abelha <i>Apis mellifera</i> com uma visita na polinização do gergelim em Barbalha, CE.....	36
4.5.6 – Influência da polinização na qualidade fisiológica das sementes.....	36
4.6 – Análise Estatística.....	38
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1 Visitantes florais e potenciais polinizadores do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Sousa, PB e Barbalha, CE.....	39

5.1.1 – Diversidade e abundância dos visitantes florais do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Sousa, PB e Barbalha, CE.....	40
5.1.2 – Frequência de abelhas forrageando as flores do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Sousa, PB e Barbalha, CE.....	42
5.1.3 – Comportamento de forrageamento dos visitantes florais do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Sousa, PB e Barbalha, CE.....	44
5.2 – Biologia floral.....	51
5.2.1 – Antese e senescência das flores do gergelim.....	53
5.2.2 – Liberação do pólen.....	53
5.2.3 – Receptividade do estigma.....	54
5.3 – Requerimentos de polinização.....	56
5.3.1 – Vingamento inicial e persistência dos frutos em função do tipo de polinização do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Barbalha, CE.....	56
5.3.2 – Número e peso de sementes por fruto em função do tipo de polinização do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>) em Barbalha, CE.....	59
5.4 – Eficiência da polinização da abelha <i>Apis mellifera</i> com uma visita.....	60
5.4.1 – Número de frutos vingadados.....	60
5.4.2 – Número e peso médio de sementes por fruto.....	61
5.5 – Influência do tipo de polinização na qualidade fisiológica das sementes do gergelim (<i>Sesamum indicum</i>), Cultivar G2 em Barbalha, CE.....	62
5.5.1 – Germinação e primeira contagem.....	62
5.5.2 – Índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência de plântulas (TME) e emergência de plântulas em Barbalha, CE.....	64
5.5.3 – Peso seco da parte aérea, peso de 1000 sementes, energia bruta do óleo e matéria seca das sementes.....	65
6 - CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS	67

1. INTRODUÇÃO

A polinização é fundamental para a reprodução sexual das plantas superiores. Apenas através da transferência do pólen das anteras até o estigma de flores da mesma espécie, pode acontecer a polinização. Do sucesso da mesma depende a fecundação dos óvulos da flor, e conseqüentemente formação de sementes e frutos, garantindo assim, a próxima geração de plantas (MALERBO-SOUZA, *et al* 2008). Quando a polinização ocorre de forma direta, o pólen é transferido das anteras para o estigma da mesma flor, é chamada de autopolinização. A polinização indireta ou polinização cruzada ocorre entre flores de plantas diferentes da mesma espécie (MORGADO, 2002).

A transferência dos grãos de pólen do órgão masculino para o feminino poderá ocorrer através de agentes externos como a gravidade, o vento, a água ou animais. Os animais que realizam essa transferência são conhecidos como polinizadores e podem ser insetos (ex: abelhas, besouros, moscas, borboletas, vespas, mariposas), aves (ex: beija-flores e periquitos) e mamíferos de pequeno porte (ex: morcegos, roedores, marsupiais).

Cerca de 80% das plantas com flores são polinizadas por abelhas (FREE, 1993), pois as mesmas dependem das plantas para a alimentação, apresentam uma enorme diversidade de espécies, visitam constantemente as flores e possuem pêlos por todo o corpo, o que facilita a aderência e o transporte de grãos de pólen.

A polinização é um serviço ecológico fundamental apontado como o principal benefício das abelhas para o homem. Porém, sua importância e suas conseqüências nos ecossistemas silvestres e agrícolas nem sempre é bem compreendida pelo público geral (FREITAS, 2005).

A maior parte dos vegetais cultivados de interesse econômico, é dependente quase que exclusivamente da polinização dos insetos, seja na produção de frutos e/ou sementes (McGREGOR, 1976).

O gergelim é considerado uma cultura autógama. Porém as taxas de cruzamento variam de 5 a 65% (FREE, 1993). Mesmo plantas prioritariamente de autopolinização, como o gergelim, podem se beneficiar pela polinização realizada por insetos, contribuindo para aumentar a produtividade. No caso do algodão (*Gossypium hirsutum*) pode aumentar de 5 a 20% a quantidade de algodão por capulho (SILVA, 2007) e melhorar a qualidade dos frutos da pimenta do gênero *Capsicum* (CRUZ, 2009).

A cultura do gergelim é considerada uma opção de grande importância econômica e social para as condições do Nordeste brasileiro. É de fácil cultivo, tolerante à estiagem e, principalmente, pode ser fonte de alimento e gerar renda e trabalho para pequenos e médios produtores (QUEIROGA, *et al* 2008).

Apesar de introduzido no Brasil no século XVI, o gergelim nunca foi tratado como lavoura de valor econômico e social para o país, mas apenas como lavoura secundária, para uso doméstico. No entanto, existem conhecimentos e tecnologias sobre essa cultura que possibilitam a perspectiva econômica, especialmente para o Semi-Árido nordestino (BELTRÃO e VIEIRA, 2001).

Atualmente, a sua exploração tem sido incentivada devido ao lançamento do Programa Brasileiro de Biodiesel, que busca alternativas de combustíveis derivados de qualquer óleo vegetal ou gordura animal. Existe uma tendência de ampliação do mercado da alimentação vegetariana ou naturalista beneficiando a cultura do gergelim, que é considerada uma fonte de proteína vegetal. A possibilidade do uso da farinha do gergelim em produtos panificáveis, ou na merenda escolar, abrirá novo mercado e poderá beneficiar a população mais carente do país, a baixo custo (BELTRÃO e VIEIRA, 2001).

Devido à carência de informações sobre o uso das abelhas na polinização cultura do gergelim existe a necessidade de maiores estudos, visando diminuir os custos de produção e mostrando resultados potenciais de aumento de produção. Desta forma, o presente trabalho se propõe a identificar e estudar o comportamento dos potenciais polinizadores do gergelim, sua biologia floral, seus requerimentos de polinização e avaliar a dependência de polinizadores bióticos desta espécie vegetal no estado do Ceará, entre outros aspectos importantes para essa cultura.

2 – OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral:

- Identificar os visitantes florais do gergelim (*Sesamum indicum*) e avaliar a dependência desta espécie vegetal por polinizadores bióticos.

2.2. Objetivos específicos:

- Investigar o comportamento dos visitantes florais no gergelim e identificar os potenciais polinizadores;
- Determinar os requerimentos de polinização do gergelim (*Sesamum indicum*);
- Verificar a eficiência de polinização de potenciais polinizadores no gergelim;
- Avaliar as sementes produzidas através da polinização dos visitantes.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 As abelhas e a polinização

A polinização consiste na transferência do pólen contido nas anteras (órgãos masculinos da flor) para o estigma (porção receptiva dos órgãos femininos). A transferência de pólen para o estigma pode ocorrer numa mesma flor na própria planta (autopolinização), ou com a transferência dos grãos de pólen da antera de uma flor para o estigma de outra flor da mesma espécie (polinização cruzada), mas de plantas diferentes (MALERBO-SOUZA, *et al* 2008). A polinização adequada pode garantir um aumento na qualidade das sementes e dos frutos produzidos dependendo da cultura (RICHARDS, 2001).

A polinização cruzada é geralmente a forma mais favorecida pelas espécies vegetais para impedir a homozigose, tornando-as cada vez mais dependentes da ação dos agentes polinizadores no transporte de pólen entre as plantas. Esse transporte precisa ser rápido, para que o pólen não perca sua viabilidade, e abundante em número de grãos de pólen para garantir uma seleção natural dos grãos mais vigorosos durante o crescimento do tubo polínico (ELLEMAN, 1992).

Outra forma de polinização, a autopolinização, é geralmente menos benéfica às plantas, chegando ao ponto de várias espécies vegetais procurarem evitá-la completamente ou em parte, desenvolvendo mecanismos para que os estigmas não recebam seu próprio pólen. Esses são os casos de plantas dióicas (indivíduos somente com flores masculinas ou somente flores femininas), da dicogamia (maturação do androceu e gineceu em épocas diferentes), da hercogamia (barreiras existentes entre as partes sexuais das plantas), e da heterostilia (androceu e gineceu em posições que dificultam o depósito do pólen da própria flor) (RAVEN *et al.*, 1992).

Sendo organismos sedentários, a polinização das plantas fica na dependência de intermediários, agentes externos e móveis, chamados de agentes polinizadores, para transferirem os grãos de pólen dos estames para os estigmas das flores, já que não podem se deslocar em busca de parceiros sexuais.

Os agentes polinizadores podem ser classificados em dois grupos: os abióticos: vento, a água (como em algumas plantas aquáticas), a gravidade (caso de plantas com pólen pesado) e os bióticos: como insetos, aves, répteis e mamíferos. Os agentes polinizadores são atraídos pelos recursos oferecidos pelas flores, como néctar, pólen e óleos, ao se alimentarem, transferem pólen de uma flor para outra. Esses agentes têm um grande papel na nossa vida,

pois, mais de 75% das plantas agrícolas que alimentam o mundo e muitas plantas utilizadas na indústria farmacêutica, dependem da polinização por insetos ou outros animais para se reproduzir sexualmente e produzir sementes, grãos, amêndoas, castanhas, frutas, vagens, folhagens, raízes, óleos vegetais, essências, corantes naturais, etc. (NABHAN e BUCHMANN, 1997; KEVAN e IMPERATRIZ-FONSECA, 2002).

Aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo são polinizadas por alguma espécie de abelha, 19% por moscas, 6,5% por morcegos, 5% por vespas, 5% por besouros, 4% por pássaros e 4% por borboletas e mariposas (FAO, 2004).

As abelhas são os principais agentes polinizadores dos vegetais. Em troca, eles produzem substâncias adocicadas que atraem as abelhas ou outro agente polinizador, as quais carregam em seus pêlos o pólen dessa planta. O pólen é importante para o desenvolvimento das larvas das abelhas, pois é a sua principal fonte de proteína, logo, ao garantir o seu desenvolvimento, elas também perpetuam a espécie vegetal (SOUSA, *et al* 2007).

Uma espécie animal para ser considerada polinizadora de uma espécie vegetal é preciso que esse polinizador seja atraído pelas flores da cultura, que seja fiel à cultura, que tenha tamanho e comportamento adequado para retirar pólen dos estames e transferi-los para os estigmas, que carregue em seu corpo grandes quantidades de pólen viável e compatível, que visitem as flores no momento em que os estigmas estejam receptivos e antes da degeneração dos óvulos (FREITAS e PAXTON, 1996; FREITAS, 1997).

Ao contrário da maioria dos potenciais polinizadores, que apenas visita as flores para atender suas necessidades imediatas e quase sempre não as tem como a única fonte de alimento, as abelhas de um modo geral, alimentam-se basicamente de pólen e néctar, precisando visitar um grande número de flores diariamente para satisfazerem suas necessidades individuais, das crias e/ou da colônia. Essa visitação incansável às flores faz das abelhas os principais agentes polinizadores das plantas silvestres ou cultivadas (CORBET *et al.*, 1991; FREE, 1993; NOGUEIRA-NETO, 1997; KERR *et al.*, 1996).

A interação entre abelhas e plantas garantiu aos vegetais o sucesso na polinização cruzada, que constitui numa importante adaptação evolutiva das plantas, aumentando o vigor das espécies, possibilitando novas combinações de fatores hereditários e aumentando a produção de frutos e sementes (COUTO e COUTO, 2002). Neste contexto, não apenas os componentes dessa interação são beneficiados, mas também o homem, que ao longo dos anos desenvolveu técnicas que lhe permitiram tirar proveito do serviço de polinização das abelhas (VIEIRA *et al.*, 2004).

O sucesso no processo da polinização depende de fatores relacionados à espécie

vegetal como: a estrutura e morfologia da sua flor, o volume, concentração e conteúdo de açúcar total do seu néctar, horário e padrão de secreção do néctar ou liberação de pólen, viabilidade e longevidade do pólen, a compatibilidade do pólen ao nível de indivíduo, variedade ou cultivar, período de receptividade do estigma, e vida útil dos óvulos (HARDER e THOMSON, 1989; FREITAS, 1996).

Por outro lado, para que uma espécie animal qualquer, incluindo as abelhas, possa ser classificada como polinizadora de certa planta, é preciso que o potencial polinizador seja atraído pelas suas flores; que apresente fidelidade aquela espécie; que possua tamanho e comportamento adequados para remover pólen dos estames e depositá-los nos estigmas; que transporte em seu corpo quantidades suficientes de pólen viável e compatível; que visite as flores quando os estigmas ainda apresentam boa receptividade e antes do início da degeneração dos óvulos. Por isso, nem todas as espécies vegetais são igualmente atrativas para todos os polinizadores, e nem todo visitante floral é eficiente na polinização de qualquer espécie vegetal (FREE, 1993; FREITAS e PAXTON, 1996; FREITAS, 1997).

O uso de abelhas para polinização de pomares já é, hoje em dia, uma prática muito utilizada em países desenvolvidos e grandes produtores de frutos, como o Chile, a Espanha, Israel e os Estados Unidos (COUTO, 1998). Nos Estados Unidos, essa prática é comum desde 1909, e considera-se que o valor proporcionado pelo aumento de produtividade e qualidade dos frutos produzidos no mundo apenas pela polinização realizada por abelhas seja atualmente de 153 bilhões de euros (MORSE e CALDERONE, 2008, GALLAI *et al*, 2009).

Esses polinizadores estão em declínio em todo o mundo. A intensificação da agricultura, o aumento no uso de pesticidas, o decréscimo de recursos florais, o aumento no tamanho das áreas de monoculturas, o uso intensivo do solo e da água e o uso de fertilizantes sintéticos deram origem à diminuição dos seus habitats naturais por causa do aumento da procura por terras agrícolas para satisfazer o consumo global de alimentos (AIZEN *et al*, 2009).

3.2 A cultura do gergelim

No Nordeste sua exploração comercial teve início em 1986, após a drástica redução do cultivo do algodão, embora seja explorado na Região Centro-Sul do País, especialmente no Estado de São Paulo há mais de 60 anos para atender ao segmento agro-industrial oleaginoso e de alimentos *in natura* (BELTRÃO e VIEIRA, 2001).

Nos últimos anos o gergelim tem despertando o interesse de novos produtores e empresários brasileiros que buscam uma cultura alternativa para alimentação e exploração agrícola viável. É um alimento de alto valor nutricional, rico em óleo e proteínas. Além dos fins alimentares, seus grãos encontram diversas aplicações na indústria farmacêutica, cosmética e óleo-químico. A torta obtida da prensagem dos grãos se constitui em excelente concentrado para alimentação animal (BELTRÃO, 1994 *et al*).

Devido a sua tolerância à seca e facilidade de cultivo apresenta alto potencial agrônômico podendo ser usado em rotação e sucessão de culturas, consorciado com o algodão, funciona como cultura armadilha para mosca branca e para controle de formigas cortadeiras. É uma cultura que se insere tanto nos tradicionais sistemas de cultivo como na agricultura sustentável e orgânica (BAHIA, 2000).

3.2.1 Origem

O gergelim é de ampla adaptabilidade, de distribuição tropical e subtropical, cultivada de 25° S a 25° N, mas pode ser encontrada também até 40° N na China, Rússia e Estados Unidos a 30° S na Austrália e a 35° S na América do Sul.

Há registro de seu cultivo há mais de 4.300 anos antes de Cristo nos países do Oriente Médio, Egito, Irã, Índia e China onde suas sementes eram muito apreciadas como condimento e alimento requintado e energético.

É originário da Ásia, mais precisamente, da região em que hoje é o Paquistão (BELTRÃO e VIEIRA, 2001), tendo de lá se dispersado para Itália, China e Japão, que junto com outras áreas, tornaram-se centros secundários de distribuição (WEISS 1983).

No Brasil, provavelmente foi introduzido pelos portugueses e, apesar de ser uma cultura de grande valor econômico, seu cultivo é ainda bastante restrito, sendo mais utilizado em pequenas áreas (PRATA, 1969)

3.2.2 Importância Econômica

O cultivo do gergelim apresenta grande potencial econômico, em função das possibilidades de exploração, tanto no mercado nacional quanto no internacional, devido às sementes conterem cerca de 50% de óleo de excelente qualidade, que pode ser utilizado nas indústrias alimentar, química e farmacêutica (MORETTO e ALVES, 1986). Elas podem ser consumidas *in natura* e de diversas formas, portanto o óleo é a principal razão do seu cultivo (ARRIEL e GUEDES, 1997). A Ásia e a África detêm cerca de 90% da área plantada (BELTRÃO e VIEIRA, 2001).

No Nordeste do Brasil, a exploração permanece em níveis de subsistência, com poucos excedentes comercializáveis, apesar da boa adaptabilidade da cultura.

Embora com produção inferior a maioria das oleaginosas cultivadas, como por exemplo, a soja, côco, dendê, o amendoim, o girassol, a mamoma, o cultivo do gergelim merece um grande incentivo na sua exploração, pois representa também uma excelente opção agrícola ao alcance do pequeno e médio produtor, exigindo práticas agrícolas simples e de fácil assimilação. Existem possibilidades do gergelim se tornar um grande produto de consumo interno, suprimindo as necessidades das redes de fast-food e na alimentação natural, sendo o seu excedente, exportado (BAHIA, 2000).

A maioria da energia consumida no Brasil e no mundo vem dos combustíveis fósseis como petróleo, carvão e gás natural. Essas fontes não são renováveis, por isso o Brasil está investindo em pesquisas por fontes alternativas de energia como os óleos vegetais para substituir o óleo diesel para ser usado em motores a diesel. Estas pesquisas vêm tendo resultados satisfatórios e o uso desse combustível de origem agrícola é bastante atrativo sob o aspecto ambiental. Neste contexto, o óleo tem boas qualidades para obtenção do biodiesel e pode promover a inclusão da agricultura familiar na cadeia produtiva do biodiesel (ALMEIDA *et al*, 2009).

3.2.3 Usos e Composição das sementes

Os grãos são o principal produto do gergelim. Fornecem óleo e farinha, ricos em cálcio, fósforo e ferro, vitaminas A, B, e C. Os grãos com coloração preta são mais ricos em cálcio e vitamina A e usados na alimentação natural. Os grãos tostados dão origem a uma farinha muito nutritiva, a qual, novamente tostada e centrifugada, transforma-se em tahine, um tipo de margarina de grande uso entre os árabes; o gergelim preto é usado no preparo do

gersal (gergelim mais sal) que se constitui em um dos temperos básicos da culinária e substância da medicina macrobiótica e integral; na culinária caseira, usa-se o grão como tempero e dele se extraem farinha usada, como massa para biscoito, bolachas, bolos, pães e pastas (QUEIROGA, *et al* 2008).

A torta de gergelim é um subproduto da extração do óleo e pode ser destinado à alimentação humana e animal. Tem alto teor de proteína (39,77%) e baixo teor de fibras (4,7%). Se obtida pelo método Expeller (prensagem dos grãos) possui, em média, 8,2% de umidade, 12,8% de óleo, 22,8% de carboidratos e 11,8% de cinzas (BAHIA, 2000).

O óleo tem teores altos de ácidos graxos insaturados, de proteína digestível e de sesamol (2%), quando comparado com outros óleos vegetais Possui grande resistência a rancificação por oxidação, devido à presença do sesamol, composto com função antioxidante (FRANCO, 1970; WEISS, 1983).

Devido à sua alta estabilidade oxidativa, o óleo de gergelim tem sido adicionado à margarina, aos óleos de salada e de fritura. Nos últimos anos, atenção especial tem sido dada aos antioxidantes naturais, em virtude da tendência mundial de redução de aditivos sintéticos (FRANKEL, 1996).

Outra característica peculiar do óleo de gergelim é sua função de ativador de certas substâncias inseticidas, como a rotenona e a piretrina, entre outras, cujos efeitos tóxicos são aumentados em presença do óleo de gergelim. Esta propriedade não será encontrada em nenhum outro óleo e é atribuída à sesamina, um dos compostos responsáveis pela atividade antifúngica observada nessa planta (SILVA, 1983; ARRIEL *et al.*, 1999).

Dentre as gorduras do gergelim, encontra-se a lecitina, que é um fosfolípido (gordura fosforada) que desempenha uma importante função no nosso organismo. E componente essencial do tecido nervoso, também se encontra no sangue, no sêmen e na bÍlis e intervém na função das glândulas sexuais. A lecitina é um poderoso emulsificante, que facilita a dissolução das gorduras em meio aquoso. Uma das suas funções no sangue consiste em manter dissolvidos os lipídios em geral, especialmente o colesterol, evitando assim que se deposite nas paredes das artérias (arteriosclerose). O gergelim é, juntamente com a soja, o vegetal mais rico em lecitina.

A Proteína (20%) é de alto valor biológico, formadas por 15 aminoácidos diferentes com elevada proporção de metionina (aminoácido essencial). São encontradas as vitaminas, especialmente E (tocoferol), B1 ou tiamina (0,1 mg por 100 g) e B2 ou riboflavina (0,24 mg por 100 g). Minerais e oligoelementos são diversos, especialmente cálcio, fósforo, ferro, magnésio, cobre e cromo. Mucilagens, ao que deve sua ação laxante suave. Essas

propriedades lhe conferem inúmeras possibilidades de uso e elevada resistência à oxidação. Na indústria alimentar, o gergelim é usado principalmente na panificação e na indústria de biscoitos e doces, enquanto na indústria química, o óleo é utilizado na fabricação de margarinas, cosméticos, perfumes e vários outros produtos. Na culinária caseira, sua presença é constante, fazendo parte da cultura alimentar da população (BELTRÃO e VIEIRA, 2001)

3.2.4 Produção e produtividade

O gergelim é cultivado em numerosos países, especialmente naqueles que dispõem de mão-de-obra abundante. É explorado em 65 países, dos quais 24 se localizam na Ásia, 21 na África, 15 na América Central e do Sul e 5 na Europa. A produção mundial atual está estimada em 7.725.706 toneladas, com produtividade de 464,6 kg/ha, sendo a nona oleaginosa mais cultivada no mundo. A Ásia e a África detêm cerca de 90% da área plantada. Os principais países produtores são Egito, África Central, Israel, Peru, Arábia Saudita e Macedônia (FAO, 2007).

O Brasil é um pequeno produtor, com apenas 16.000 toneladas de grãos produzidas por ano, das quais 80% são importadas, em 25.000 ha e rendimento em torno de 640 kg/ha (FAO, 2007).

Esta cultura em condições de sequeiro no semi-árido nordestino tem apresentado produtividades de mais de 600 kg/ha com o uso de poucos passos tecnológicos, espaçamentos e configurações de plantios adequados. Além do cultivo tradicional na maioria dos Estados nordestinos, o gergelim é cultivado em São Paulo, Goiás (maior produtor), Mato Grosso e Minas Gerais (BELTRÃO e VIEIRA, 2001).

3.2.5 Variedades

As variedades de gergelim diferenciam-se por vários atributos como altura, ciclo (de 70 a mais de 170 dias), coloração das sementes e tipo de ramificação. As variedades de sementes de cor branca e ou creme são as de maior valor comercial, ao passo que as de cor preta têm demanda restrita, mas em ascensão no mercado externo. A maioria das cultivares brasileiras apresenta ramificações e sementes de cor creme (EMBRAPA, 2007a).

O programa de melhoramento genético do gergelim da Embrapa Algodão, em Campina Grande, PB, já viabilizou o desenvolvimento de quatro cultivares comerciais (BELTRÃO *et al.*, 1994; EMBRAPA, 2000; ARRIEL *et al.*, 2006).

As principais características das cultivares de gergelim em distribuição no Nordeste são as seguintes:

Cultivar CNPA G2: cultivar de porte mediano (até 1,60m), ciclo médio (100 dias) e hábito de crescimento ramificado; apresenta três frutos/axila foliar, semente de coloração creme; possui tolerância à mancha angular e susceptibilidade à Cercosporiose. É recomendada para plantio de sequeiro e irrigado em todos os estados do Nordeste devido à sua alta estabilidade produtiva (EMBRAPA, 2007a).

Cultivar CNPA G3: cultivar de porte médio (até 1,60m), ciclo: 90 a 100 dias, hábito de crescimento ramificado, floração e maturação uniformes. Apresenta 1 fruto/axila e semente de coloração creme. Possui resistência à mancha angular e susceptibilidade à cercosporiose e à macrofomina. É indicada para a Região Semi-Árida nordestina, onde a mancha angular é a principal doença da cultura (EMBRAPA, 2007).

Cultivar CNPA G4: Cultivar de porte mediano (1,55m), ciclo 90 dias, hábito de crescimento ramificado com floração e maturação uniformes, 1 fruto/axila e sementes de cor creme, com teor de óleo variando de 48% a 50%. É tolerante à murcha de macrofomina, mancha angular e Cercosporiose. É indicada para cultivo na Região Nordeste e Cerrado de Goiás (EMBRAPA, 2000).

BRS SEDA: Cultivar de ciclo precoce 90 dias, com início da floração aos 30 dias de emergência. Porte mediano, hábito de crescimento ramificado, 1 fruto/axila e sementes de cor branca, com teor de óleo variando de 50% a 52%. É tolerante à murcha de macrofomina, mancha angular e Cercosporiose. Foi feita pressão de seleção para sementes de coloração branca. As sementes de cor branca possuem maior valor comercial, principalmente para indústrias alimentos e confeitarias (ARRIEL *et al*, 2007a).

3.3 Polinização do gergelim

O gergelim apresenta as flores completas, gamopétalas, zigomorfas e aparecem em cachos, alternadas ou opostas (Figura 1), cada uma com um pedúnculo curto, nas axilas das folhas (YERMANOS, 1980). O cálice possui cinco sépalas fendidas. A corola é tubular, de cor branca a violeta, com um lóbulo para cima e três para baixo. Podem ter cor rósea, branca ou violeta, são completas e axilares, em número de 1 a 3 por axila foliar (ARRIEL *et al*, 2000).



Figura 1: Flores e botões florais do gergelim (*Sesamum indicum*) variedade G2 em Barbalha, CE, 2008.

Quanto à biologia floral, Abdel All et al. (1976), observaram que o estigma se encontra receptivo antes da abertura da flor, permanecendo assim por até 24 horas depois da antese. Desta forma, os insetos que entram na flor para coletar pólen, contribuem tanto para a polinização cruzada como autopolinização das flores.

Nas manhãs de dias nublados, frios e chuvosos, a liberação do pólen é adiada por duas horas após a abertura da flor e a probabilidade de polinização cruzada por insetos aumenta. Enquanto Yermanos (1980), afirma que a receptividade do estigma da flor do gergelim é perdida em 14 horas depois da abertura da flor. No entanto, Free (1993) assegura que o estigma das flores do gergelim só se torna receptivo a partir de duas horas após abertura da flor.

O gergelim é considerado uma espécie predominantemente autógena por Wiess (1983), porém as taxas de cruzamento variam de 5 a 65% (FREE, 1993) e 1 a 68% de polinização cruzada natural (YERMANOS, 1980), que podem variar com a região, cultivares, condições climáticas e população de insetos.

Apenas Napoletano (2008) em Capistrano, CE, forneceu informação sobre os requerimentos de polinização do gergelim quando comparou diferentes tipos de polinização e constatou que a polinização livre produz mais frutos que a autopolinização.

Alguns insetos penetram na corola e fecundam com pólen de outras flores, alguns por ter um porte maior ou ter hábito de pilhar néctar, perfuram na base da flor, não

influenciando na polinização. Os insetos frequentemente observados visitando as flores do gergelim são as abelhas do gênero *Apis*. Existe pouca literatura sobre o assunto até o momento sobre visitantes florais, apenas Marchini *et al.* (2001) e Sachdeva, *et al* (2003), observaram os visitantes com frequência no gergelim, sendo basicamente vespas, as abelhas *Apis mellifera* e abelhas solitárias, em São Paulo e na Índia. Sendo a planta do gergelim considerada como uma planta de interesse apícola.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Localização da área experimental

A primeira parte do experimento foi implantado no município de Sousa, interior do estado da Paraíba. Sousa dista 420 km de João Pessoa, a temperatura média anual é de 27°C e pluviosidade média de 747,47 mm anuais. A sede do município apresenta altitude de 223m e coordenadas geográficas de 38°13'51" longitude Oeste e 6°45'39" de latitude Sul. Os experimentos iniciaram em dezembro de 2007, época em que o gergelim entrou em florescimento devido à indução floral e irrigação, sendo finalizados em fevereiro de 2008.

A presente pesquisa foi realizada também no campo Experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Algodão, Estação Experimental de Barbalha, interior do estado do Ceará, geograficamente localizado na Microrregião do Cariri Cearense, apresentando coordenadas geográficas de 7° 19' Sul, de 39° 18' Oeste em relação a Greenwich e 409,03 m de altitude (DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1992). Barbalha dista 405 km da capital, Fortaleza. Os experimentos foram iniciados em novembro de 2008, época em que o gergelim entrou em florescimento, sendo finalizados em dezembro e os frutos colhidos a partir de janeiro de 2009.

4.2 – Características climáticas

Em Sousa, o clima é classificado como quente semi-úmido (do tipo Aw', segundo a classificação de Köppen), com temperatura média anual por volta dos 27°C e índice pluviométrico em média de 800 mm anuais. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril, no entanto, existe a irregularidade da distribuição temporal e espacial dessas chuvas (GUTIERRES e SILVA, 2007).

O clima predominantemente de Barbalha, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw'i (clima tropical úmido com estação seca da primavera a início do verão); a temperatura média anual é de 24 °C e a precipitação média anual de 1.200 mm, com período chuvoso se estendendo de dezembro a maio; o trimestre mais chuvoso vai de janeiro a março e o mais seco de junho a novembro, com umidade relativa média de 60% (EMBRAPA, 1999; DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1992).

4.3 – Solo e relevo

O município de Sousa, geomorfologicamente está inserido na unidade do Pediplano Sertanejo em relevo com formas que vão do plano, suavemente ondulado a ondulado, associado a uma vegetação predominante do tipo caatinga hiperxerófila, sendo constituída por vegetais de porte arbóreo ou arbustivo e de caráter xerófilo, com grande quantidade de plantas espinhosas, cactáceas e bromeliáceas. A área é formada por terrenos sedimentares, cujo solo é constituído de argilitos, calcíferos, ocorrendo solos minerais profundos e argilosos com muito cascalho. O relevo do local do experimento está situado em bacia de origem tectônica, cujo relevo apresenta-se plano, com algumas serras (IBGE, 2005). Toda essa área está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas. Quanto aos solos encontrados na região das Várzeas de Sousa, os mais representativos são: Solos Aluviais, Solonetz-Solodizado e Vertissolos (GUTIERRES e SILVA, 2007).

O relevo de Barbalha é classificado como Chapada do Araripe. Os tipos de solo encontrados são Aluviais, Litólicos, Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo. A vegetação é caracterizada por Carrasco, Floresta Caducifólia Espinhosa, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial, Floresta Subcaducifólia Xeromorfa e Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular (IPECE, 2007). O solo da área de estudo é classificado como um Neosolo Flúvico (EMBRAPA, 1999; DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1992).

4.4 – Plantio e práticas culturais

Em Sousa foi cultivado o gergelim da cultivar BRS Seda, a nova variedade de sementes brancas, que tem ciclo de 85 a 89 dias, início de floração aos 35 dias e porte médio. Essa cultivar foi originada através da seleção massal aplicada na cultivar Zirra FAO 51284 com pressão de seleção para sementes de coloração branca. Seu hábito de crescimento é ramificado com apenas um fruto por axila foliar. As sementes de coloração branca possuem maior valor comercial, principalmente para indústrias de alimentos e confeitaria (ARRIEL *et al.*, 2007a).

O gergelim em Sousa foi plantado em outubro de 2007, de forma manual, com espaçamento de 0,50m entre linhas e 0,20m entre covas deixando 2 ou 3 plantas por cova. A

irrigação foi por aspersão. Não foi usado nenhum tipo de fertilizante químico no solo sendo considerado um plantio orgânico. A produção orgânica adota práticas de rotação de cultura, aproveitamento de resíduo orgânico e controle biológico, eliminando a utilização de adubos químicos. Esta técnica de cultivo apresenta uma vantagem comparada ao sistema convencional devido ao seu impacto benéfico ao meio ambiente.

Foram utilizadas em Barbalha, sementes de gergelim da cultivar CNPA G2, originada de seleção massal a partir de uma população segregante da cultivar Venezuela-52. A cultivar G2 apresenta como características, porte mediano (160 cm), ciclo médio de 100 dias e hábito de crescimento ramificado, além de três frutos por axila foliar, com sementes de coloração creme. Possui tolerância à mancha-angular e susceptibilidade à cercosporiose e murcha-de-macrohomina. (ARRIEL *et al*, 2007b). É recomendada para plantio de sequeiro e irrigado, em todos os estados do Nordeste, devido à sua boa estabilidade produtiva (FREIRE *et al.*, 1994).

O plantio foi feito em 18 de setembro de 2008, manualmente, usando cerca de 30 sementes por cova e em uma área com irrigação por aspersão, circundada por vegetação nativa. Em seguida, foi feito desbaste, eliminando o excesso de plantas para que fiquem apenas duas ou três plantas por cova. O espaçamento utilizado foi de 1,00m x 0,20m.

Antecedendo o plantio do gergelim, foi feita uma adubação de fundação por adubo químico (NPK). Após a emergência das plântulas fez-se duas adubações química de cobertura com NPK, a primeira com sulfato de amônio e cloreto e a segunda com sulfato de amônio. Posteriormente, passou-se a realizar capinas manuais.

Nas duas localidades (Sousa e Barbalha) o gergelim foi semeado após o fim das chuvas, coincidindo com o período de estiagem para se obter sementes de bom padrão comercial.

O processo de colheita também foi igual em ambas as localidades. As plantas foram cortadas próximas ao solo, quando as mesmas estavam amareladas e com os frutos inferiores iniciando a abertura. Foram amarradas em feixes e arrumadas em cercas de arame para serem secadas ao sol (Figura 2). Após 10 dias procedeu-se a batedura dos feixes em cima de uma lona plástica e efetuou-se o recolhimento e limpeza das sementes para armazenagem em sacos apropriados para comercialização.



Figura 2 - Plantas de gergelim (*Sesamum indicum*) variedade BRS Seda recém colhido e sendo secado ao sol em Sousa na PB, 2008.

4.5 – Coleta de dados e experimentos

Os seguintes dados e experimentos foram conduzidos:

1. Visitantes florais e potenciais polinizadores do gergelim;
2. Biologia floral do gergelim;
3. Requerimentos de polinização do gergelim;
4. Eficiência da polinização da abelha *Apis mellifera*;
5. Influência da polinização na qualidade fisiológica da semente

4.5.1 – Visitantes florais e potenciais polinizadores do gergelim

Em Barbalha, no CE, e em Sousa, na PB, durante o pico de florescimento, procurou-se determinar os visitantes florais do gergelim e dentre estes quais poderiam desempenhar um papel na polinização da cultura, e assim ser objeto de estudo durante todo o experimento.

Durante quinze dias foram realizadas observações entre 7:00 e 15:00 h em Barbalha e onze dias, de 7:00 as 17:00 h em Sousa. Percorreu-se a cada hora, um transeito ininterrupto de 15 minutos de duração, por entre as plantas em florescimento, sendo feito o mesmo trajeto em todas as caminhadas. À medida que os insetos eram observados, foram anotados os horário de visitação às flores por parte dos principais visitantes florais. A cada caminhada eram registradas quais as abelhas encontradas visitando as flores e o número de indivíduos por espécie nas flores naquele horário. Também foi registrado separadamente, o número de coletoras de pólen e o número de prováveis coletoras de néctar (sem pólen nas corbículas).

Foi usado um cronômetro para obter o tempo gasto para cada visita à flor e em seguida calculada a média. Após essas observações, os insetos eram coletados através de caminhadas em zigue-zague entre as fileiras no plantio, com o auxílio de uma rede entomológica e sacrificados com acetato de etila. Posteriormente, foram montados em alfinetes entomológicos, devidamente etiquetados e enviados para identificação pela Dra. Favízia Freitas de Oliveira da Universidade Estadual de Feira de Santana – BA.

No município de Sousa na Paraíba foi realizado o mesmo procedimento, porém em 11 dias, no período de dezembro de 2007 a janeiro de 2008.

Durante a captura de visitantes florais, dados sobre a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) foram registrados a cada hora do dia.

Com os dados de frequência de abelhas forrageando, número médio de abelhas, de visitas e tempo de permanência da abelha nas flores do gergelim, foram obtidos médias e erros padrões de cada horário.

4.5.2 - Comportamento de forrageamento dos visitantes florais

Cada espécie de visitante floral teve seu comportamento observado e suas ações anotadas durante a visita às flores, tanto em Sousa, PB quanto em Barbalha, CE. A coleta de pólen das anteras foi constatada através de observações diretas do comportamento das abelhas nas flores. Os seguintes dados foram coletados:

- a) Tempo médio gasto por cada viagem à flor do gergelim: Procedeu-se a cronometragem do tempo de permanência das espécies de visitantes florais na flor do gergelim, assim como o tempo total que levavam em cada flor e o número de pousos efetuados durante as viagens.

- b) Recursos florais coletados e modo de coleta: Era observado o tipo de recurso coletado pelas abelhas na flor do gergelim (néctar ou pólen) e como ela se comportava na flor, se tocava as partes masculinas e femininas e com isso transportava pólen de uma flor para outra.
- c) Número total de flores visitadas: Durante 15 minutos era observado e anotado o número total de flores visitadas por cada espécie durante uma única viagem de forrageamento.

A frequência de abelhas forrageando, o número médio de abelhas, de visitas e o tempo de permanência da abelha nas flores do gergelim, foram obtidos através das médias e erros padrões de cada horário.

4.5.3 - Biologia floral

Foram observados aspectos da biologia floral do gergelim como período de florescimento da cultura, horário de antese, formato das flores, cor, número de estames e características das anteras.

Durante o florescimento da cultura no mês de novembro de 2008, em Barbalha, CE, verificou-se a longevidade floral, a deiscência e receptividade das flores do gergelim.

Para estudo do ciclo da flor (horário de antese e longevidade) foram ensacados e marcados aleatoriamente 30 botões florais em pré-antese, com saco de filó de nylon de 20x20 cm e malha de 1x 1 mm. No dia seguinte, as flores foram observadas a partir das 6:30h até as 15:00h, anotando-se quando ocorria a antese e o tempo de duração das flores.

Para o teste de receptividade do estigma, utilizou-se o método direto de polinização cruzada das flores ao longo do dia. Para tanto, 90 botões florais foram ensacados e marcados e, no dia seguinte, a partir das 7:00h, quando os estames já estavam liberando pólen, a receptividade dos estigmas foi verificada por meio de polinização manual cruzada. Logo após este processo as flores eram novamente isoladas. Foram utilizadas 30 flores às 7:00 e 20 às 8:00h, 9:00h e 10:00h, quando era observado a diminuição dos grãos de pólen nas anteras das flores e a superfície estigmática seca e murcha. Após a queda da flor o saco de filó era retirado. Os horários de maior receptividade foram verificados cinco dias após as polinizações, através da confirmação do vingamento inicial dos frutos. O número de frutos vingados em cada horário foi anotado e os testes de requerimento de polinização foram feitos nos horários que mais vingaram frutos, que eram também os horários de maior receptividade do estigma.

4.5.4 - Requerimentos de polinização do gergelim em Barbalha, CE

Visando conhecer os requerimentos de polinização do gergelim e o papel do vento, insetos e abelhas na polinização, principalmente para avaliar a necessidade da ação de agentes polinizadores para a fecundação das flores do gergelim o seguinte experimento foi realizado e repetido durante todo o período de florescimento da cultura:

Foram escolhidos aleatoriamente 813 botões florais entre as plantas e marcados com uma fita amarrada no pecíolo. Para todos os tratamentos foram utilizado como proteção dos botões e posteriores flores e frutos, sacos de filó de nylon de 20 x 20 cm de malha de 1 x 1 mm ou sacos de papel. As fitas utilizadas para identificação das flores continham cores diferentes de acordo com o tipo de tratamento e data e todas foram acompanhadas durante toda a evolução de seus frutos.

Os tratamentos usados nesse experimento foram: T1: Polinização livre; T2: Polinização restrita com saco de papel; T3: Polinização restrita com saco de filó; T4: Polinização manual com pólen da própria planta (Autopolinização); T5: Polinização manual cruzada com pólen de outra planta da mesma cultivar. A metodologia adotada para os diversos tratamentos dos tipos de polinização é descrita a seguir:

T1: Polinização livre – Cento e quarenta flores de gergelim foram apenas marcadas com uma fita colorida e acompanhadas durante toda a evolução de seus frutos a fim de se identificar o nível de polinização natural das flores pela ação dos agentes polinizadores existentes no local do experimento.

T2: Polinização restrita com saco de papel – Cento e quarenta e quatro botões florais escolhidos aleatoriamente e ensacados, para a observação da existência ou não de autopolinização no gergelim. Os botões florais foram isolados, ensacados com saco de papel e etiquetados no dia anterior à sua antese (Figura 3). As flores permaneceram ensacadas durante o período em que se encontravam abertas, evitando qualquer contato dos agentes polinizadores bióticos e abióticos, como o vento, com elas. Os sacos permaneceram nas flores por 3 dias, até o vingamento do fruto ou queda da flor, quando então foram removidos.

T3: Polinização restrita com saco de filó – Os botões florais foram isolados, ensacados de tela fina de filó e etiquetados no dia anterior à sua antese (Figura 3). As flores permaneceram ensacadas durante o período em que se encontravam abertas, evitando qualquer contato dos agentes polinizadores bióticos com elas. Nesse tratamento procurou-se estimar o papel do vento na polinização do gergelim. Para tanto, 174 botões florais escolhidos

aleatoriamente foram ensacados. Os sacos permaneceram nas flores por 3 dias, até o vingamento do fruto ou queda da flor, quando então foram removidos.



Figura 3 – Polinização restrita com saco de papel e polinização restrita com saco de filó na mesma planta em Barbalha, CE.

T4: Autopolinização manual - Um dia antes dos trabalhos de polinização, 185 botões florais que abririam no dia seguinte foram ensacados com saco de filó e ficaram protegidos da visita de qualquer possível polinizador biótico. No dia seguinte, quando essas flores abriram, foi retirado o saco de proteção de cada flor e em seguida realizada o toque das anteras de algumas flores da mesma planta com o estigma da flor a ser polinizada. A seguir a flor polinizada foi ensacada novamente, de forma a deixá-la bem isolada, e devidamente etiquetada. O saco permaneceu na planta até a queda da flor.

T5: Polinização cruzada manual – Este tipo de polinização foi feita em 176 flores e seguiu a mesma metodologia anterior, diferindo apenas na origem da flor doadora de pólen, que neste caso foram flores de outras plantas, bem como antes da polinização as flores eram emasculadas no momento da polinização, com o auxílio de uma pinça fina a fim de não haver contaminação com o pólen da mesma planta.

O vingamento dos frutos foi avaliado aos 5 dias após a manipulação das flores e a persistência dos frutos verificada aos 30 dias, no momento da colheita.

Quando os frutos apresentaram-se no ponto de colheita, ou seja, quando as folhas começaram a amarelar e cair e as vagens apresentaram mudança na coloração de verde para marrom, foram colhidos cuidadosamente e procedidos às avaliações de produtividade por tratamento. O peso das sementes e o número de sementes por fruto foram utilizados para a comparação entre os tratamentos.

4.5.5 - Eficiência de polinização da abelha *Apis mellifera* com uma visita na polinização do gergelim

Para este experimento, os botões florais foram ensacados no dia anterior à sua abertura e os sacos retirados cedo da manhã do dia seguinte. As flores foram observadas, esperando-se a visita das abelhas às flores. Logo que a flor recebeu a primeira visita, ela foi ensacada novamente. O vingamento dos frutos foi avaliado aos 5 dias após a manipulação das flores e a persistência dos frutos verificada aos 30 dias, no momento da colheita. Logo que os frutos atingiram o estágio de amadurecimento, foram colhidos cuidadosamente e anotado os parâmetros para comparação, que foram: o número de frutos produzidos, o peso das sementes por fruto e o número médio de sementes por fruto.

4.5.6 - Influência da polinização na qualidade fisiológica da semente.

Os testes foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes e no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza–CE. Foram utilizadas sementes oriundas de todos os tratamentos de polinização.

Os frutos colhidos permaneceram por cerca de dez dias em repouso, para completar a maturação fisiológica das sementes. Para a extração das sementes, retirou-se a casca dos frutos maduros e abriu-se. Foram retiradas amostras de cada tratamento realizado, as quais foram submetidas a testes de avaliação do potencial fisiológico. As sementes foram mantidas em sacos de papel e armazenadas em câmara fria e seca (7°C e 45%U.R) até o início dos testes.

As seguintes variáveis foram analisadas para cada tipo de tratamento descrito acima:

Teste de Germinação: Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento, as quais foram semeadas em placas de Petri revestidas com duas folhas de papel toalha tipo Germitest, umedecidos com água destilada, o equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e colocadas para germinar com temperatura variando entre 20-30° C e o fotoperíodo de 8h de luz e 16h de escuro. As avaliações foram realizadas aos três e seis dias após a semeadura (BRASIL, 1992) e os resultados foram expressos em porcentagem média com base no número de plântulas normais.

Primeira contagem de germinação: Conduzido, conjuntamente, com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais, no sexto dia após a sementeira.

Emergência de plântulas: Para esta avaliação, utilizou-se quatro repetições de 50 sementes por tratamento. Foram semeadas em bandejas de isopor de 200 células, contendo substrato de areia de rio lavada e esterilizada. As irrigações foram feitas por sistema de nebulização, visando o fornecimento de água para a germinação das sementes e emergência das plântulas. O teste foi avaliado no 6º dia após a sementeira, sendo computada a porcentagem de plântulas normais.

Índice de velocidade de emergência: para a determinação deste índice foram efetuadas contagens diárias de plântulas emergidas até o 6º dia após a sementeira. Foram consideradas emergidas as plântulas cujos cotilédones afloraram a superfície da areia. O índice de velocidade de emergência foi calculado conforme a metodologia sugerida por Maguire (1962).

Peso seco da parte aérea: Foram utilizados quatro repetições de 50 plântulas provenientes da última contagem do índice de velocidade de emergência. As plântulas foram colocadas em estufa modelo NOVA ÉTICA, com circulação forçada a 80° por 24 horas, sendo posteriormente pesadas em balança da marca GEHAKA modelo AG 200, com precisão de 0,0001.

Peso de 1000 sementes: Foram realizadas pesagens de 8 sub-amostras de 100 sementes obtidas por contagem manual. De posse desses dados, calculou-se a média, a variância, o desvio e o coeficiente de variação, para obtenção do peso de 1000 sementes segundo as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 1992).

Matéria seca e energia bruta do óleo: Foram pesadas em balança GEHAKA modelo AG 200 duas amostras de 2g cada para cada tratamento e em seguida levadas para estufa modelo NOVA ÉTICA a 105°C por 24 horas. Foram pesadas novamente e a energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica adiabática (Modelo 1242 Parr Instruments Co. USA). Para essas determinações seguiu-se a metodologia proposta por AOAC (1980). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (Fortaleza – CE).

4.6 Análise estatística

As observações a respeito do tempo de duração das visitas às flores e número médio de flores visitadas por viagem por abelha foram obtidas por meio de cálculo das médias e erros padrões de cada horário.

Os dados relacionados ao requerimento de polinização do gergelim, ou seja, vingamento em função do tipo de polinização foram analisados por meio do teste não paramétrico de Qui-quadrado (ZAR, 1984), através do programa “SAS”, procedimento FREQ, pois tinham caráter binomial (fruto vingado=1 X fruto não vingado=0), não atendendo as pressuposições para uma análise de variância. Como este teste determina somente se há ou não diferenças e não quais tratamentos são diferentes, foram analisados separadamente os tratamentos de forma que cada um fosse comparado com todos os outros utilizando um nível de significância de 5%.

Os dados referentes ao peso da semente e número de sementes por fruto foram analisados através da análise de variância, e as médias foram comparadas *a posteriori* pelo teste de Tukey (5%), calculado pelo programa estatístico usado foi o ASSISTAT versão 7.5 beta (2006).

Os dados dos testes de emergência de plântula, índice de velocidade de emergência e peso seco da parte aérea foram analisados no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições cada. A comparação das médias foi realizada através da análise da variância, para $P < 0,05$ (BANZATTO e KRONKA, 2006). Em seguida, as médias foram comparadas *a posteriori* pelo teste de Tukey (5%), calculado pelo programa estatístico usado foi o ASSISTAT versão 7.5 beta (2008).

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Visitantes florais e potenciais polinizadores do gergelim em Sousa, PB e Barbalha, CE

Foram coletadas sete espécies diferentes de insetos visitando as flores do gergelim (*Sesamum indicum*) nos dois municípios estudados (Sousa e Barbalha). Todos os indivíduos observados foram da ordem Hymenoptera, sendo representados por três famílias diferentes: Apidae, Anthophoridae e Vespidae (Tabelas 1 e 2).

Em Sousa foram observadas as espécies: *Apis mellifera*, *Trigona spinipes*, *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens*, *Xylocopa* sp., *Brachygrasta lecheguana* e *Vespidae* sp.

As observações em Barbalha apresentaram as seguintes abelhas como visitantes florais do gergelim: *Apis mellifera*, *Trigona spinipes*, *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens*, *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis* e *Xylocopa* sp.

Em trabalhos feitos até hoje com gergelim no Brasil, foram observados outras espécies de visitantes como: *Melissoptila unicoloris*, *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens*, *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis*, *Xylocopa carbonaria*, *Tetrapedia* sp., *Trigona* sp., *Trigona spinipes*, *Arhysoceble* sp. e *Dicranthidium arenarium* (SILVA, 2005; NAPOLETANO, 2008).

Fora do Brasil, Sachdeva, *et al* (2003), pesquisando o gergelim na Índia, observou como visitantes florais: *Vespa* sp, *Polistes* sp, *Xylocopa* spp., *Apis dorsata*, *A. mellifera*, *A. florea*, *Trigona iridipennis*, *Megachile* sp., *Vespula maculifrons*, *Ceratina sexmaculata* (*C. smaragdula*), *Nomia elliotii* e *Halictus catullus*. Além das famílias Apidae, Anthophoridae e Vespidae, também encontradas neste trabalho, Sachdeva, *et al* (2003), relatou espécimes de mais cinco famílias: Megachilidae, Halictidae, Coleoptera, Lygaeidae e Coccinellidae. Esses resultados sugerem que o gergelim é atrativo para diversos visitantes florais.

Em Sousa e em Barbalha foram verificadas as mesmas ordens e quatro espécies de insetos em comum. O número de espécies de insetos visitando as flores do gergelim foi mais elevado em Sousa, contudo, o número de insetos em Barbalha (8122) foi superior ao observado em Sousa (5866), usando a mesma metodologia, época do ano e fase do ciclo da cultura, mas com variedades de gergelim diferentes (Tabelas 1 e 2). Considerando esses dados, pode-se suspeitar que essas diferenças provavelmente tenham ocorrido em função das características das cultivares de gergelim estudada e do tamanho populacional de cada espécie na região. A BRS SEDA, variedade cultivada em Sousa, possui nectários extraflorais que

atraiam os insetos quando a flor não estava secretando néctar e o pólen não estava disponível. O gergelim G2, variedade cultivada em Barbalha, não possui nectário extrafloral. Essa diferença pode ser a causa do maior número de *Apis mellifera* em Sousa, pois além de coletarem néctar e pólen das flores, coletavam néctar também dos nectários extraflorais, não dependendo da disponibilidade de flores para freqüentarem a cultura..

5.1.1 – Diversidade e abundância dos visitantes florais do gergelim (*Sesamum indicum*) em Sousa, PB e Barbalha, CE

Entre as espécies coletadas nas flores do gergelim em Sousa e em Barbalha, *Apis mellifera* apresentou a maior abundância relativa quando comparada às demais espécies (69,8% e 97,4% respectivamente) (Tabelas 1 e 2). O que pode ter influenciado a alta frequência dessa espécie em Barbalha foi a existência de dois apiários com colmeias populosas de *Apis mellifera* em uma mata nativa próxima. A literatura cita essa proximidade de colméias de *Apis mellifera* com o plantio como determinantes da abundância de visitantes nativos em cultivos agrícolas (KREMEN, 2004; MARCO JR. e COELHO, 2004).

Esses resultados de frequência das abelhas melíferas nas flores do gergelim estão de acordo com Napoletano (2008) no Ceará, Sachdeva, *et al* (2003) na Índia e Marchini *et al.* (2001) em São Paulo.

O segundo grupo de abelhas mais frequentes em Sousa e Barbalha, foi *Trigona spinipes* com 1,75% e 24,96% respectivamente (Tabelas 1 e 2). Foi observado que em Sousa, o número de *Apis mellifera* e a sua frequência foram maiores que em Barbalha e o inverso aconteceu para *Trigona spinipes*. Considerando que esses dados foram obtidos usando a mesma metodologia, pode-se suspeitar que essas diferenças possivelmente tenham ocorrido em função da variedade do gergelim.

Tabela 1- Visitantes do gergelim (*Sesamum indicum*) observados no município de Sousa, PB, de 27 de dezembro de 2007 a 30 de janeiro de 2008.

Ordem/Família	Espécie	Nº de indivíduos	Frequência (%)
Hymenoptera/Apidae	<i>Apis mellifera</i>	5715	97,38
Hymenoptera/Apidae	<i>Trigona spinipes</i>	104	1,78
Hymenoptera/Anthophoridae	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i>	47	0,81
Hymenoptera/Anthophoridae	<i>Xylocopa</i> sp.	1	0,01
Hymenoptera/Vespidae	<i>Brachygrasta lecheguana</i>	1	0,01
Hymenoptera/Vespidae	<i>Vespidae</i> sp.	1	0,01
Total		5869	

Tabela 2- Visitantes florais do gergelim (*Sesamum indicum*) observados no município de Barbalha, CE, de 16 de novembro a 12 de dezembro de 2008.

Ordem/Família	Espécie	Nº de indivíduos	Frequência (%)
Hymenoptera/Apidae	<i>Apis mellifera</i>	5668	69,780
Hymenoptera/Apidae	<i>Trigona spinipes</i>	2028	24,960
Hymenoptera/Anthophoridae	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i>	405	4,990
Hymenoptera/Anthophoridae	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i>	21	0,260
Hymenoptera/Anthophoridae	<i>Xylocopa</i> sp.	1	0,001
Total		8122	

Para o gênero *Xylocopa*, a frequência foi bastante reduzida. Em Barbalha, *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis* constituiu 4,99% e *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens* com 0,81% e 0,23% para Sousa e Barbalha, respectivamente (Tabela 2).

Estudo feito em Capistrano, estado do Ceará, observou também as espécies *Apis mellifera*, *Xylocopa* sp, *Trigona spinipes* sendo as suas frequências 98,5%, 1,1% e 0,4%, respectivamente (NAPOLETANO, 2008), que mostrou como visitantes florais do gergelim: *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis*, *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens*, *Trigona spinipes*, porém foi observado também: *Melissoptila unicoloris*, *Xylocopa carbonaria*, *Xylocopa* conf. *Suspecta*, *Tetrapedia* sp., *Arhysoceble* sp. e *Dicranthidium arenarium*. A frequência de *Apis mellifera* foi superior à presente pesquisa, 98,5% dos visitantes florais, além de 1,1% de *Xylocopa* sp e 0,4% foram outros visitantes pertencentes às ordens Hymenoptera, Lepidoptera e Diptera.

A frequência relativa não foi determinada para *Xylocopa* sp e nem para a família Vespidea pelo fato desses insetos apresentarem baixa frequência, eles também não entravam na flor, coletavam somente néctar dos nectários extraflorais, sem ter nenhum contato com os órgãos reprodutivos da flor, não contribuindo para a polinização do gergelim. A pequena presença das abelhas do gênero *Xylocopa* no plantio pode ser explicada porque como essas

abelhas são solitárias, por isso o seu número é menor na natureza, em comparação com as abelhas sociais *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* e por não ter havido nenhuma introdução desta espécie na área estudada. Além disso, possuem grande raio de ação em torno do ninho, visitando grandes áreas a cada viagem ao campo.

5.1.2 – Frequência de abelhas forrageando as flores do gergelim (*Sesamum indicum*) em Sousa, PB e Barbalha, CE

No período de execução do experimento em Sousa e em Barbalha, verificou-se que todas as espécies de abelhas iniciaram as visitas às flores do gergelim no momento em que a flor abria (7:00 h). As abelhas melíferas visitaram as flores do gergelim até 17:00h em Sousa (Figura 4) e até às 15:00h em Barbalha. Porém o pico de visitação foi entre 7:00 e 8:00 h, horários de temperaturas mais amenas nos dois municípios pesquisados. As visitas às flores foram para coleta de néctar e pólen. Segundo Free (1993), *Apis cerana* começa a coleta por néctar e pólen às 6:00 h, *Apis dorsata* às 7:00h e *Apis florea* às 8:00h.

Em Sousa, o número médio de abelhas *Apis mellifera* foi crescente até às 12:00 (Figura 4), quando apresentou um pico de visitação. A partir e então, decresceu, mantendo-se constante e aumentou novamente às 16:00h, até cessar a partir de 17:00h. Entre 7:00h e 8:00h observaram-se as menores médias de abelha. Já em Barbalha, foi observado às 8:00h em média 81,1 abelhas *Apis mellifera* superior ao encontrado em Sousa. Das 9:00h às 10:00h houve uma redução nas coletas para 44,2 abelhas. Às 11:00h houve um aumento no número médio de abelhas forrageando (54,9), posteriormente houve uma queda para 29, finalizando as visitas às 15:00h (Figura 4), mais cedo que em Sousa.

Entre 8:00h e 12:00h as abelhas melíferas tiveram maior atividade, com pico entre 9:00h e 10:00h, segundo Napoletano (2008) em Capistrano, CE. Esse padrão de forrageamento parece comum para as abelhas *Apis mellifera* na maioria das culturas, pois outros autores trabalhando com a mesma espécie de abelha na polinização do melão, goiaba, mamona, algodão e berinjela encontraram comportamentos semelhantes (SOUSA, 2003; ALVES e FREITAS, 2006; RIZZARDO, 2007; SILVA, 2007; GUIMARÃES, 2007).

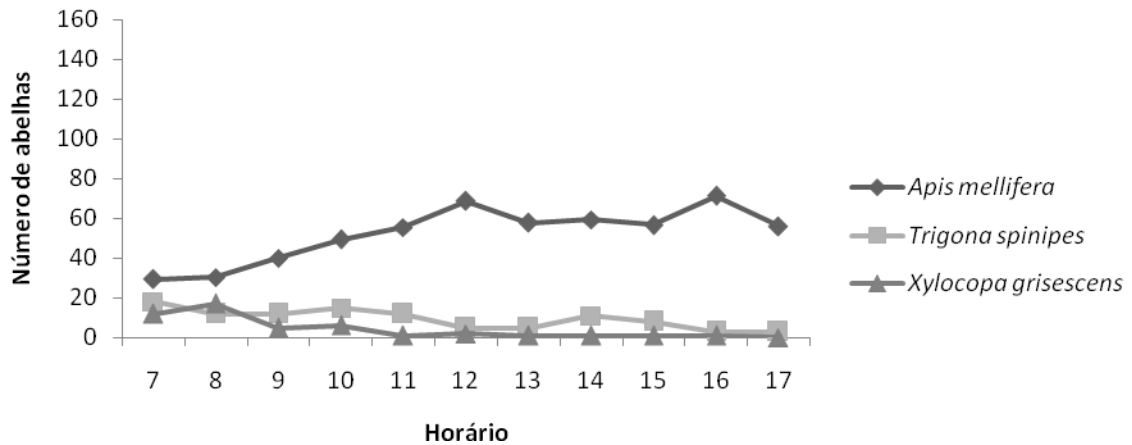


Figura 4: Padrão diário de visitação das abelhas às flores de gergelim (*Sesamum indicum*) em Sousa, PB.

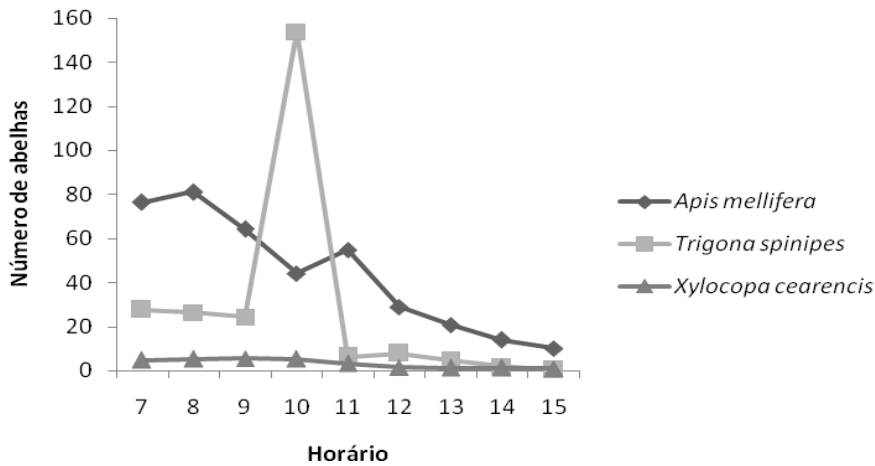


Figura 5: Padrão diário de visitação das abelhas às flores de gergelim (*Sesamum indicum*) em Barbalha, CE.

Trigona spinipes concentrou seu forrageamento no período da manhã em Sousa e em Barbalha. No município de Sousa ela começou às 7:00 h com 18 abelhas em média visitando as flores. Houve uma diminuição, passou a ter um número constante e tornou a diminuir às 12:00 h (Figura 4). Em Barbalha, a visitação iniciou com mais abelhas às 7:00 h (27,7) que em Sousa, em seguida às 10:00h houve um pico acentuado de visitação às flores do gergelim (153,9) (Figura 5). Porém Alves e Freitas (2006) trabalhando com a eficiência de cinco espécies de abelhas na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.) verificou que a espécie *Trigona spinipes* teve um pico de visitação cedo da manhã entre 5:00 e 6:00h. Já Boiça Jr (2004), observou o pico de visitação dessa espécie às 9:00h no maracujazeiro (*Passiflora coccinea*) e Azeredo *et al* (2006) mostrou que elas concentraram suas visitas a batateira (*Solanum tuberosum*) das 10:00h às 15:00h.

Xylocopa grisencens visitou o gergelim durante todo o dia em Sousa (Figura 4), pela manhã houve um aumento até às 8:00 h, onde se observou o maior número médio, logo após isso, começou a decrescer até tornar-se estável até o final da tarde.

As abelhas *Xylocopa cearensis* visitaram as flores do gergelim durante todo o dia de forma constante em Barbalha (Figura 5), começando às 7:00 h com 4,8, ocorrendo um pico às 9:00 h com 5,5 abelhas e decrescendo a partir de 12:00 com 1,2 abelhas visitando as flores. Resultado diferente foi encontrado por Napoletando (2008) em Capistrano, também no Ceará, onde a *Xylocopa* sp. foi mais frequente a tarde, mas o comportamento na flor foi semelhante, apenas para coleta de néctar.

5.1.3 - Comportamento de forrageamento dos visitantes florais do gergelim (*Sesamum indicum*) em Sousa, PB e Barbalha, CE.

Durante essas observações, as campeiras de *Apis mellifera* visitaram as flores em busca de pólen e néctar em nectários florais e extraflorais em Sousa e pólen e néctar floral em Barbalha. A coleta de néctar e pólen ocorreu de forma distinta nos dois municípios estudados.

Em relação à coleta de pólen por *Apis mellifera*, esta ocorreu entre 7:00h e 10:00h, em Sousa (Figuras 6), que coincidiu com o horário de maior quantidade de pólen disponibilizado pelos estames. Percebeu-se que houve um pico de coleta de pólen às 8:00h e em seguida, houve uma queda acentuada até às 12:00h. Às 14:00h três abelhas em média coletaram pólen, finalizando com uma única visita às 17:00h. Em Barbalha, a coleta de pólen foi somente pela manhã e foi semelhante à Sousa. *Apis mellifera* começou a coleta às 7:00h também, o pico também foi às 8:00h e não houve mais coleta de pólen a partir das 12:00h (Figura 7).

Para a coleta de pólen, em Sousa e em Barbalha, as abelhas *Apis mellifera* aproximavam-se da flor, pousavam no lábio inferior central, giravam o corpo para ficarem de frente para as anteras, raspavam-nas com as pernas, coletando pólen e jogavam-no em seu corpo. Esses movimentos pressionando os estames nos estigmas favoreciam a autopolinização (Figura 9a). Logo após saírem da flor, realizavam comportamento de limpeza em vôo pairando no ar em frente à flor, se escovavam a fim de transferir os grãos de pólen da região ventral do seu tórax e abdômen, com o auxílio das pernas anteriores e mediana, compactando-os, para as corbículas. Durante esta limpeza corporal, os grãos de pólen não caem no estigma da flor, como acontece com outras espécies (ALVES, 2000; SILVA, 2007), portanto esse comportamento não contribuía com a polinização do gergelim.

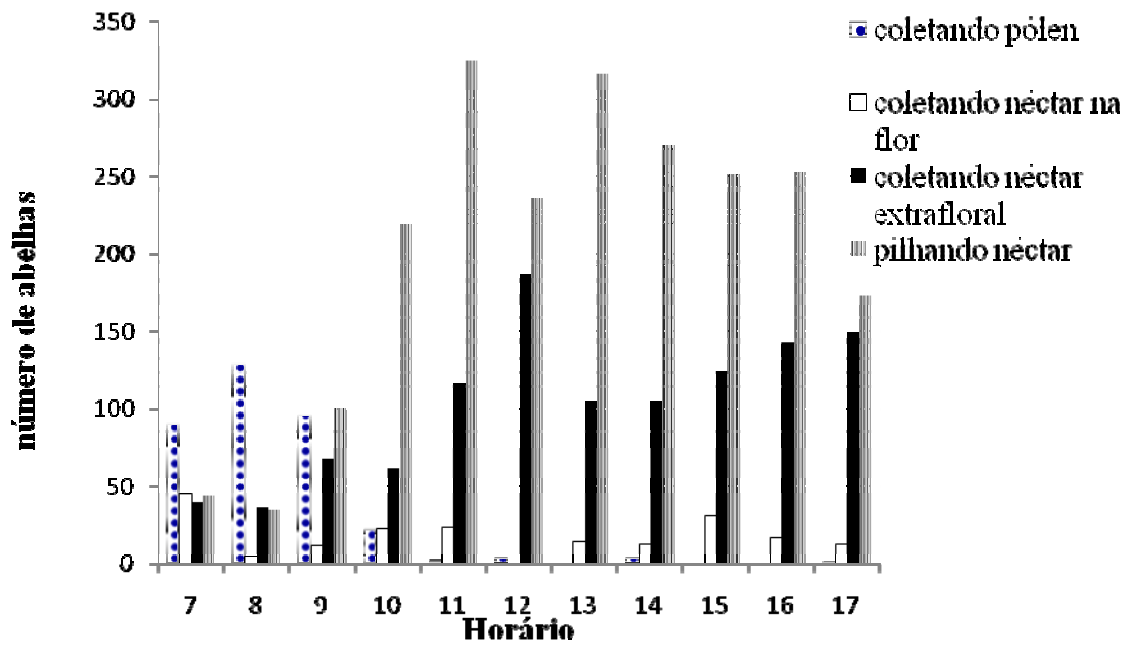


Figura 6: Padrão de comportamento das abelhas *Apis mellifera* no gergelim (*Sesamum indicum*) variedade BRS SEDA, ao longo do dia, em Sousa, PB, 2007.

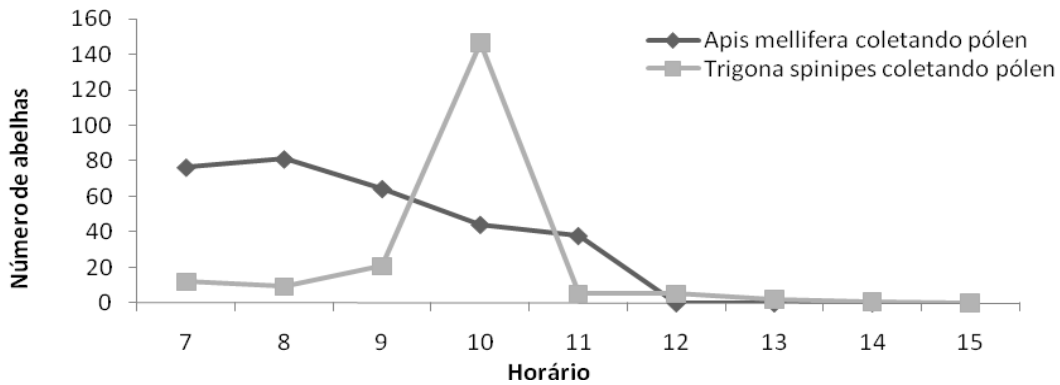


Figura 7: Número médio de abelhas *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* coletando pólen de gergelim (*Sesamum indicum*) ao longo do dia em Barbalha, CE, 2008.

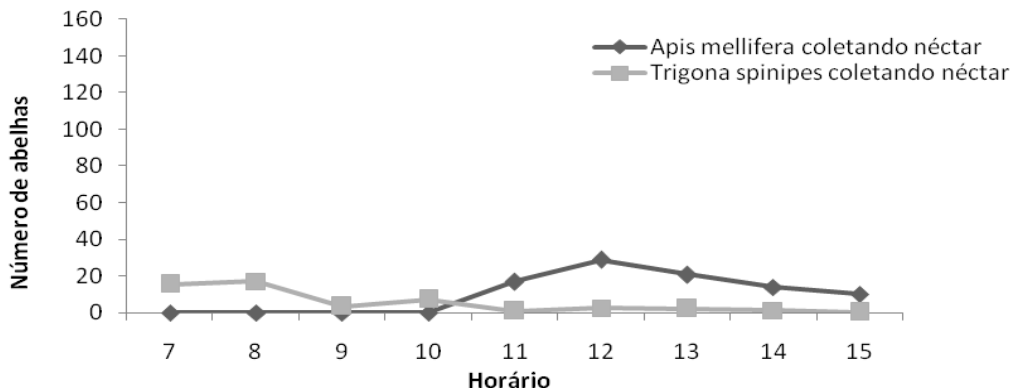


Figura 8: Número médio de abelhas *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* coletando néctar de gergelim (*Sesamum indicum*) ao longo do dia em Barbalha, CE, 2008

A abelha *Trigona spinipes* começou a coletar pólen às 7:00h, em Barbalha, com apenas 12,07 indivíduos. Este um número foi inferior ao de *Apis mellifera*, que foi 76,4 abelhas, em média. O pico para coleta de pólen foi bem acentuado para *Trigona spinipes*, passando de 20,88 às 9:00h para 146,47 às 10:00h (Figura 7) e o número de abelhas *Apis mellifera* era 44,2. Neste horário foi observado uma grande competição entre as duas espécies de abelhas pelas flores que estavam liberando pólen. Em alguns momentos, mesmo quando o número de *Apis* era menor, observava-se duas abelhas querendo entrar ao mesmo tempo dentro de uma flor, nesta situação, a *Apis mellifera* por ser maior e mais forte, jogava o seu corpo contra a *Trigona spinipes* e conseguia entrar na flor.

Já em Sousa, as abelhas *Trigona spinipes* coletaram somente néctar roubando dos nectários florais ou extraflorais do gergelim (Figura 10). Elas apresentaram comportamento pilhador quando procuravam as flores do gergelim para coletar néctar e faziam perfurações na base da corola para alcançar mais facilmente os nectários (Figura 11c). Agindo assim, não entravam em contato com as anteras e nem o estigma das flores, não as polinizando. Esta espécie é descrita como agente polinizador de diversas culturas, podendo ser utilizada inclusive como agente polinizador comercial (SANCHEZ *et al.* 2001). Porém é considerada praga em diversas culturas (GALLO *et al.* 2002), dependendo da florada, por causar danos à flor e demais estruturas, durante a coleta de tecido vegetal utilizado na construção de seus ninhos.

Em Barbalha, com relação à coleta de néctar nas flores do gergelim, a abelha *Apis mellifera* iniciou às 10:00h, quando o quantidade de pólen nas flores pelas anteras estava menor. Às 12:00h, observou-se um pico e em seguida, reduziu até o final da tarde (Figura 8). Enquanto em Sousa, diferente de Barbalha (Figura 6), a coleta de néctar iniciou-se às 7:00h, houve redução às 8:00h, mantendo-se estável às 10:00h. Às 12:00h não houve nenhuma coleta de néctar na flor, retomando às 13:00h. Após este período, houve um aumento às 15:00h novamente e a seguir, a partir das 17:00h foi finalizada. Foram verificados dois picos de coleta de néctar, um pela manhã e outro à tarde. Quando as abelhas pararam de coletar néctar, provavelmente, ele tinha acabado no nectário floral e a planta produziu mais e começou a secretar novamente quando as abelhas retornaram a coleta nas flores. Em Barbalha, não foi observado esse comportamento, quando a flor parou de secretar o néctar, ela não voltou a produzi-lo.



Figura 9: a) *Apis mellifera* coletando pólen com as corbículas contendo pólen na flor do gergelim (*Sesamum indicum*) e b) *Apis mellifera* coletando néctar com o corpo completamente dentro da flor em Barbalha, CE .

Durante a coleta de néctar, em Sousa e em Barbalha, as abelhas *Apis mellifera* aproximavam-se e pousavam na flor, do lado contrário ao que elas entravam para coleta de pólen (Figura 9b). Onde as suas asas e todo o seu corpo entravam em contato com os estames e o estigma, favorecendo tanto a autopolinização como a polinização cruzada. Elas entravam até o fundo da flor, na sua base, alcançavam o nectário floral, introduziam a glossa dentro do nectário e sugavam o néctar. Saíam de uma flor e entravam na vizinha ou na mais próxima. Quando entravam e saíam da flor, tocavam acidentalmente as anteras, o pólen ficava aderido à sua cabeça e abdômen que ficavam em contato com as estruturas sexuais da flor e com isso, contribuindo com a polinização cruzada porque elas contaminavam a próxima flor (Figura 8b). A coleta de néctar na flor era mais rápida que a de pólen nas duas áreas estudadas.

As abelhas *Apis mellifera* em Sousa, comportaram-se diferente de Barbalha. Elas coletaram principalmente néctar extrafloral a partir das 7:00h, quando acontecia a antese da flor, porém em pequenos números. O pico de coleta foi às 12:00h, em seguida houve uma queda e às 14:00h o número de *Apis mellifera* nos nectários extraflorais começou a aumentar novamente, momento em que as abelhas coletaram todo o néctar e a planta produziu mais, em seguida, tornando-se constante a coleta até às 17:00h (Figura 6). No momento em que elas coletavam néctar extrafloral, as abelhas não entravam em contato com as estruturas reprodutivas das flores, pois a coleta era feita externamente, na parte inferior da flor, abaixo das folhas no caule da planta. Quando os insetos visitavam os nectários extraflorais, pousavam em frente ao nectário, introduziam a probóscides e sugavam o néctar.



Figura 10: Flor do gergelim (*Sesamum indicum*), recém aberta, variedade BRS SEDA, mostrando no detalhe os nectários extraflorais, em Sousa, PB, 2007.

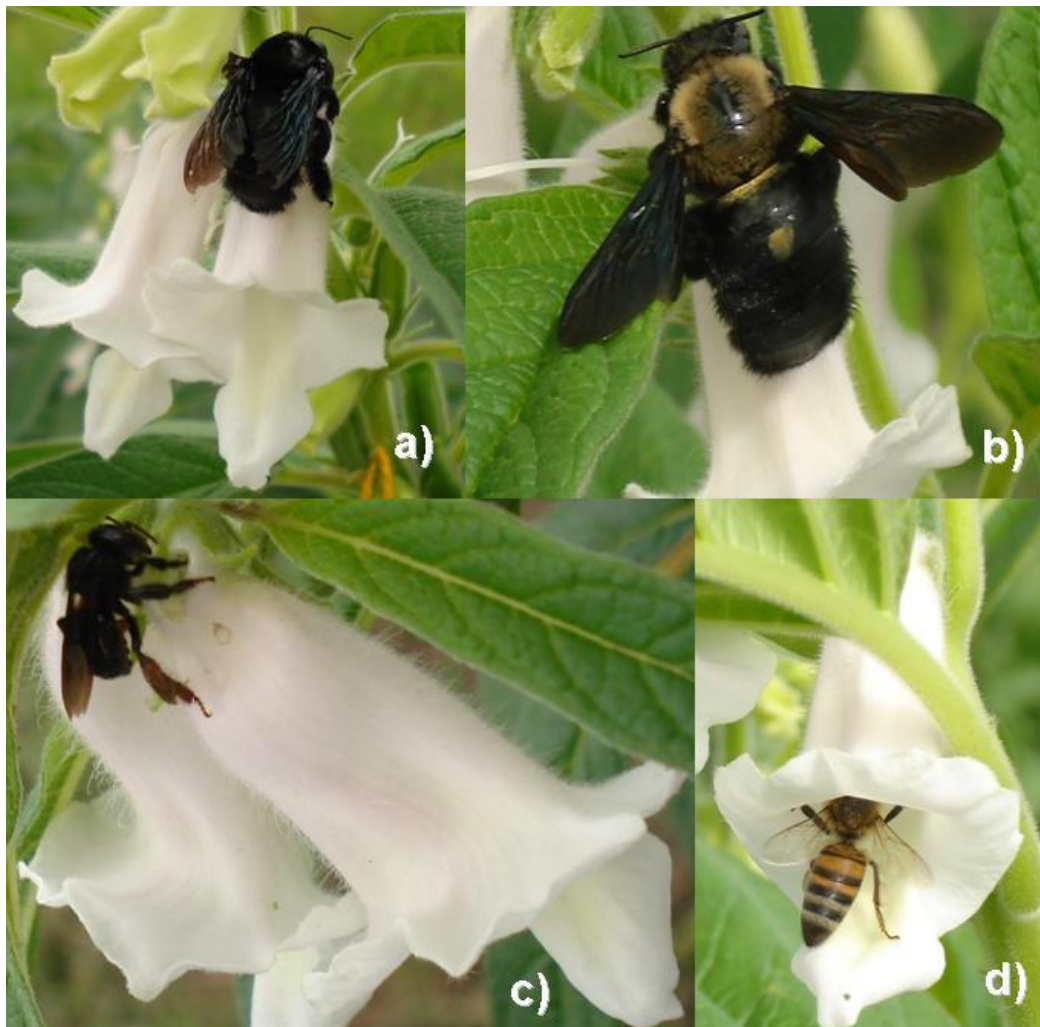


Figura 11: Padrão de comportamento de quatro espécies de abelhas em Barbalha, CE. a) *Xylocopa*(*Neoxylocopa*) *cearensis*; b) *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *grisescens*; c) *Trigona spinipes*, todas pilhando néctar, e d) *Apis mellifera*, coletando pólen das flores do gergelim (*Sesamum indicum*) em Barbalha, CE.

Apenas em Sousa os insetos coletavam néctar dos nectários extraflorais, provavelmente por causa da característica da variedade de possuir mais essa fonte de néctar.

Ao contrário de Barbalha, em Sousa, todas as espécies de abelhas e vespas tinham um comportamento pilhador e coletaram néctar dos nectários extrafloral. A *Apis mellifera* começou a pilhar néctar às 7:00h, que cresceu rapidamente às 10:00h quando também se observou um maior número de abelhas do gênero *Xylocopa* e as *Trigona spinipes* pilhando o néctar das flores. No período da tarde, horário que não havia mais pólen disponível na flor, a maior parte das abelhas estava pilhando o néctar. Essas abelhas furavam com suas mandíbulas as flores para roubar o néctar e a *Apis mellifera* pousava nas flores que já estavam furadas e aproveitava e coletava néctar do orifício, já que era mais fácil, pois não precisava entrar na flor.

Entre os visitantes que estiveram presentes nos dois municípios (Sousa e Barbalha), observou-se que apenas a espécie *Apis mellifera* pode ser considerada polinizadora potencial, pois ela visitou as flores legitimamente, mais vezes que as demais e foi capaz de transferir o pólen da antera para o estigma, realizando a polinização. Outra explicação é que somente essas abelhas tocavam os órgãos reprodutivos da flor.

Os vespídeos em Sousa coletaram somente néctar, e todas essas coletas foram feitas de nectário extrafloral, não tendo nenhum contato com os órgãos reprodutivos das flores.

As abelhas do gênero *Xylocopa*, nas duas localidades, por serem abelhas de maiores dimensões, o néctar tornava-se inacessível e não entravam na flor. Elas praticavam o roubo através de perfurações no cálice e na corola da mesma forma que *Trigona spinipes*, e faziam visitas mais rápidas às flores (Tabela 3). A rapidez da visita deve-se, provavelmente ao fácil acesso ao néctar da flor do gergelim. Ao pousar na flor, elas cortam a flor com as mandíbulas na base da corola à altura do nectário floral, em seguida, introduzindo a glossa e pilhando o néctar (Figuras 11a e 11b). Assim, não coletavam pólen. Este comportamento já havia sido descrito para *Xylocopa* por Viana *et al* (2002) e Pigozzo *et al* (2007), na Bahia em relação à *Cuphea brachiata*.

O número de flores visitadas para a coleta de pólen, pilhagem de néctar e para a coleta de néctar dos nectários extraflorais e a duração da viagem foi observado em Sousa, somente para a abelha *Apis mellifera*. Em Barbalha, além dessas variáveis, foi verificado também o tempo de permanência em uma flor para *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Xylocopa cearensis*.

Em Sousa, a *Apis mellifera* visitou menos flores que em Barbalha por viagem no total (para coleta de néctar e pólen) e as viagens foram mais curtas. Para a coleta de néctar extrafloral no município de Sousa, visitaram mais flores por viagem que nos outros recursos, 17 flores em média, e em mais tempo também, 209,82s. A duração da viagem para coleta de néctar dos nectários extraflorais foi maior porque na variedade observada em Sousa existem dois nectários de cada lado do pedúnculo da flor e as abelhas sugavam o néctar de vários na mesma planta. Passavam de um nectário para o outro e percorriam de cima a baixo na mesma planta, depois iam para outra planta e repetiam o mesmo comportamento. O comportamento pilhador das abelhas foi observado com 12,29 flores por viagem em média e o menor tempo de viagem, em 129,86s (Tabela 3). Essas abelhas visitaram 14 flores em média em uma viagem, para coletar pólen visitaram apenas 14 flores e a duração da sua viagem foi de 130,67s.

Tabela 3 - Número de flores e duração da viagem nas flores do gergelim (*Sesamum indicum*) em diferentes comportamentos da abelha *Apis mellifera* em Sousa, PB.

	Nº flores/viagem	Duração da viagem (s)
Nectário extrafloral	17 ± 5,13	209,82 ± 63,26
Pilhando néctar	12,29 ± 4,64	129,86 ± 49,08
Coletando pólen	14 ± 8,08	130,67 ± 75,44

Quanto à duração de viagem às flores, em Barbalha as abelhas *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* demoravam muito mais tempo por flor que as do gênero *Xylocopa* (Tabela 4). Nos primeiros horários da manhã, quando a coleta era predominantemente de pólen, elas visitavam mais flores, assim como gastavam mais tempo em cada a flor, em Sousa e em Barbalha.

Tabela 4 - Abelhas visitantes florais e suas características de duração de viagem e número de visitas nas flores do gergelim (*Sesamum indicum*) em Barbalha, CE em 2008.

Espécies	Tempo na flor (s)	Nº flores/viagem	Duração de viagem (s)
<i>Apis mellifera</i>	8,44 ± 2,99	7,28 ± 2,57	153,60 ± 54,30
<i>Trigona spinipes</i>	27,04 ± 11,04	6,55 ± 2,67	221,65 ± 90,49
<i>Xylocopa cearensis</i>	1,97 ± 0,88	50,58 ± 17,88	225,60 ± 96,61

Em Barbalha, não foram observados estes comportamentos de *Apis mellifera* pilhando o néctar e nem existia nectário extrafloral na variedade de gergelim estudada. As espécies *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* permaneceram em média 8,44s e 27,04s respectivamente dentro da flor (Tabela 4), coletando néctar ou pólen. Enquanto que *Xylocopa*

cearensis permaneceu apenas 1,97s em cada flor, mas visitou mais flores (50,58) e, conseqüentemente, gastou mais tempo em média em uma viagem (225,6s).

5.2 - Biologia floral do gergelim

O período de florescimento da cultura foi de novembro a dezembro na região de Barbalha, iniciando a maturação dos frutos após 60 dias de florescimento. No final do mês de dezembro, o ritmo de florescimento da planta diminuiu, cessando por completo em janeiro.

Foi observado que a variedade de gergelim CNPA G2 possui 3 flores por axila foliar, são completas, gamopétalas, zigomorfas, com um pedúnculo curto nas axilas das folhas. O cálice tem cinco sépalas fundidas. Possui uma pétala que serve como plataforma de pouso para os insetos visitantes. A corola é tubular, de coloração branca, com um lóbulo para cima e três para baixo.

Seu hábito de crescimento é ramificado. O androceu é didínamo, com quatro estames inclusos, em par, um mais baixo que o outro, epipétalos, soldados na base do maior lábio do tubo da corola e com anteras com deiscência rimosa (Figura 12). As anteras são amareladas e têm 1 mm de comprimento. O grão de pólen é amarelado e o gineceu é bicarpelar, de ovário bilocular e de placentação axial. As observações mostraram que o ovário é súpero e esverdeado, o estilete é filiforme, terminando em estigma bifido. O fruto é tipo deiscente. A deiscência do fruto tem início no ápice, em direção à base. Essas observações estão de acordo com as descrições de Prata, (1969), Font Quer (1970), Yermanos, (1980) e Napoletano (2008).



Figura 12 – Corte na flor do gergelim (*Sesamum indicum*), cultivar G2, com as anteras liberando pólen às 7:00h em Barbalha, CE, 2008.

O gergelim possui vários formatos e tamanhos de folhas na mesma planta (Figura 13), as que ficam na parte mais de baixo são maiores, mais largas e mais arredondadas, e as do topo são mais estreitas e compridas, para permitir a penetração dos raios solares em todas as folhas e as de cima não fazerem sombra nas de baixo, segundo Weiss (1983), Mazzani (1983) e Silva (1993).

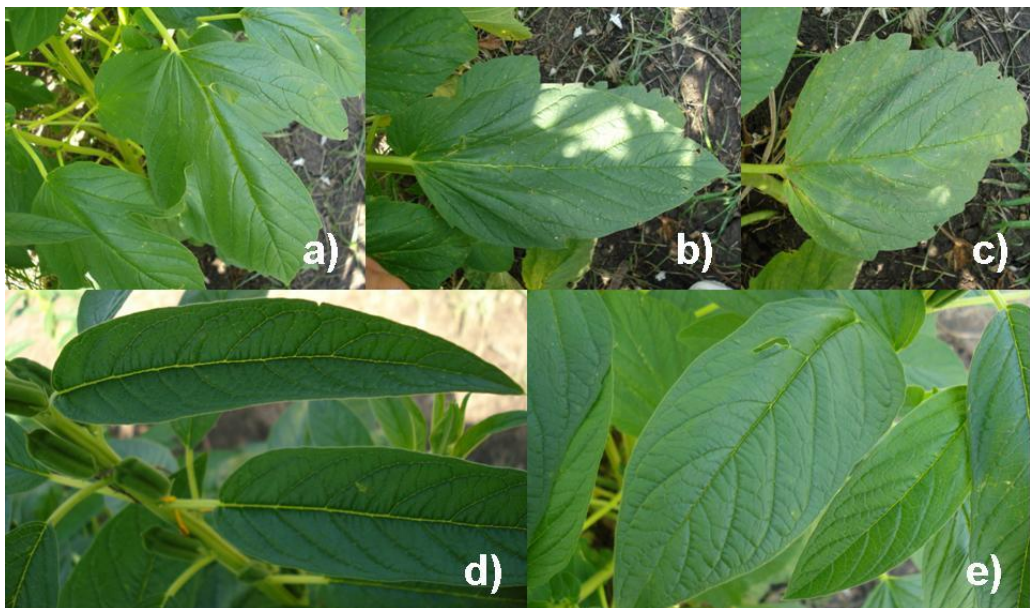


Figura 13: Diferentes tipos de folhas presentes em uma única planta de gergelim a) folha trilobada b) e c) dentada d) lanceolada; e) linear

5.2.1 Antese e senescência das flores do gergelim

Os botões florais apresentaram uma corola verde e levemente rígida, que com o passar do tempo foi crescendo e mudando de verde para branco. Nesta fase, enquanto a flor está em desenvolvimento as anteras localizam-se na altura do estigma, mas ainda fechadas.

A antese das flores ocorreu por volta de 6:30h, com todas as flores abertas às 7:00h. Nos dias nublados, as flores demoraram uma hora para abrir. As flores se abriam da base para o topo da planta.

O estágio de senescência da flor do gergelim foi caracterizado pelo murchamento das pétalas da flor que se iniciou a partir de 12:00h. No mesmo dia em que as flores são polinizadas, elas caem no chão, antes de murcharem, assim como relataram Yermanos (1980) e Mazzani (1983). Quando a corola da flor cai, o estigma permanece na flor até o final do dia, caindo no final da tarde, inclusive naquelas que foram polinizadas e fecundadas.

Esta observação concordou com o obtido por Yermanos (1980), que verificou que as flores do gergelim abrem entre 5 e 7 horas da manhã, murcham às 12:00h e caem até às 16:00 h. No entanto, Free (1993) verificou que a antese das flores acontece mais cedo, 4:00h e caem 12 horas depois. Provavelmente, essas variações devem-se a fatores relacionados à diferença nas cultivares de gergelim utilizadas, temperatura e/ou umidade relativa e luminosidade nas diversas horas do dia entre as localidades estudadas.

5.2.2 Liberação do pólen

Antes da abertura das flores, as anteras mantiveram-se fechadas e localizadas abaixo do estigma. Observou-se que as anteras são formadas por uma fenda que se abre longitudinalmente. Às 7:00h as anteras estavam abertas e a liberação de pólen ocorreu ao mesmo tempo da abertura da flor. Tais resultados discordam dos obtidos por Yermanos (1980) que avaliando os aspectos da biologia floral de *Sesamum indicum* na Califórnia, verificou que a antese ocorre entre 5:00 e 7:00h. Após 10:00h da manhã, o pólen começou a diminuir e às 11:00 h não era possível observar pólen nas anteras das flores e estas secavam, mudavam de cor, escureciam de brancas passavam a amarelas e algumas marrom. Yermanos (1980) ainda afirma que a temperatura 24 e 27°C são ótimas para a floração do gergelim e que nessas condições, o pólen permanece viável por 24 horas.

Depois da antese, observando-se a flor por dentro, nota-se grãos de pólen pelas paredes internas da pétala. Esses pólenes provavelmente contribuem para a autopolinização,

pois o estigma está receptivo e em contato com os grãos de pólen. Duas horas antes da antese da flor, dois dos quatro filamentos dos estames começaram a se alongar rapidamente e as anteras, posicionadas acima, alcançaram o nível do estigma, romperam-se longitudinalmente e liberaram os grãos de pólen, aproximadamente ao mesmo tempo em que a flor se abriu. Em seguida, as outras duas anteras se romperam e os dois lóbulos pilosos do estigma se separaram pelo contato com as anteras e recebem grande quantidade de pólen sobre a superfície interna; deste modo, a autopolinização ocorreu um pouco antes e um pouco depois da abertura da flor.

Na natureza, normalmente, a autopolinização é menos vantajosa porque não favorece novas combinações genéticas e com isso a formação de sementes e plantas mais vigorosas. Algumas plantas possuem mecanismos que evitam a autopolinização como, por exemplo: as plantas monóicas, que têm flores unissexuais sobre o mesmo indivíduo, como o milho; as dióicas, que tem flores unissexuais sobre indivíduos diferentes, como o mamão; a dicogamia, quando os órgãos sexuais de uma mesma planta amadurecem em tempos diferentes: na protandria o órgão masculino amadurece primeiro e na protoginia acontece o contrário. Ainda existe a heterostilia, quando os estames e os pistilos têm dimensões diferentes e a auto-esterilidade, quando a flor é polinizada pelo seu próprio pólen e não é fecundada (RAVEN *et al.*, 1992; CONSOLARO *et al.*, 2005).

Diferente da maioria das espécies vegetais que tem mecanismos para evitar a autopolinização, o gergelim se autopoliniza e é autocompatível. Para garantir a perpetuação da sua espécie ele se autopoliniza, mas também desenvolveu mecanismos de atração de agentes polinizadores como as abelhas que favorecem a polinização cruzada (que garante a variabilidade genética), como a forma diferenciada da flor e a secreção do néctar.

5.2.3 Receptividade do estigma

O estigma apresentou-se receptivo durante a maior parte do período da manhã, ou seja, das 7:00h às 11:00h. Na fase de botão floral os lóbulos do estigma estavam juntos e no momento em que a flor abre (7:00h), o início da receptividade, o estigma já estava receptivo. Isto pode ser notado pela separação dos lóbulos do estigma, quando ele se apresentava em forma de “Y” (Figura 14a) e pelo teste das polinizações manuais feito em diferentes horários. Às 12:00h se juntam novamente (Figura 14b). Napoletano (2008), em Capistrano, CE, realizou o teste do peróxido de hidrogênio para verificar a receptividade do estigma e concluiu que quando o estigma assume a forma de “Y”, acontece o máximo de reação com a

formação de maior quantidade de borbulhas. Isso acontece entre 9:00 e 10:00 horas, portanto esse seria o momento de maior receptividade.



Figura 14 – Estigma da flor do gergelim (*Sesamum indicum*), cultivar G2, com o estigma receptivo às 7:00h em a) e não receptivo às 12:00h em b) em Barbalha, CE, 2008.

Analisando a polinização manual, houve vingamento inicial de flores em todos os horários testados (7:00h, 8:00h, 9:00h e 10:00h). No entanto, houve diferenças significativas ($P < 0,05$) quando foram comparadas as taxas de vingamento nos diferentes horários (Tabela 5). Às 7:00h, quando a flor abre, a taxa de vingamento foi 73,33%, não diferindo ($P > 0,05$) das 8:00h, que foi 85%, onde se observou a maior porcentagem de frutos vingados quando comparado aos outros horários (de 7:00, 9:00 e 10:00h), isto sugere um pico de receptividade. Em seguida, houve uma queda às 9:00h e às 10:00h, sendo que esses dois horários não diferiram entre si. O último horário em que foram feitas as polinizações, às 10:00h, apresentou o menor número de frutos vingados e foi diferente ($P < 0,05$) estatisticamente do horário de 8:00h.

Tabela 5 – Número de frutos vingados em flores do gergelim (*Sesamum indicum*) para diferentes horários de polinização em Barbalha, CE, 2009.

Horário da polinização	Nº de flores marcadas	Número e percentual (%) de frutos vingados
7:00	30	22 (73,33)ab
8:00	20	17 (85,00)a
9:00	20	11 (55,00) b
10:00	20	10 (50,00) bc

As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Assim, a polinização do gergelim pode ocorrer em qualquer momento entre a antese e 10:00h, porém sendo mais efetiva se realizada entre 7:00h e 9:00h. Considerando a receptividade do estigma, trabalhos encontrados na literatura são muito divergentes. Enquanto Yermanos (1980), afirmou que a receptividade do estigma da flor do gergelim é perdida em 14 horas depois da abertura da flor, Abdel All *et al.* (1976) sugeriram que ele se encontra receptivo antes da abertura da flor, permanecendo viável 24 horas depois da antese. Por outro lado, Free (1993) afirma que o estigma das flores do gergelim só se torna receptivo a partir de duas horas após abertura da flor. Essa variação na biologia floral, provavelmente foi devido principalmente à variedade e às condições ambientais diversas observadas por estes diferentes autores em diferentes locais.

5.3 - Requerimentos de Polinização

5.3.1 - Vingamento inicial e persistência dos frutos em função do tipo de polinização do gergelim (*Sesamum indicum*) em Barbalha, CE.

As observações realizadas no número de frutos vingados aos cinco dias após a antese das flores e colhidos mostraram diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os tratamentos de polinização em Barbalha, CE (Tabela 6).

A polinização livre vingou significativamente mais percentual de frutos aos cinco dias que todos os outros tratamentos, seguida da autopolinização manual, polinização restrita com filó, polinização manual cruzada, e restrita com papel. As polinizações restrita com filó e com papel vingaram frutos, comprovando que o gergelim se autopoliniza. A autopolinização manual foi maior que a polinização restrita com filó, porém não diferiram ($P > 0,01$) entre si, mas diferiu da restrita com papel. A polinização restrita com filó também não diferiu ($P > 0,01$) da polinização manual cruzada e nem da autopolinização manual, que diferiram da polinização livre e da restrita com papel, cinco dias após a polinização.

De acordo com a Tabela 6, a polinização com filó vingou significativamente mais frutos aos 5 dias, que poderia ser explicado pelo papel do vento na polinização. Porém na colheita, os dois tratamentos foram iguais estatisticamente comprovando que o vento não contribuiu para a polinização do gergelim. Como as flores não foram emasculadas, a autopolinização pode ter acontecido. Nenhum registro do vento como agente polinizador dessa espécie foi encontrado na literatura sobre polinização do gergelim.

Tabela 6 - Vingamento inicial e persistência dos frutos de gergelim *Sesamum indicum* em função do tipo de polinização em Barbalha, CE, 2009.

Tipos de polinização	Nº flores	Nº frutos vingados aos 5 dias (%)	Nº frutos colhidos (%)
Polinização livre	140	135 (96,43)a	115 (82,14)a
Autopolinização manual	179	163 (91,06)b	130 (72,63)b
Polinização restrita com filó	174	149 (85,63)bc	136 (78,16)ab
Polinização manual cruzada	176	147 (83,52)c	142 (80,68)a
Polinização restrita com papel	144	116 (80,55)d	115 (79,86)ab

As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

Quando foram comparados os dois tipos de polinizações manuais, foi observado que houve diferença significativa. A autopolinização foi mais eficiente que a manual cruzada. Porém, no número de frutos colhido, aconteceu o contrário, a polinização manual cruzada apresentou maior percentual, portanto o gergelim prefere o pólen cruzado.

Houve diferença significativa entre os tratamentos no número de frutos colhidos 30 dias após as polinizações. O maior percentual foi observado na polinização livre (Tabela 6), repetindo o mesmo comportamento do vingamento inicial. Este tratamento apenas foi diferente da autopolinização manual. As visitas às flores pelas abelhas não foram suficientes para aumentar o vingamento dos frutos e contribuíram tanto para a autopolinização, como para a polinização cruzada. Os resultados deste trabalho mostram que não há carência de polinizadores e nem de déficit de polinização na área, já que a polinização livre não diferiu da restrita com papel e nem da manual cruzada, e esses tratamentos vingam frutos atendendo os requerimentos de polinização do gergelim.

Na colheita dos frutos, a autopolinização manual apresentou os piores resultados, porém confirmou que a espécie frutifica bem sob autopolinização, contudo a movimentação de abelhas entre flores diferentes promoveu um maior vingamento de sementes, possibilitando maior vingamento de frutos.

As altas taxas de autopolinização sem necessitar de agentes polinizadores para fazer a transferência dos grãos de pólen das anteras para o estigma pode ser explicado pela biologia floral do gergelim como foi explicado anteriormente no tópico sobre a biologia floral que comenta que pode ocorrer a autopolinização antes da abertura na flor e o elevado número de frutos colhidos nos tratamentos de polinização livre, manual cruzada e restritas pode ser explicado também pelo fato de que as flores não foram emasculadas e pode ter acontecido a autopolinização.

A capacidade de sustentar os frutos do gergelim é verificada na elevada porcentagem de frutos colhido, mais de 72%. Isso sugere que as plantas estavam com a

nutrição adequada, não tinham excesso de frutos, nem falta nem excesso de água e nem doenças que expulsassem os frutos.

Os resultados de número de frutos colhidos foram diferentes dos frutos vingados inicialmente aos 5 dias após a polinização, ou seja, os tratamentos que obtiveram os melhores resultados de vingamento inicial não foram os mesmo do vingamento final, exceto para a polinização livre e autopolinização manual.

Analisando a Tabela 6, percebe-se que provavelmente houve um fator fisiológico que causou maior abortamento nos frutos provenientes da polinização livre e autopolinização manual. Provavelmente, houve uma competição entre a frutificação e o crescimento vegetativo, provocando a queda dos frutos mais novos. Este fenômeno já foi demonstrado por várias espécies vegetais tropicais como o cajueiro (*Anacardium occidentale*) e a goiabeira (*Psidium guajava* L.) (FREITAS, 1995; HOLANDA-NETO, 1999; ALVES, 2000). O estresse hídrico pode causar abortamento, mas o plantio estudado foi irrigado. A temperatura podia ter influenciado este resultado, pois acima de 40°C causa abortamento de flores e não enchimento de grãos, porém, em Barbalha, a temperatura média durante o período do experimento foi de 27,5°C, que favorece o crescimento vegetativo e a maturação dos frutos (ARRIEL *et al*, 2006).

Somente Napoletano (2008), em Capistrano, CE, comparou diferentes tipos de polinização e constatou que a polinização livre produz significativamente mais frutos que a autopolinização manual. Já Yermanos (1980) na Califórnia, obteve de 1 a 68% de polinização livre, inferior ao encontrado neste experimento.

Foi demonstrado que o gergelim é uma planta de polinização mista, pois os resultados deste experimento mostraram que ele pode produzir frutos sob qualquer um dos tipos de polinização testados, como também suas flores são capazes de se autopolinizar, que não depende de agentes externos e o vento é um importante agente polinizador. A importância do vento ficou evidente no tratamento de polinização restrita, quando as flores foram protegidas por sacos de filó e conseguiram produzir frutos (Tabela 6). O experimento demonstrou também que o gergelim pode ser polinizado e vingar frutos tanto por meio do pólen da própria planta quanto do de outras plantas da mesma espécie, confirmando dados de Weiss (1983), quando afirma também que o gergelim é uma espécie predominantemente autógama e que pode haver alogamia com taxas acima de 10%, realizada por insetos e dependendo das condições locais e da população de insetos, em algumas cultivares a taxa de cruzamento pode chegar a 50%.

5.3.2 – Número e peso de sementes por fruto em função do tipo de polinização do gergelim (*Sesamum indicum*) em Barbalha, CE.

Quanto aos dados referentes ao peso e o número de sementes por fruto, observou-se diferenças significativas ($P < 0,01$) no número e peso médio de sementes por fruto entre os diferentes tratamentos. A polinização restrita com filó apresentou diferença significativa ($P < 0,01$) entre a autopolinização manual e polinização manual cruzada, porém as polinizações restritas com filó e com papel não diferiram significativamente ($P > 0,01$) (Tabela 7). De acordo com esses resultados, a polinização pelo vento não teve influência no número e nem no peso das sementes por frutos.

Tabela 7 - Número e peso médio de sementes por fruto de gergelim (*Sesamum indicum*) oriundas de cinco tipos de polinização em Barbalha, CE, 2009.

Tipos de polinização	Nº	Nº sementes	Peso de sementes/fruto (g)
Polinização restrita com filó	136	70,75 ± 5,97a	0,240 ± 0,02a
Polinização restrita com papel	115	65,15 ± 6,07ab	0,223 ± 0,02ab
Polinização manual cruzada	142	62,36 ± 5,23bc	0,206 ± 0,01bc
Polinização livre	115	58,75 ± 5,47c	0,203 ± 0,01bc
Autopolinização manual	130	61,32 ± 5,05c	0,192 ± 0,02c

As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

As polinizações restritas com papel e restrita com filó apresentaram os frutos com sementes mais pesadas e uma maior quantidade delas dentro do fruto (Tabela 7). Provavelmente, nestes tratamentos houve maior deposição de grãos de pólen diretamente no estigma, suficiente para fecundar todos os óvulos presentes no ovário. Isso mostra que, possivelmente, a autogamia resulta em uma vantagem para a planta.

Os tratamentos de autopolinização manual, polinização manual cruzada e a livre deram origem a frutos com menos de sementes. Apenas para a polinização livre não houve a coincidência no padrão de resposta dos diversos tratamentos.

Os resultados obtidos sugerem que o tipo de polinização apresenta efeito sobre o peso e o número de sementes por fruto. Os pesos de sementes por fruto e número de sementes por fruto, mesmo sendo verificada diferença estatística, foram relativamente próximos para todos os tratamentos. Napoletano (2008), em Capistrano, CE, verificou melhores resultados para número de sementes na polinização livre com 72,2 sementes em média por fruto, superior ao observado neste experimento. Provavelmente a variedade e as condições climáticas das regiões estudadas foram diferentes.

Um maior número de sementes por fruto é uma característica desejável para o gergelim tanto do ponto de vista comercial, como ecológico, pois é um importante indicador do sucesso reprodutivo da planta, já que um maior número de sementes produzidas aumentará as chances de perpetuação da espécie (ROUBIK, 1989). Pelo número de sementes produzido por frutos no gergelim neste experimento foi observado que foram atendidos os requerimentos de polinização da flor.

5.4 - Eficiência da polinização da abelha *Apis mellifera* com uma visita

5.4.1 - Vingamento inicial e persistência dos frutos

Houve diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,01$) no que diz respeito à quantidade de frutos vingados aos 5 dias após a polinização com uma visita de *Apis mellifera*, polinização restrita com filó, restrita com papel e polinização livre. O tratamento no qual foi permitido apenas uma visita da abelha melífera à flor, em que ela permanecia ensacada até a sua queda e não permitia a visitação por abelhas, não diferiu significativamente ($P < 0,01$) da polinização restrita com filó, (Tabela 8). Na polinização livre, como a flor ficava aberta à visitação o dia inteiro, vingou significativamente ($P < 0,01$) mais frutos do que o tratamento da polinização restrita com papel, porém as flores não foram emasculadas e pode ter ocorrido a autopolinização.

Tabela 8 – Vingamento inicial e persistência dos frutos com uma visita de *Apis mellifera* às flores de gergelim (*Sesamum indicum*) em Barbalha, CE, 2009.

Tipos de polinização	Nº flores	Nº frutos vingados aos 5 dias (%)	Nº frutos colhidos (%)
Polinização livre	140	135 (96,42)a	115 (82,14)
Polinização da <i>Apis mellifera</i> com 1 visita	189	163 (86,24)b	161 (85,19)
Polinização restrita com filó	174	149 (85,63)b	136 (78,16)
Polinização restrita com papel	144	116 (80,55)c	115 (79,86)

As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

Não houve diferença estatística ($P > 0,01$) no número de frutos colhidos nos tratamentos deste experimento de eficiência de polinização da *Apis mellifera* com uma visita. Isso sugere que não há déficit de polinização na cultura do gergelim em questão (Tabela 8).

O elevado índice de vingamento observado no tratamento de polinização livre não surpreende em função dos resultados obtidos no experimento de requerimentos de polinização

da cultura, quando o mesmo tratamento também produziu índices semelhantes aos observados aqui.

As diferenças obtidas entre os tipos de polinização, possivelmente, estão relacionadas com o número de grãos de pólen viáveis depositados sobre o estigma durante seu período de receptividade. Crane e Walker (1984) e Free (1993) afirmaram que é necessário pólen de boa qualidade e em quantidade para haver melhor competição destes em fecundar os óvulos, possibilitando que os grãos com maior viabilidade, vigor e velocidade para emissão do tubo polínico, possam efetuar a fecundação e ocorra a formação de fruto.

Foi confirmado que uma única visita foi suficiente para assegurar uma produção de frutos maior à das flores que receberam várias visitas no tratamento de polinização livre.

O tratamento com uma única visita da abelha melífera à flor produziu um número de frutos significativamente superior à polinização livre, quando era esperado o caso contrário. No entanto, Roubik (1989) citou que um número excessivo de visita às flores pode ser tão prejudicial quanto à falta de polinização. Portanto, uma única visita da abelha melífera pode ser suficiente para depositar a quantidade de pólen cruzado e viável necessária para vingar o fruto, enquanto que visitas posteriores não apresentariam contribuição no vingamento e persistência do fruto. Pelo contrário, mais de uma visita apenas serviria para deslocar os grãos de pólen colocados no estigma e transferir mais pólen das próprias anteras da flor para o estigma proporcionando uma autopolinização, ao invés da polinização cruzada.

5.4.2 Número e peso médio de sementes por fruto

Houve diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os tratamentos para o peso médio das sementes por fruto e número de sementes.

Os frutos com maior número de sementes foram os do tratamento da polinização restrita com saco de filó e o que a flor foi polinizada por *Apis mellifera* com uma visita, que não diferiram entre si ($P > 0,01$) (Tabela 9). A polinização com uma visita da *Apis mellifera* diferiu significativamente ($P < 0,01$) da polinização livre. Isso demonstra que uma única visita dessa abelha é suficiente para produzir frutos com sementes mais pesadas, atendendo os requerimentos de polinização do gergelim para potencializar seu sucesso reprodutivo. Isso significa também que a abelha melífera já deposita na primeira visita à flor o número necessário de grãos de pólen compatíveis e viáveis para assegurar uma quantidade de sementes por fruto estatisticamente maior àquela produzida pela polinização livre em que a abelha visitou várias vezes durante o dia. Portanto, foi de atender os requerimentos de

polinização do gergelim. Como nestes tratamentos as flores também não foram emasculadas, os grãos de pólen que entraram em contato com o estigma foram tanto os da própria flor como de outras, trazidos pelas abelhas ou pelo vento.

Tabela 9 – Peso médio e número de sementes oriundas de polinização efetuada por uma visita de abelhas *Apis mellifera* às flores de gergelim (*Sesamum indicum*) em Barbalha, CE, 2009.

Tipos de polinização	Nº flores	Nº sementes	Peso de sementes (g)
Polinização restrita com filó	140	70,75±5,98a	0,240±0,02a
Polinização da <i>Apis mellifera</i> com 1 visita	159	69,25±5,46ab	0,239±0,02a
Polinização restrita com papel	115	65,15±5,48b	0,223±0,02a
Polinização livre	115	58,75±6,08c	0,203±0,02b

As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

Os frutos oriundos da polinização livre foram os que apresentaram as sementes mais leves e em menor quantidade no fruto, diferindo de todos os outros tipos de polinização. De acordo com os dados obtidos no presente trabalho, o fato das abelhas visitarem as flores mais vezes não aumentou a probabilidade de ocorrência de sementes mais pesadas e em maior quantidade dentro dos frutos. A atividade de coleta de alimento nas flores pelas abelhas pode ter contribuído para tirar os grãos de pólen que já estavam em contato com o estigma e diminuir o número de óvulos fecundados e com isso o número de sementes por fruto.

Os demais tratamentos não diferiram entre si ($P < 0,01$) para peso de sementes (Tabela 9). Os tratamentos em que os frutos apresentaram maior número médio de sementes (uma visita da abelha *Apis mellifera*, polinização restrita com filó e restrita com papel), produziram também sementes mais pesadas. Esses resultados são devido, provavelmente, à alta correlação existente no gergelim entre os pesos e o número de sementes por fruto. Essa observação está de acordo com vários autores (FREE, 1993; FREITAS, 1995) quando afirmam que em várias culturas, uma maior quantidade de sementes por fruto aumenta o seu peso.

5.5. Influência do tipo de polinização na qualidade fisiológica das sementes do gergelim (*Sesamum indicum*) Cultivar G2 em Barbalha, CE.

5.5.1. Primeira contagem e germinação

Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os cinco tratamentos de polinização em Barbalha para as variáveis germinação, primeira contagem de germinação,

emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) e tempo médio de emergência (TME) (Tabelas 10 e 11). Os resultados indicam que o tipo de polinização que origina a semente não influencia na qualidade fisiológica das sementes do gergelim.

Com relação ao percentual de germinação, verifica-se que a polinização restrita com filó obteve médias superiores quando comparada com todos os demais tratamentos de polinização, apesar de não apresentar diferença estatística.

Tabela 10 - Valores médios relativos à primeira contagem e germinação (%) de sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) provenientes dos cinco tipos de polinização em Barbalha, CE, 2009.

Tipos de polinização	1º contagem de germinação (%)	Germinação (%)
Polinização restrita com filó	99,0	99,5
Autopolinização manual	94,5	98,0
Polinização livre	97,0	97,0
Polinização restrita com papel	96,5	97,0
Polinização manual cruzada	90,5	92,0

O vigor à primeira contagem foi idêntico à germinação na polinização livre, mostrando que todas as sementes viáveis deste tratamento germinaram ao terceiro dia. Silva (2007), estudando a influência da polinização na qualidade fisiológica de sementes de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum*) não encontrou diferenças significativas entre os diversos tipos de polinização para a primeira contagem de germinação.

Esses resultados estão de acordo com os de Chiari *et al.* (2008), Rizzardo (2007) e Silva (2007), que trabalhando com abelhas *Apis mellifera* na polinização da soja (*Glycine max* L.), de mamoneira (*Ricinus communis* L.) e do algodão (*Gossypium hirsutum*) respectivamente, também não encontraram diferenças significativas na porcentagem de germinação e no vigor das sementes oriundas de diferentes tipos de polinização, inclusive em áreas com e sem a introdução de abelhas. Isso sugere que a porcentagem de germinação e vigor das sementes não dependem do tipo de polinização.

Os dados relativos à germinação no presente trabalhos foram superiores aos encontrados por também não encontraram diferenças significativas respectivamente para o gergelim.

A porcentagem de germinação teve média 96,7%, sendo superior ao mínimo permitido pela legislação vigente, 80%, para a comercialização de sementes

(RAMAKRISHMA, 1990), mostrando que as sementes oriundas de qualquer um dos tratamentos podem ser utilizadas para implantação de novas culturas.

5.5.2. Índice de velocidade (IVE), tempo médio de emergência de plântulas (TME) e Emergência de plântulas em Barbalha, CE.

Analisando-se a porcentagem de emergência de plântulas, o índice de velocidade de emergência (IVE), e o tempo médio de emergência (TME), em Barbalha, não se observou diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os cinco tratamentos (Tabela 11).

Tabela 11 - Valores médios relativos ao índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e emergência de plântulas (%) de gergelim (*Sesamum indicum*) provenientes dos cinco tipos de polinização em Barbalha, CE, 2009.

Tipos de polinização	IVE	TME	Emergência (%)
Polinização restrita com papel	13,55	3,75	94,0
Polinização livre	14,81	3,00	93,5
Polinização manual cruzada	14,31	3,00	93,5
Autopolinização manual	13,40	3,75	93,0
Polinização restrita com filó	13,38	3,25	90,0

Apesar de não apresentarem diferença estatística entre os tratamentos, a emergência foi maior na polinização restrita com papel e igual para polinização livre e manual cruzada. O menor valor para emergência foi verificado na polinização restrita com filó.

Para o IVE também não houve diferença significativa, porém a polinização livre obteve os melhores resultados. Verificou-se nestes resultados, valores superiores aos relatados por Batista *et al* (2000), que foram de 2,1 para o IVE e 36,3% para emergência.

Do mesmo modo, o TME não foi significativo entre os tratamentos, mas observa-se que para polinização restrita e autopolinização manual foram superiores e tiveram o mesmo valor. A polinização livre e a manual cruzada também apresentaram o mesmo TME. Esses resultados significam dizer que o tempo médio para todas as plântulas emergissem foi o mesmo. Resultado contrário para o TME foi observado por Guimarães (2007), onde foi estudado duas cultivares de berinjela (*Solanum melongena*) e estas variaram entre os dois tipos de polinização avaliados, polinização livre e restrita.

5.5.3. Peso seco da parte aérea, Peso de 1000 sementes, Energia bruta do óleo e matéria seca das sementes.

Os pesos de 1000 sementes, peso seco da parte aérea, energia bruta do óleo e matéria seca das sementes do gergelim não diferiram estatisticamente ($P>0,05$), dentre os tratamentos, conforme os dados da Tabela 12.

Tabela 12 - Avaliação do peso médio de 1000 sementes (g), peso seco da parte aérea, Energia Bruta do óleo (EB) e porcentagem de matéria seca (MS).

Tipos de polinização	Peso de 1000 sementes (g)	Peso seco (g)	MS (%)	EB (kcal/kg)
Polinização manual cruzada	3,56	0,20	0,95	8974,0
Polinização restrita com filó	3,45	0,22	0,96	9403,5
Polinização livre	3,44	0,17	0,95	9438,1
Polinização restrita com papel	3,34	0,20	0,95	9662,5
Autopolinização manual	3,34	0,18	0,95	9249,8

Observando-se o trabalho de Lyra *et al* (1992), verifica-se maior peso de 1000 sementes (3,81g) que os encontrados nesse experimento. Já Ricci *et al* (1999), encontrou um resultado inferior (2,64g). Porém Silva (1993) cita que o peso de 1000 sementes de gergelim está entre 2 e 4 gramas.

Os resultados de energia bruta foram superiores aos encontrados por Rizzardo (2007) para o óleo da mamoneira (9006,81kcal/kg para a área com colmeias e 8843,29 kcal/kg para a sem colmeias). Com isso, pode-se dizer que o valor energético do gergelim é maior que o da mamona.

Quando a análise da energia do óleo da semente do gergelim foi feita comparando com o tratamento em que a abelha fez apenas uma visita à flor, seu valor foi 9.494,10 kcal/kg, que também não foi diferente estatisticamente ($P>0,05$).

6. CONCLUSÕES

A espécie *Apis mellifera* visitou as flores para coleta legítima e ilegítima de nectar e pólen e pode ser considerada potencial polinizadora.

O comportamento de forrageamento de *Apis mellifera* beneficia tanto a autopolinização, pelos movimentos dentro da flor que pressionam os estames contra o estigma, quanto a polinização cruzada do gergelim, por não conseguir guardar nas corbículas todo o pólen do seu corpo e tocar acidentalmente os estames de flores visitadas em seguida.

O vingamento inicial e a permanência dos frutos do gergelim não dependem da visita de polinizadores que realizem a polinização cruzada.

O gergelim é capaz de se autopolinizar e aceita a polinização cruzada indiferentemente.

O tipo de polinização não afeta as características fisiológicas das sementes de gergelim.

REFERÊNCIAS

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**, 13th ed. Washington: Association of Analytical Chemists, 1980.

ABDEL ALL, I. M. *et al.* Some factors affecting self and artificial pollination in sesame, *Sesamum indicum* L. **Agricultural Research Review**, v. 54, p.155-159, ago. 1976.

AIZEN, M. A. *et al.* How much does agriculture depend on pollinators?: lessons from long-term trends in crop production. **Annals of Botany**. 2009. Disponível em: <<http://www.aob.oxfordjournals.org>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2009.

ALMEIDA, K. V. *et al.* Estudo de biodiesel etílico de gergelim por termogravimétrica e análise térmica diferencial. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BICOMBUSTÍVEIS, 2., 2009, Recife. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.abq.org.br/biocom/2009/trabalhos/-22-5627.htm>>. Acesso em: 03 junho. 2009.

ALVES, J. E. **Eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas em flores de goiabeira (*Psidium guajava* L.)**. 2000. 140 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000. 140 p. Mestrado em Zootecnia

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 Agrônômica**, v. 37, n. 2, p. 216-220, 2006.

ARRIEL, N. H. C.; GUEDES, A. R. **Polinização cruzada natural no gergelim, sob condições de sequeiro em Patos, PB**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997.

ARRIEL, N. H. C. *et al.* **Melhoramento genético do gergelim para o Nordeste**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1999. 10p. (Comunicado Técnico, 106).

ARRIEL, N. H. C. *et al.* **Descrição botânica e técnicas de polinização controlada no gergelim (*Sesamum indicum* L.)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. (Comunicado técnico, 113).

ARRIEL, N. H. C. *et al.* **Cultivo do gergelim**. 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Gergelim/CultivodoGergelim/autores.html>>. Acesso em: 30 junho. 2009.

- ARRIEL, N. H. C. *et al.* **Gergelim BRS SEDA**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. Folder informativo.
- ARRIEL, N. H. C. *et al.* **Melhoramento genético do gergelim**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007a. Folder informativo.
- AZEREDO, E. H. *et al.* Ocorrência de *Trigona spinipes* (Fabr., 1973) (Hymenoptera: Apidae, Meliponinae) em resposta a fatores climáticos e doses de nitrogênio e potássio em duas cultivares de batateira. **Revista Universidade Rural**, Seropédica, v. 26, n. 1, p. 11-23, jun. 2006.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal : FUNEP, 2006. 247 p.
- BATISTA, R. C. *et al.* Assepsia das sementes de gergelim para determinação de sua qualidade fisiológica em papel germitest e em cultivo *in vitro*. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 215-223, 2000.
- BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2001. 348 p.
- BELTRÃO, N. E. M. *et al.* **Gergelimcultura no trópico semi-árido nordestino**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1994. 52 p. (Circular Técnica, 18).
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- CHIARI, W. C. *et al.* Polinização por *Apis mellifera* em soja transgênica (*Glycine max* L. Merrill) Roundup Ready cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. **Acta Sci. Agron.**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 267-271, 2008.
- CORBET, A. *et al.* Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. **Bee World**, v. 72, bn. 2, p. 47-59, 1991.
- CONSOLARO, H. *et al.* Variação floral e biologia reprodutiva de *Manettia cordifolia* Mart. (*Rubiaceae*). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 1, 2005.

COUTO, R. H. N. Manejo de colméias de abelhas africanizadas para polinização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., 1998, Salvador. **Anais...** Salvador: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998. p. 129-133.

COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. Polinização com abelhas *Apis mellifera* e abelhas sem ferrão. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Confederação Brasileira e Apicultura, 2002. v. 14, p. 251-256.

CRANE, E.; WALKER, P. **Pollination directory for world crops.** London: International Bee Research Association, 1984. 183 p.

CRUZ, D. O. **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.** 2009. 102 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Doutorado em Entomologia.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas.** Brasília: DNMET, 1992.

ELLEMAN, C. J. **Pollination:** after the bee`s visit. Essex: Telen printing Limited, 1992. 9 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Nova Cultivar de gergelim e seu sistema de cultivo.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000.

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 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.

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Dados agrícolas de FAOSTAT 2007.** Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 20 jan. 2009.

FONT QUER, P. **Dicionário de Botânica.** Barcelona: Labor, 1970. 1244 p.

FRANCO, J. A. A. **A Cultura do gergelim e suas possibilidades no Nordeste**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1970. 69 p.

FRANKEL, E. N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. **Food Chemistry**, v. 71, n. 3, p. 255-259, 1996.

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

FREIRE, E. C. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de gergelim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 6, p. 891-900, 1994.

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

FREITAS, B. M.; PAXTON, R. J. The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. **J. Agric. Sci.**, v. 126, p. 319-326, 1996.

FREITAS, B.M. Number and distribution of cashew (*Anacardium occidentale*) pollen grains on the bodies of its pollinators, *Apis mellifera* and *Centris tarsata*. **J. Apic. Res.**, v. 36, n. 1, p. 15-22, 1997.

FREITAS, B.M. A importância da polinização. **Mensagem doce**. São Paulo, SP; vol. 80, p. 44-46, 2005.

GALLAI, N. *et al.* Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, p. 810-821, 2009.

GALLO, D. *et al.* Entomologia Agrícola. São Paulo: FEALQ, 2002. 920 p.

GUIMARÃES, M. O. **Polinização da berinjela (*Solanum melongena*), cultivares comprida roxa e branca: requerimentos de polinização, visitantes florais e qualidade fisiológica de sementes**. 2007. 73 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. 73 p.

GUTIERRES, P. E. H.; SILVA, A. F. Considerações pedológicas e edafológicas dos solos do perímetro irrigado de Sousa-PB. In: **XI Encontro de Iniciação à docência**, 11. 2007, João Pessoa, PB. **Anais...**: UFPB-PRG, 2007.

HARDER, L. D.; THOMSON, J. D. Evolutionary options for maximizing pollen dispersal of animal-pollinated plants Amer. **Naturalist**, v. 133, p. 323-344, 1989.

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. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

KERR, W. E. *et al.* **Abelha Urucu: biologia, manejo e conservação**. Belo Horizonte: Acangaú, 1996.

KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Pollinating bees: the conservation link between Agriculture and Nature**. Brasília: Ministry of Environment, 2002. 313 p.

KREMEN, C. Pollination services and community composition: does it depend on diversity, abundance, biomass or species traits. In: FREITAS, B. M.; Pereira, J. O. P. (Eds.). **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004. p. 115-124.

LYRA, J. R. M. *et al.* Qualidade de sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) produzidas sob condições de estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 14, n. 2, p. 201-206, 1992.

MARCHINI, L. C. *et al.* Plantas visitadas por abelhas africanizadas em duas localidades do Estado de São Paulo. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 2, p. 413-420, 2001.

MARCO JUNIOR; P.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity and Conservation**. v. 13, n. 7, p. 1245-1255, 2004.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MALERBO-SOUZA, D. T. *et al.* **Ecologia da polinização**. Piracicaba, CP 2, 2008. 32 p.

MAZZANI, B. Pedaliáceas oleaginosas. In: MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Caracas, Venezuela: Centro nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1983. P. 169-226.

McGREGOR, S. E. Insect pollination of cultivated crop plants. **USDA Agriculture Handbook**, n. 494, 1976. 441 p.

MICHENER, C. D. **The Social behavior of the bees**. Cambridge: Harvard University Press, 1975.

MORETTO, E.; ALVES, R. F. **Óleos e gorduras: processamento e análise**. Florianópolis: UFSC, 1986.

MORSE, R. A.; CALERONE, N. W. **The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000**. Bee Culture. March 2000. Disponível em: <<http://www.beeculture.com/content/PollinationReprint07.pdf>>, acesso em 20 junho de 2008.

MORGADO, L. N. *et al.*. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras – MG. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1167-1177, 2002.

NABHAN, G. P.; BUCHMANN, S. L. In: **Nature`s Services**, ed. Daily, G. C. (Island, Washington, DC). p. 133-150. 1997.

NAPOLETANO, K. **Impollinazione guidata su sesamo (*Sesamum indicum* L.) nem Nordeste del Brasile**. 2008. 100 f. Monografia (Graduação em Scienze Agrarie Tropicali e Subtropicali) – Università Degli Studi di Firenze, Firenze, 2008.

NOGUEIRA NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapi, 1997. 445 p.

PIGOZZO, C. M. *et al.* Comportamento de forrageamento de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cearensis* Ducke (Hymenoptera: Apidae, Xylocopini) em uma população de *Cuphea brachiata* Koehne (Lythracea). **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 5, p. 652-656, 2007.

PRATA, F. C. Gergelim. In: PRATA, F. C. **Principais culturas do Nordeste**. Fortaleza: Imprensa Universitária do Ceará, 1969. v. 1. p. 153-162.

QUEIROGA, V. P. *et al.* **Produção de gergelim orgânico nas comunidades de produtores familiares de São Francisco de Assis do Piauí**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 127 p. (Documentos, 190).

RAMAKRISHMA, B. (Ed.). **VI Curso corto: tecnologia de la producción de ajonjolí**. Quito: IICA-BID-PROCIANDINO, 1990. 175 p.

RAVEN, P. H. *et al.* **Biologia vegetal**. 5. ed. Guanabara Koogan, 1992. 726 p.

RICCI, A. B. *et al.* Densidade de plantas, secagem e produção de sementes de gergelim cv. IAC-CHINA. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 26, n. 1, p. 82-86, 1999.

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**. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge: Cambridge University, 1989. 514 p.

SACHDEVA, Y. *et al.* Relative abundance and foraging behaviour of *Apis* spp. on sesamum (*Sesamum indicum*) flowers. **Annals of Plant Protection Sciences**, v. 11, n. 2, p. 281-283, 2003.

SANCHEZ, A. L. *et al.*, 2001. Use of Stingless Bees for Commercial Pollination in Enclosures: a Promise for the Future. **Acta Horticulturae**, v. 561, p. 219-223, 2001.

BAHIA. Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Cultura Gergelim**. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/gergelim.htm>. Acesso em: 20 de janeiro de 2009.

SILVA, P. F. C. Gergelim. **Pecuária**, v. 23, n. 109, p. 40, 1983.

SILVA, L. C. **Cultura do gergelim**. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1993. 15 p.

SILVA, 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**. 2007. 101 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

- SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. A. New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4., 2006, Orlando. **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p. 393-396.
- SOUSA, R. M. **Manejo de abelhas mellifera (*Apis mellifera*) para polinização do meloeiro (*Cucumis melo*)**. 2003. 125 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- SOUSA, D.L. *et al.* **As abelhas como agentes polinizadores**. REDVET. Revista Eletrônica de Veterinária. 2007, V. 8 Nº 3. 2007. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030307/030710.pdf> , acesso em: 20 de janeiro de 2009.
- VIANA, B. F. *et al.* Ecologia de *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis* (Hymenoptera, Anthophoridae) nas dunas litorâneas de Abaeté, Salvador, Bahia. **Iheringia**, Série Zoológica, 4, Porto Alegre, 92(4):47-57, 2002
- VIEIRA, G. H. C. *et al.* Uso da apicultura como fonte alternativa de renda para pequenos e médios produtores da Região do Bolsão, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2, 2004, Belo Horizonte, Minas Gerais. **Anais...** Disponível em: <<http://www.ufmg.br/congnext/Desen/Desen29.pdf>>. Acesso em 20 de janeiro de 2009.
- WEISS, E. A. Sesame. In: WEISS, E. A. **Oil seed crops**. Londres: Longman, 1983. p. 282-340.
- WINSTON, N. L. **A Biologia da abelha**. Porto Alegre: Magister, 2003. 276 p.
- YERMANOS, D. M. Sesame. In: FEHR, W.R.; HADLEY, H.H. **Hybridization of crop plants**. Madson, Wisc., ASA. P. 549-563. 1980 .
- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1984. 718 p.