

FRANCISCO HUMBERTO DE CARVALHO NETO

Engenheiro Agrônomo

**ABELHAS VISITANTES FLORAIS E POTENCIAIS POLINIZADORAS DO
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) ECOLÓGICO E SOMBREADO NO MACIÇO DE
BATURITÉ - CEARÁ**

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
2010

C323a Carvalho Neto, Francisco Humberto de
Abelhas visitantes florais e potenciais polinizadoras do café (*Coffea arábica* L.) ecológico e sombreado no Maço de Baturité - Ceará / Francisco Humberto de Carvalho Neto. -- Fortaleza, 2010.
69 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, 2010.

1. Apicultura. 2. Polinização. 3. *Coffea arábica* L. I. Freitas, Breno Magalhães (Orient.). II. Universidade Federal do Ceará – Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título

CDD 636.08

FRANCISCO HUMBERTO DE CARVALHO NETO

Engenheiro Agrônomo

**ABELHAS VISITANTES FLORAIS E POTENCIAIS POLINIZADORAS DO
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) ECOLÓGICO E SOMBREADO NO MACIÇO DE
BATURITÉ -CE**

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.

Aprovado em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. PhD. João Paulo de Holanda Neto
Faculdade de Tecnologia CENTEC/Sertão Central

Prof. Dr. Prof. Dr. Raimundo Maciel Sousa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE/Campus
Limoeiro do Norte

À Deus e a Nossa Senhora de Fátima, pelas graças e bênçãos derramadas.

Aos meus pais Vicente Adilson Pontes Ramos e Thais Eliane Pessoa de Carvalho por darem a mim todas as condições possíveis para a obtenção deste título e por tudo que sou.

Aos meus irmãos Carol, Dudu e Gabrielzinho pela amizade e carinho.

Ao meu avô Francisco Humberto de Carvalho, professor aposentado da Universidade Federal do Ceará, pela força e incentivo.

À minha namorada Helen Rocha, pelo amor, carinho, compreensão e incentivo à conclusão deste trabalho.

Ao Centro de Atividades Apícolas – CAAp, onde tudo começou.

A todos os meus amigos CAApeanos, em especial Mônica Kelly (*in memoriam*), Fabiano, Jean, e Cristóvão pelos cinco anos inesquecíveis de muito trabalho e conquistas frente ao grupo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

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

À Universidade Federal do Ceará, através do Curso de Pós – Graduação em Zootecnia, pela possibilidade de realização da presente dissertação.

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.

À Dra. Favízia Freitas de Oliveira, da Universidade Federal da Bahia pela identificação das abelhas.

Ao cafeicultor e técnico Agroecológico Marcos Arruda por possibilitar a realização deste trabalho em sua propriedade.

Aos meus amigos da Pós-Graduação Diogo Mélo, Patrícia Ribeiro, Mikail Olinda, Isaac Gabriel e Rômulo Rizzardo.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	4
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 As abelhas e a Polinização	14
3.1.2 Declínio dos polinizadores	17
3.2 A cultura do café (<i>Coffea arabica</i> L.).....	18
3.2.1 Classificação botânica e características	18
3.2.2 <i>Coffea arabica</i> L. CV MARAGOGIPE e <i>Coffea arabica</i> L. MUNDO NOVO	20
3.2.3 Importância econômica	21
3.3 Polinização do <i>Coffea arabica</i> L	24
3.3.1 Floração	24
3.3.2 Morfologia Floral	26
3.3.3 Biologia Floral.....	27
3.3.4 Polinização do <i>Coffea arabica</i> L. por abelhas	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Localização e Caracterização da área experimental	32
4.2 Experimentos	34
4.2.1 Biologia Floral.....	35
4.2.2 Abelhas visitantes florais	37
4.2.3 Comportamento de pastejo.....	38
4.2.4 Avaliação dos frutos	38
4.3 Análise Estatística	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1 Biologia Floral	40
5.2 Abelhas visitantes florais e comportamento de pastejo.....	45
5.3 Avaliação dos frutos.....	55
6. CONCLUSÕES	57

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
-------------------------------------	----

ÍNDICE DAS TABELAS

TABELA 1. <i>Ranking</i> dos Países Produtores de Café (Em mil sacas de café de 60 Kg)	22
TABELA 2. <i>Ranking</i> dos Países Exportadores de Café (Em mil sacas de café de 60 Kg)	22
TABELA 3. Safra Nacional de café beneficiado em 2009	23
TABELA 4. Produção de café arábico (sacas 60 Kg) em 2008 no Estado do Ceará	23
TABELA 5. Espécies de abelhas visitando as flores do <i>Coffea arabica</i> L. em trabalhos realizados no Brasil (B), Costa Rica (C), Equador (E), Etiópia (ET), México (M), Indonésia (I) e Panamá (P)	31
TABELA 6. Nome popular e científico das espécies vegetais encontradas no experimento sombreando o café (<i>Coffea arabica</i> L.) ecológico em Mulungu – CE, 2009	41
TABELA 7. Estatística descritiva do número de glomérulos e flores abertas para as duas cultivares de <i>Coffea arabica</i> L. em Mulungu - CE, 2009	42
TABELA 8. Vingamento dos frutos do café (<i>Coffea arabica</i> L.) oriundo das cultivares Mundo Novo aos 100 dias, em Mulungu – CE, 2009	44
TABELA 9. Vingamento dos frutos do café (<i>Coffea arabica</i> L.) oriundo das cultivares Maragogipe aos 100 dias, em Mulungu – CE, 2009	44
TABELA 10. Insetos observados em flores de café (<i>Coffea arabica</i> L.) e suas características de horário, pico de visitas e recompensa procurada, em Mulungu – CE, 2009	46
TABELA 11. Número médio de flores visitadas (\pm Erro Padrão - E.P.) em duas cultivares de <i>Coffea arabica</i> L. por seis espécies de abelhas em Mulungu-CE, 2009	48
TABELA 12. ANOVA para avaliar o peso médio dos frutos vingados de café (<i>Coffea arabica</i> L.) em Mulungu – CE, 2009	45

ÍNDICE DAS FIGURAS

FIGURA 1. Fases do desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i> L.) em Mulungu-CE: a)- Gema verde dormente; b)- Gema abotoada prestes a florir; c)- florada; d)- Pós-florada; e)- Formação do fruto; f)- Crescimento do fruto e g)- Fruto cereja (em vermelho)	25
FIGURA 2. Morfologia floral: a) pétala; b) antera; c) tubo da corola; d) ovário; e) óvulo; f) disco; g) filete; h) estigma e i) estilete	26
FIGURA 3. Flor anormal do <i>Coffea arabica</i> L. em Mulungu – CE, 2009	28
FIGURA 4. Localização do município de Mulungu – CE	33
FIGURA 5. Localização da área experimental.....	34
FIGURA 6. Vista da área experimental, em Mulungu – CE.....	37
FIGURA 7. Desenho esquemático da área com as duas cultivares de <i>Coffea arabica</i> L.....	38
FIGURA 8. Receptividade do estigma realizado nos horários de 6 horas, 8 horas, 9 horas e 11 horas para as cultivares de <i>Coffea arabica</i> L. no município de Mulungu - CE, em 2009.....	42
FIGURA 9. Número de frutos vingados de café (<i>Coffea arabica</i> L.) Mundo Novo e Maragogipe submetidos a cinco tratamentos de polinização, em Mulungu – CE.....	44
FIGURA 10. Padrão médio de visitação das abelhas às flores de café (<i>Coffea arabica</i> L.) em Mulungu – CE	47
FIGURA 11. Temperatura registrada na área experimental durante os quatro dias de florada em Mulungu – CE, 2009	49
FIGURA 12. Comportamento da <i>Trigona fulviventris</i> Guérin (1835) em plantio de café (<i>Coffea arabica</i> L.) ecológico sombreado em Mulungu – CE, 2009: 1) Detalhe dos pêlos da perna posterior. 2) Durante o vôo. 3) Furo realizado pela abelha	50
FIGURA 13. Ninho de <i>Trigona fulviventris</i> Guérin (1835) dentro da área experimental de <i>Coffea arabica</i> L. em Mulungu – CE, 2009	51
FIGURA 14. Abelhas visitantes florais em duas cultivares de <i>Coffea arabica</i> L. Mulungu-CE. 2009. a) <i>Apis mellifera</i> L., b) Ninho de <i>Melipona rufiventris</i> e vista lateral do inseto, c) <i>Trigona fulviventris</i> , d) <i>Nannotrigona</i> sp., e) <i>Trigona spinipes</i> e f) <i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i>	53
FIGURA 15. Padrão médio de visitação de outros visitantes florais em duas cultivares de <i>Coffea arabica</i> L. em Mulungu – CE, 2009	54

FIGURA 16. Formiga do gênero <i>Dolichoderus Lund</i>	55
FIGURA 17. Peso (g) dos frutos de duas cultivares de <i>Coffea arabica L.</i> após 100 dias de polinização, em Mulungu – CE, 2009.....	56

RESUMO

A pesquisa foi realizada na fazenda São Sebastião, localizada no município de Mulungu – CE. Os dados foram coletados e trabalhados no período de Novembro de 2009 a Junho de 2010, com o objetivo de estudar os visitantes florais e a polinização do café (*Coffea arabica* L.) ecológico e sombreado das cultivares Mundo Novo e Maragogipe. Foram estudados a biologia floral e os requerimentos de polinização das cultivares; o comportamento de pastejo e avaliação dos frutos após 100 dias dos tratamentos de polinização. Os resultados mostraram que *Apis mellifera* foi a espécie mais freqüente nas flores ($9 \pm 0,42$, $n = 455$) seguida de *Trigona fulviventris* ($4 \pm 0,52$, $n = 206$), *Melipona rufiventris* ($4 \pm 0,42$, $n = 151$), *Nannotrigona* sp. ($3 \pm 0,48$, $n = 148$), *Trigona spinipes* ($3 \pm 0,43$, $n = 157$) e *Xylocopa grisescens* ($2 \pm 0,78$, $n = 38$). Após 100 dias dos tratamentos de polinização (polinização livre, restrita com saco de papel, restrita com saco de organza, polinização cruzada manual e geitonogamia) verificamos diferenças significativas (Mundo Novo: $\chi^2 = 44,9495$, $gl = 4$, $p < 0,005$; Maragogipe: $\chi^2 = 59,8649$, $gl = 4$, $p < 0,005$) entre os tratamentos no que diz respeito aos frutos vingados. A polinização livre diferiu significativamente ($P < 0,05$) de todos os tratamentos para a cultivar Mundo Novo. Na cultivar Maragogipe, os tratamentos de polinização livre, polinização cruzada manual e geitonogamia apresentaram os maiores números de frutos vingados e não diferiram entre si. Porém, esses tratamentos diferiram significativamente ($P < 0,05$) do tratamento de polinização restrita com saco de papel e esse por sua vez, também diferiu do tratamento de polinização restrita com saco de organza. O peso total dos frutos após 100 dias dos tratamentos de polinização não mostraram diferenças significativas entre as cultivares a um nível de significância de 5%. Conclui-se que o café arábico pode produzir frutos sob qualquer uma das circunstâncias testadas. Apesar de ser autocompatível, aceita também a polinização cruzada que leva a um incremento na produtividade. O vento e a gravidade não favoreceram um aumento no vingamento dos frutos. As espécies *Apis mellifera*, *Melipona rufiventris* e *Xylocopa grisescens* registraram comportamento de potenciais polinizadores.

ABSTRACT

BEES FLORAL VISITORS AND POTENTIAL POLLINATORS OF COFFEE (*Coffea arabica* L.) ECOLOGICAL AND SHADOW BATURITÉ MASSIF – CEARÁ

The survey was conducted on the farm São Sebastião, located in the city of Mulungu - CE. Data were collected and studied during the period November 2009 to June 2010 with the aim of studying the floral visitors and pollination of coffee (*Coffea arabica* L.) and green shade of Mundo Novo and Maragogipe. We studied the floral biology and pollination requirements of the cultivars, the grazing behavior and evaluation of fruit after 100 days of pollination. The results showed that *Apis mellifera* was the most frequent in the flowers (9 ± 0.42 , $n = 455$) followed by *Trigona fulviventris* (4 ± 0.52 , $n = 206$), *Melipona rufiventris* (4 ± 0.42 , $n = 151$), *Nannotrigona* sp. (3 ± 0.48 , $n = 148$), *Trigona spinipes* (3 ± 0.43 , $n = 157$) and *Xylocopa grisescens* (2 ± 0.78 , $n = 38$). After 100 days of pollination (open pollination, with narrow paper bag, with narrow organza bag, manual cross-pollination and geitonogamy) showed significant differences (Mundo Novo: $\chi^2 = 44.9495$, $df = 4$, $p < 0.005$; Maragogipe: $\chi^2 = 59.8649$, $df = 4$, $p < 0.005$) between treatments with respect to viable fruits. The open pollinated differed significantly ($P < 0.05$) of all treatments for Mundo Novo. In the cultivar Maragogipe, the free pollination, manual cross-pollination and geitonogamy presented the highest number of viable fruits and did not differ. However, these treatments differed significantly ($P < 0.05$) than treatment with restricted pollination bag and this in turn also differed from the restricted pollination treatment with organza bag. The total weight of 100 days after the pollination treatments showed no significant differences between cultivars at a significance level of 5%. It is concluded that the Arabic coffee can produce fruits under any circumstances tested. Despite being self-compatible, also supports the cross-pollination that leads to an increase in productivity. The wind and gravity did not favor an increase in fruit set fruit. Species *Apis mellifera*, *Melipona rufiventris* and *Xylocopa grisescens* recorded behavior of potential pollinators.

1. INTRODUÇÃO

Cerca de 600 anos atrás, as plantas passaram a ser cultivadas em outros países distantes de sua origem, devido às grandes mudanças na produção mundial de alimentos. As necessidades de polinização e de polinizadores nem sempre foram levados em consideração, acarretando problemas reprodutivos, colaborando com o baixo rendimento. Algumas culturas são afetadas drasticamente como a baunilha (*Vanilla planifolia* H.C. Andrews), que em alguns lugares do mundo precisam ser polinizadas manualmente por falta de abelhas neotropicais. Outras culturas como o *Coffea arabica* L. beneficiam-se dos polinizadores nativos (principalmente em regiões tropicais da América e Ásia) (ROUBIK, 2005), mesmo se tratando de uma espécie autocompatível, a polinização cruzada realizada por abelhas, aumentam a produtividade da cultura (ROUBIK, 2002a; MALERBO-SOUZA *et al.*, 2003; KLEIN *et al.* 2003c; RICKETTS, 2004; VERGARA *et al.*, 2008; VERGARA & BADANO, 2008; VEDDELER *et al.*, 2008; COELHO, 2008).

O café (*Coffea arabica* L.) é a segunda *commodity* mais valiosa do mundo (perdendo apenas para o mercado do petróleo). Estima-se que as vendas de café no varejo girem em torno de 90 bilhões de dólares e emprega cerca de 500 milhões de pessoas desde o cultivo até o produto final para o consumidor (DaMATTA *et al.*, 2007). O Brasil é o maior produtor mundial e produz 39,5% do total mundial (MAPA, 20010).

ROUBIK (2002b) demonstrou que a área de plantio cafeeiro no mundo vem aumentando em até cinco vezes nos últimos 41 anos, a produção, porém tem diminuído em até 50%. O autor comenta que a remoção dos locais para nidificação das abelhas polinizadoras, durante a exploração de novas áreas para plantio, seja a principal causa da baixa produtividade, pois sem as abelhas, teríamos uma polinização insuficiente (limitação de pólen). Percebe-se que a polinização adequada pode estar em risco pela intensificação dos plantios de café, principalmente os plantios a pleno sol (monocultura).

A região do Maciço de Baturité – CE está inserida na Área de Preservação Ambiental (APA), através de um Decreto Estadual e abrange uma área de 32.690 hectares, onde o café arábico é tradicionalmente cultivado há 188 anos neste local. Sua produtividade vem baixando a cada ano devido às oscilações dos preços e da forte especulação imobiliária no local que compram as terras e destroem os plantios para a implantação de seus empreendimentos. Uma das alternativas para fixar os pequenos produtores de café, foi a conversão da propriedade no sistema ecológico e sombreado,

onde o café arábico será consorciado com outros vegetais que lhe conferem sombra e habitat para as abelhas.

Devido à carência de informações sobre a utilização, manutenção e criação de abelhas para a polinização do cafeeiro em sistema sombreado e ecológico, existem a necessidade de maiores estudos, visando o conhecimento das espécies nativas ou exóticas que possam contribuir para o aumento da produtividade através da polinização e com isso diminuir os custos de produção e ao mesmo tempo preservar as matas nativas e os locais de nidificação das abelhas. Desta forma, o presente trabalho se propõe a identificar e estudar o comportamento das abelhas e com isso, classificar como possíveis polinizadoras potenciais do *Coffea arabica* L., sua biologia floral, seus requerimentos de polinização e o peso dos frutos colhidos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Identificar e caracterizar o comportamento das abelhas visitantes florais do café (*Coffea arabica* L.) sombreado e ecológico no maciço de Baturité – CE.

2.2 Objetivo específicos

- Investigar o comportamento dos visitantes florais no cafeeiro e identificar quais abelhas poderia desempenhar um papel de polinizadoras em potencial;
- Determinar os requerimentos de polinização do café (*Coffea arabica* L.);
- Avaliar o peso ao final dos frutos aos 100 dias.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 As abelhas e a Polinização

A polinização consiste no transporte dos grãos de pólen (gameta masculino) das anteras (estrutura masculina) e a sua deposição no estigma (estrutura feminina) da mesma flor ou de outra flor da mesma planta ou de outra planta da mesma espécie. A polinização é necessária para que possa ocorrer à fertilização do(s) óvulo(s), e posteriormente o seu desenvolvimento que originará as sementes e frutos, assegurando a perpetuação da maioria das espécies vegetais no mundo (FREE, 1993; FREITAS, 1995; DELAPLANE & MAYER, 2000).

Para que o processo de fertilização seja bem sucedido, o grão de pólen (viável) precisa germinar sobre a superfície estigmática (receptível) e fecundar o óvulo (DELAPLANE & MAYER, 2000).

A polinização é considerada a atividade mais importante das abelhas em benefício para a humanidade, pois em níveis adequados, garantem bons rendimentos e incrementos dos principais produtos agrícolas e industriais como frutas, grãos, sementes, nozes, amêndoas, vagens, folhagens, essências, corantes naturais, conteúdo de óleo e outras substâncias extraíveis de sementes de algumas culturas, medicamentos derivados de plantas, etc., utilizados em larga escala pela sociedade (MICHENER, 2000; FREITAS & IMPERATRIZ-FONSECA, 2005; FAO, 2007).

A imobilidade dos vegetais os impede de procurar parceiros sexuais, necessitando assim de outros meios para a transferência dos gametas masculinos, requisitando obrigatoriamente o uso de agentes polinizadores, que podem ser abióticos (vento, água e gravidade) e bióticos (abelhas, pássaros, morcegos, humanos e outros seres vivos). Os agentes polinizadores transportam os grãos de pólen, podendo chegar a longas distâncias, assegurando o sucesso reprodutivo das plantas (HARDER & BARRETT, 1996). As abelhas são os polinizadores mais importantes do mundo devido a sua dieta vegetariana (basicamente pólen e néctar), seu eficiente sistema de comunicação (indicam e recrutam outras abelhas a coletar recursos numa florada), hábitos de forrageamento, e o seu corpo

contendo pêlos, favorecem a adesão dos grãos de pólen (MICHENER, 2000; DELAPLANE & MAYER, 2000).

As flores necessitam de vários polinizadores especializados, pois na ausência de um, outro poderá realizar este serviço e para isto, adaptaram ao longo da evolução, características morfológicas para atração, denominado de síndrome de polinização. Para as abelhas, esta síndrome é conhecida como melitofilia, onde as flores: abrem durante o dia exalando um odor adocicado; pétalas de cores claras, amarelas, azuis ou arroxeadas; guia de néctar refletindo os raios ultravioleta, perceptível para as abelhas; pólen com forte aroma, como as rosas (*Rosa gallica* L.); pétalas em diversos formatos que facilitam o acesso e contato com o estigma; óleos; e o néctar, o recurso mais utilizado pelas flores. Por outro lado, para que as abelhas sejam polinizadoras efetivas dessas flores, alguns atributos são exigidos como: freqüentar a flor e manter contato com o estigma; dispor de quantidade e qualidade do pólen a ser transferido; taxa de visitação (números de flores visitadas por dia, principalmente nos horários onde o estigma esta receptível); preferência pela cultura e disponibilidade na área (MAC-FARLANE, DAVIS & ROUBIK, 2005).

A polinização cruzada consiste na transferência do grão de pólen da antera de uma flor para o estigma receptível de outra planta da mesma espécie. Este tipo de polinização assegura uma alta variabilidade genética por permitir a troca de material genético entre os indivíduos (McGREGOR, 1976; DELAPLANE & MAYER, 2000; MICHENER, 2000; PEREIRA *et. al*, 2009).

Na natureza há uma tendência das Angiospermas no desenvolvimento de mecanismos morfológicos ou fisiológicos que visam à polinização cruzada como: flores de sexo diferente na mesma planta (monoicismo), flores de único sexo por planta (diocismo), protandria (quando as anteras amadurecem antes do pistilo), protoginia (quando o pistilo amadurece antes das anteras), auto-incompatibilidade (o pólen contém um alelo incompatível que o impede de germinar no estigma da mesma flor) e hercogamia (quando o arranjo espacial das anteras e do estigma impede a autofertilização) (FERREIRA, 2006; ACQUAAH, 2007).

Nas plantas que se autopolinizam, normalmente suas flores são hermafroditas (possui o sexo masculino e feminino na mesma flor). Este tipo de polinização consiste na fertilização do óvulo através de pólen da mesma flor ou de outra flor da mesma planta (Geitonogamia). Como exemplos o algodão (*Gossypium hirsutum* L.), berinjela (*Solanum melongena* L.), café (*Coffea arabica* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) e outras (FERREIRA, 2006;

ACQUAAH, 2007). Existem mecanismos que facilitam a autopolinização como a cleistogamia (o estigma é polinizado antes da abertura da flor) e outros dispositivos com efeitos semelhantes, como no caso das leguminosas, cujos estames e estigmas estão envolvidos por uma quilha (pétala) espiralada, e do tomate, onde os estames cobrem o estigma como se fosse um guarda-chuva.

A autopolinização pode trazer algumas vantagens como: uniformidade de plantio, maturação e qualidade dos frutos, como exemplo a videira (*Vitis vinifera* L.) (McGREGOR, 1976), porém, implica no maior grau de endogamia (aumento da homozigose na progênie) que uma planta pode alcançar, dificultando a combinação entre os genes, adaptação a ambientes em constante mudança e susceptibilidade às pragas e doenças (SNOW *et al.*, 1996; FERREIRA, 2006; ACQUAAH, 2007).

FREE (1993) esclarece que as plantas autopolinizadas podem utilizar-se da polinização cruzada, resultando no incremento da produção de frutos e sementes de melhor qualidade, permitindo assim maior variabilidade genética. O café (*Coffea arabica* L.), por exemplo, é uma espécie autocompatível que pode beneficiar-se da polinização cruzada por insetos, em especial as abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.).

A polinização do café por abelhas de uma maneira geral (incluindo espécies de hábitos sociais e solitários), colaboram para uma melhor frutificação e aumento da produtividade (que pode variar de 5% até 90%), redução da frequência de grãos deformados, peso adicional dos frutos e qualidade superior da bebida, principalmente em plantios sombreados e próximos ou inclusos em áreas nativas (ROUBIK, 2002a; KLEIN *et al.*, 2003c; RICKETTS *et al.*, 2004; OLSCHEWKI *et al.*, 2006; VEDDELER *et al.*, 2008; COELHO, 2008).

A maior parte da literatura compara os efeitos da polinização em áreas próximas de fragmentos florestais ou em sistemas agroflorestais de sombreamento, com áreas de monocultura a pleno sol. Diversos autores apontam que o incremento na produtividade é maior no sistema sombreado e próximo das matas nativas, pois estas fornecem habitats e alimentação (floradas) para as abelhas (FREE, 1993; PERFECTO *et al.*, 1996; ROUBIK, 2002b; KLEIN *et al.*, 2003b; RICKETTS *et al.*, 2004; VEDDELER *et al.*, 2008).

Na Costa Rica, RICKETTS *et al.* (2004) calcularam o serviço de polinização das abelhas para o café arábica sombreado com eucalipto (*Eucalyptus deglupta*), próximo a duas grandes manchas florestais (46 e 111 hectares), encontraram um valor de US\$ 60.000,00 por ano. Um estudo comparativo entre duas áreas agroflorestais de café, uma com forte impacto ambiental (cidade de Manabí, Equador) e outra com baixo impacto

(Sulawesi, Indonésia) resultou em um rendimento anual de 269 Kg/ha com uma receita de US\$ 129,00/ha na Indonésia, já no Equador este valor foi equivalente a 170 Kg/ha e receita de US\$ 171,00/ha (OSCHEWSKI *et al.*, 2006). Uma pesquisa realizada no Equador verificou que 80 abelhas produziam 1.724,45 Kg/ha e renderiam US\$ 55,1/ha (VEDDELER *et al.*,2008). No Brasil, no estado de Minas Gerais, De MARCO & COELHO (2004) e COELHO (2008) encontraram respectivamente US\$ 1.860,55/ha e US\$ 2.156,00/ha para estes serviços em cafezais próximos às matas nativas.

3.1.2 Declínio dos polinizadores

Um fato vem chamando atenção dos pesquisadores no mundo todo: o declínio dos polinizadores que acarreta falhas na polinização, gerando um déficit. A deficiência mundial de polinizadores foi calculada em US\$ 54 bilhões (FAO, 2004; FAO, 2009) e muitos fatores estão associados para este declínio, como a expansão da agricultura, para atender a crescente demanda global de alimentos, ocasionando uma degradação ambiental das áreas preservadas, devido ao desmatando das florestas e fragmentos de mata nativa (que antes serviam de habitats para os polinizadores), para a instalação de monocultivos com uso intensivo de pesticidas, herbicidas e inseticidas (PERFECTO *et al.*, 1996; STEFFAN-DEWENTER, POTTS & PACKER, 2005; GARIBALDI *et al.*, 2009).

A intensificação da agricultura, caso continue, aumentará sua dependência de polinizadores, sejam eles nativos ou exóticos introduzidos (STEFFAN-DEWENTER, POTTS & PACKER, 2005), provocando forte impacto econômico dos preços ao consumidor final, já que os produtores terão que alugar colméias de abelhas para polinização de seus plantios, elevando os custos de produção (KEVAN & PHILLIPS, 2001).

3.2 A cultura do Café (*Coffea arabica* L.)

3.2.1 Classificação botânica e características

O primeiro botânico a classificar uma planta de café foi o italiano Prospero Alpini em 1591, comparando a um Euonimo da família Celastraceae, posteriormente, passou a ser denominado de *Zanthoxylum budrunga* da família Rutaceae (CARVALHO *et al.*, 1993). Antoine de Jussieu em seu trabalho de 1713 denominou-o de *Jasminum arabicanum* (Oleaceae). Anos mais tarde, Linnaeus em 1737 classificou-o em *Coffea arabica* (Rubiaceae) como gênero separado chamado *Coffea* (CHARRIER & BERTHAUD, 1985).

Na segunda metade do século XIX, as florestas tropicais africanas foram melhor exploradas e diversos botânicos realizaram a descoberta de novas espécies, menção especial ao trabalho de taxonomia de Chevalier em 1947, que reduziu o número de espécies em um pouco mais de 60, reunindo-as nas seções Eucoffea, Mascarocoffea, Argocoffea e Paracoffea. Na década de 80, Leroy propôs a exclusão das seções Argocoffea e Paracoffea, desta maneira, o gênero *Coffea*, abrigaria apenas as espécies das seções Eucoffea e Mascarocoffea. Dividiu o gênero *Coffea* em três subgêneros: *Coffea*, *Psilanthopsis* e *Barocoffea* (CHARRIER & BERTHAUD, 1985; BERTHAUD & CHARRIER, 1988; CARVALHO *et al.*, 1993). A classificação atualizada é apresentada a seguir.

Na divisão das Fanerógamas, as plantas de café pertence à classe Angiosperma, subclasse Eudicotiledônea, ordem Rubiales, família Rubiaceae, tribo Coffeae, subtribo Coffainae, gêneros *Coffea* L. e *Psilanthus* Hook f. (GUERREIRO-FILHO *et al.*, 2008). Para DAVIS *et al.* (2006) as diferenças entre os dois gêneros podem ser restritas a morfologia floral. Em *Psilanthus hook f.*, as espécies apresentam estilo curto, anteras e estigma inclusos, não ultrapassando o longo tubo da corola, características não encontradas no gênero *Coffea* L. (subgênero *Coffea*), com exceção ao subgênero *Barocoffea*, onde o tubo da corola pode ser longo e tubular.

O subgênero *Coffea* L. possui 103 espécies, contendo as três espécies utilizadas na produção da bebida: *C. arabica* L. (café arábico), *C. canephora* Pierre ex Froehner (café robusta) e *C. liberica* Bull ex Hiern (café liberica ou excelsa) (DAVIS *et al.*, 2006). As espécies de maior importância econômica são *C. arabica* e *C. canephora*, representando

70% e 30% respectivamente da produção mundial (ANTHONY *et al.*, 2002; BERTRAND *et al.*, 2005) No Brasil cerca de 80% do café cultivado é da espécie arábica (LUNZ, 2006).

A espécie *C. canephora* Pierre ex Froehner, conhecida como café robusta ou conilon, é originária de uma ampla extensão geográfica, quente, úmida e de baixa altitude (até 1300 m), nas regiões ocidental, centro-tropical e subtropical do continente africano. Trata-se de uma planta alógama, auto-incompatível, diplóide ($2n=2x=22$ cromossomos) que requer a polinização cruzada para fecundação, realizada preferencialmente pelo vento e algumas espécies de abelhas. A qualidade da bebida é inferior ao arábico, por isso possui uma cotação menor no mercado internacional. Na indústria pode ser empregado em misturas (*blend*) e na produção de café solúvel, pois permite uma alta extração de sólidos solúveis (ANDREOLI *et al.*, 1993; MENDES & GUIMARÃES, 1998; KLEIN *et al.*, 2003a; SEBRAE, 2007; HENDRE *et al.*, 2008; GUERREIRO-FILHO *et al.*, 2008).

A espécie *C.arabica* L. origina-se no sudoeste da Etiópia, planalto de Boma no Sudão e Monte Marsabit, Quênia. Desenvolvendo-se em sub-bosques com temperaturas amenas (18,5° e 21,5° C) e sombreado por grandes árvores. É a única espécie do gênero *Coffea* que além de ser alotetraplóide ($2n = 4x = 44$ cromossomos somáticos) é autógama, multiplicando-se por autofecundação, podendo ocorrer polinização cruzada pelo vento e por abelhas. Atualmente a espécie é cultivada em regiões de altitudes mais elevadas e temperaturas entre 18°C e 21°C, nos continentes americano, asiático e algumas regiões da África (BERTHAUD & CHARRIER, 1988; ANTHONY *et al.*,2002; KLEIN *et al.*, 2003b; BERTRAND *et al.*, 2005; GUERREIRO-FILHO *et al.*, 2008).

A maioria das cultivares da espécie *C.arabica* L., é derivada de duas formas botânicas: *C. arabica* L. var. *Typica* e *C. arabica* L. var. *Bourbon* (ANTHONY *et al.*, 2002). Apesar de existir uma estreita base genética entre as cultivares comerciais (BERTHAUD & CHARRIER,1988), a polinização cruzada, embora pequena, é suficiente para promover variabilidade entre as progênes, originando novas cultivares (MEDINA-FILHO *et al.*, 2008).

3.2.2 *Coffea arabica* L. CV. MARAGOGIPE & *Coffea arabica* L. CV. MUNDO NOVO

A cultivar Maragogipe surgiu em 1870 no município baiano de Maragogipe, a partir da forma botânica Typica. Apresenta todos os seus caracteres aumentados em relação a cultivar original, conferindo um fenótipo (MgMg ou Mgm) de “gigantismo” para alguns caracteres morfológicos como altura da planta e tamanho dos grãos, caracterizando portanto uma dominância completa (CARVALHO, 1952; MENDES *et al.*, 2008). Devido a sua baixa produção no sistema de plantio a pleno sol, sua utilização se restringe ao melhoramento genético do cafeeiro, com o intuito de aproveitar algumas características como o de tamanho do grão e qualidade da bebida (LUNZ, 2006; SEBRAE, 2007; MENDES *et al.*, 2008).

Encontramos cafés Maragogipe no Maciço de Baturité em produção. Provavelmente trata-se de material antigo que se adaptou bem as condições de sombreamento, multiplicando-se naturalmente no decorrer dos anos.

A cultivar Mundo Novo é resultante de cruzamento natural e recombinações entre as cultivares Sumatra e Bourbon Vermelho e suas sementes foram plantadas no município de Mundo Novo, hoje Urupês – SP. Entre os anos de 1943 e 1952, foram selecionadas várias plantas matrizes para posteriormente obter-se linhagens produtivas tendo como principais características: excelência na qualidade da bebida, elevada produção, adaptabilidade e resistência ao agente da ferrugem (*Hemileia vastatrix*), uma das principais doenças que mais devasta os cafezais (FAZUOLI *et al.*, 2008).

Não se sabe ao certo quando se deu sua introdução nos cafezais do Maciço de Baturité, muito provavelmente na década de 1960. Atualmente esta cultivar forma grande parte dos cafezais no município de Mulungu.

Muitos produtores classificam parte dos seus cafezais como uma cultivar local denominada “BATURITÉ”. Porém, não existe estudos científicos que atestem esta possível cultivar. Acredita-se que o café “BATURITÉ” nada mais seja do que progênies adaptadas as condições da Serra, oriundas principalmente do café Bourbon (primeira cultivar introduzida), Typica, e Mundo Novo ou possivelmente de cruzamentos entre eles, realizado pelos agentes polinizadores.

3.2.3 Importância econômica

O café é a segunda *commodity* mais valiosa no mundo (perdendo apenas para o mercado do petróleo). Estima-se que as vendas globais de café no varejo girem em torno de 90 bilhões de dólares e empregando cerca de 500 milhões de pessoas desde o cultivo até o produto final para consumo (DaMATTA *et al.*, 2007). O Brasil é o maior produtor e exportador mundial, seguido pelo Vietnã e Colômbia, como se observa nas TABELAS 1 e 2.

Segundo a Organização Internacional do Café - ICO (2010), às estimativas preliminares da safra de 2010/11 que se inicia em abril desde ano o volume da produção será de 45,9 a 48,7 milhões de sacas, das quais 34 a 36,2 milhões de café arábico e 11,9 a 12,5 milhões de café robusta. O Brasil também detém a maior produção de café robusta (conilon) do mundo (ICO, 2010).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2010) o Estado de Minas Gerais é o maior produtor de café no país, seguidos de Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Bahia e Rondônia. A produção do café robusta é liderada pelo estado do Espírito Santo seguido de Rondônia e Bahia. O Estado do Ceará não é considerado um grande produtor, devido a vários fatores limitantes como a falta de crédito, incentivo do governo, áreas tradicionalmente produtora em processo de erosão e forte impacto ambiental.

Segundo dados de 2008 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o Ceará deteve uma área de 7.504 hectares e uma produção de 3.519 toneladas de grãos (ou 58.650 sacas de 60 Kg). O município de Mulungu é o maior produtor do Estado, representando aproximadamente 24 % do total produzido no Ceará (TABELA 4). A produção estadual de café não é capaz de fornecer matéria-prima para a indústria local de torrefação que detém a segunda produção do Nordeste e movimenta em torno de R\$ 15 milhões por mês, logo necessitam adquirir os grãos em outros estados como Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia (maior fornecedor) (SOUZA, 2008).

TABELA 1 – *Ranking* dos Países Produtores de Café (Em mil sacas de café de 60 Kg).

Países	2009		2008		2007	
	Produção	Part. (%)	Produção	Part. (%)	Produção	Part. (%)
Brasil	39.470	32,05	45.992	35,90	36.070	30,21
Vietnam	18.000	14,62	18.500	14,44	16.467	13,79
Colômbia	9.000	7,31	8.664	6,76	12.504	10,47
Indonésia	11.500	9,34	9.350	7,30	7.777	6,51
Etiópia	4.850	3,94	4.350	3,40	4.906	4,11
Índia	4.827	3,92	4.372	3,41	4.460	3,74
México	4.285	3,48	4.651	3,63	4.150	3,48
Guatemala	4.000	3,25	3.785	2,95	4.100	3,43
Peru	3.750	3,05	3.872	3,02	3.063	2,57
Honduras	3.870	3,14	3.450	2,69	3.842	3,22
Costa do Marfim	1.850	1,50	2.353	1,84	2.598	2,18
Nicarágua	1.775	1,44	1.615	1,26	1.700	1,42
El Salvador	1.135	0,92	1.547	1,21	1.621	1,36
Outros países	14.834	12,05	15.608	12,18	16.138	13,52
Total	123.146	100,00	128.109	100,00	119.396	100,00

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2010.

TABELA 2 – *Ranking* dos Países Exportadores de Café (Em mil sacas de café de 60 Kg).

Países	2009		2008		2007	
	Exportação	Part. (%)	Exportação	Part. (%)	Exportação	Part. (%)
Brasil	30.481	32,17	29.728	30,44	28.398	29,41
Vietnam	17.090	18,04	16.101	16,49	17.936	18,57
Colômbia	7.894	8,33	11.085	11,35	11.557	11,97
Indonésia	6.519	6,88	5.741	5,88	2.945	3,05
Etiópia	1.851	1,95	2.852	2,92	3.073	3,18
Índia	3.108	3,28	3.378	3,46	2.718	2,81
México	2.838	3,00	2.448	2,51	1.950	2,02
Guatemala	3.508	3,70	3.778	3,87	3.800	3,93
Peru	3.074	3,24	3.733	3,82	2.843	2,94
Honduras	3.084	3,25	3.259	3,34	3.382	3,50
Costa do Marfim	1.884	1,99	1.585	1,62	1.833	1,90
Nicarágua	1.371	1,45	1.625	1,66	1.510	1,56
El Salvador	1.307	1,38	1.438	1,47	1.396	1,45
Outros países	10.746	11,34	10.915	11,18	13.232	13,70
Total	94.755	100,00	97.666	100,00	96.573	100,00

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2010.

TABELA 3 – Safra Nacional de café beneficiado em 2009.

Unidade da Federação	Produção em mil sacas (60Kg) beneficiadas		
	Arábica	Robusta	TOTAL
Regiões			
Minas Gerais	19.598	282	19.880
Espírito Santo	2.603	7.602	10.205
São Paulo	3.423	-	3.423
Paraná	1.467	-	1.467
Bahia	1.332	542	1.874
Rondônia	-	1.547	1.547
Mato Grosso	11	130	141
Pará	-	228	228
Rio de Janeiro	252	13	265
Outros	180	260	440
BRASIL	28.866	10.604	39.470

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2010.

TABELA 4 – Produção de café arábico (sacas 60 Kg) em 2008 no Estado do Ceará.

Municípios	Sacas de 60 Kg
Mulungu	13.917
Guaramiranga	8.168
São Benedito	7.150
Pacoti	6.900
Aratuba	5.250
Ibiapina	2.917
Guaraciaba do Norte	2.833
Viçosa do Ceará	2.283
Meruoca	1.733
Tianguá	1.716
Outros	5.783
Total	58.650

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2008.

Em 1996 foi criada Associação dos Produtores Ecológicos do Maciço de Baturité – APEMB, com apoio da ONG Fundação Cepema e Governo do Estado do Ceará. A primeira exportação ocorreu no ano de 1997, para uma torrefadora sueca, com certificação de produto orgânico de origem pelo organismo certificador KRAV e o IBD (Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural) de Botucatu – SP. Durante três anos a saca foi comercializada a um preço de US\$ 160,00, enquanto que no mercado mundial o preço variava entre US\$ 100,00 e US\$ 110,00. Três anos mais tarde, com o excesso da oferta de café orgânico no mercado internacional e conseqüente queda dos preços, ficou inviável a exportação devido aos custos dos produtores com certificação e exportação, obrigando assim a negociar o café orgânico como convencional. Diante as dificuldades, foi criada em 2000 a Cooperativa Mista dos Cafeicultores Ecológicos do Maciço de Baturité LTDA – COMCAFÉ com o objetivo de entrar no mercado interno e externo através do *Fair Trade* (comércio justo). Os produtos exportados com este selo permitiriam uma remuneração bem superior aos preços de mercado. No ano de 2005, o café em grão foi negociado com torrefadoras locais ao valor de R\$ 180,00 a R\$ 200,00 a saca de 60 Kg, já a saca do café verde em grãos com certificação orgânica internacional foi cotado entre R\$ 260,00 a R\$ 350,00 (ALCÂNTARA, 2009; SAES, 2008).

A rentabilidade do café ecológico foi pesquisada por SOUZA (2008) em todos os municípios produtores da serra de Baturité e chegou à conclusão de que a exploração do café ecológico, para os preços médios dos últimos cinco anos, torna a atividade rentável para a maioria dos produtores.

3.3. Polinização do *Coffea arabica* L.

3.3.1 Floração

A floração do café compreende várias etapas como indução, iniciação, diferenciação, crescimento e desenvolvimento, dormência e antese. Todas estas fases são afetadas por fatores exógenos e endógenos, que afetam o desenvolvimento dos órgãos florais, devido à sensibilidade da planta as condições ambientais e fatores genéticos (ALVES, 2008).

A fase de indução ou iniciação floral começa com o desenvolvimento (FIGURA 1) das gemas axilares foliares nos ramos plagiostrópicos (ramos laterais). Caso ocorra boa distribuição de chuvas e dias quentes com noites frescas, estas gemas são induzidas à diferenciação floral por um período de dois meses até atingirem um tamanho máximo de 4 a 6 mm, depois entram em dormência. Normalmente nesta época do ano as chuvas são escassas e os botões acumularam grandes quantidades de inibidores do tipo ácido abscísico. Após uma diminuição da temperatura atmosférica e aumento da umidade, com o reinício das chuvas ou irrigação, as gemas passam a mobilizar grandes quantidades de água e nutrientes, crescendo assim os botões florais por 8 a 12 dias até atingir um tamanho aproximado de 12 mm, permitindo assim a antese (CAMARGO & CAMARGO, 2001; ALVES, 2008).

O café possui floração gregária, isto é, todas as plantas de uma região florescem ao mesmo tempo. Ao longo do ano a floração pode ser bastante variável, enquanto que na região do maciço de Baturité - CE ocorrem normalmente duas a três e na Costa Rica já foram registradas até 15. As sucessivas floradas acarretam problemas, pois os frutos não amadurecem no mesmo período, proporcionando várias colheitas parciais e mais custos ao produtor, além da dificuldade do controle de pragas e doenças (RENA & MAESTRI, 1985; SOARES *et al.*, 2005).



FIGURA 1 – Fases do desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Mulungu-CE: a)- Gema verde dormente; b)- Gema abotoada prestes a florir; c)- florada; d)- Pós-florada; e)- Formação do fruto; f)- Crescimento do fruto e g)- Fruto cereja (em vermelho).

3.3.2 Morfologia floral

Suas flores (FIGURA 2) são actinomorfas brancas e perfumadas, medem aproximadamente 2,5 cm de largura por 2,5 cm de profundidade e encontra-se em grupos, chamados de glomérulos, onde cada glomérulo pode apresentar entre 2 a 12 flores. Cada flor contém um pedúnculo curto formado por dois pares de brácteas. Logo acima do pedúnculo, situa-se o ovário ínfero, provido de dois óvulos. Do ovário parte um estilete longo com dois lóbulos estigmáticos. A corola é constituída por cinco pétalas soldadas na base, formando um tubo cilíndrico variando entre 6 a 12 mm. Possui cinco estames diteca e cinco anteras com filetes curtos ligados ao terço inferior da antera e ao tubo da corola, localizados na altura dos lóbulos estigmático, favorecendo a autopolinização. O espaço ocupado entre a corola e o pistilo é chamado de disco e funciona como nectário (McGREGOR, 1976; CAVALHO *et al.*, 1991; CARDOSO, 1994).

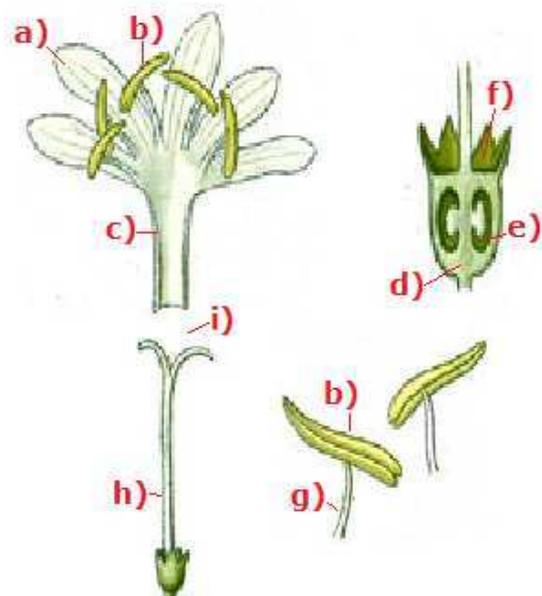


FIGURA 2 – Morfologia floral: a) pétala; b) antera; c) tubo da corola; d) ovário; e) óvulo; f) disco; g) filete; h) estigma e i) estilete.

3.3.3 Biologia floral

A antese ocorre nas primeiras horas da manhã em dias de sol, onde o estigma se torna receptível e as flores liberam uma pequena quantidade de pólen, já viável que pode ser transportado pela ação da gravidade, vento e insetos, pois os grãos de pólen não são pegajosos. Em dias nublados, as flores normalmente não abrem e pode ocasionar uma autopolinização. A flor dura aproximadamente três dias, sendo atrativa aos polinizadores no primeiro e segundo dia, logo após elas murcham (McGREGOR, 1976).

Em experimento realizado na Costa Rica, QUIROS (1962) obteve maior receptividade do estigma no mesmo dia da antese. Segundo RENA & MAESTRI (1985) a maturação das anteras pode coincidir com a antese ou dias antes, assegurando um alto grau de autofecundação a cima de 94%.

Apesar da autogamia, existem cruzamentos, pois os grãos de pólen liberados por flores localizadas nos ramos superiores podem ser transportados pelos agentes polinizadores para as flores situadas em ramos mais baixos, portanto, a fecundação cruzada é maior nas flores em ramos mais baixos (QUIROS, 1962).

MENDES (1961) estudou a velocidade de crescimento do tubo polínico, utilizando duas cultivares de café arábica: a cultivar Cera e Maragogipe. A cultivar Cera, possui sementes de coloração amarela (gene recessivo) e a Maragogipe verde. Após autopolinizar a cultivar Cera, polinizou-a novamente com pólen estranho (Maragogipe), obtendo um maior percentual de sementes híbridas (verdes) do que autofecundadas (amarelas) até 68 horas após a autopolinização. Observou ainda que após a autopolinização e a eliminação do estilo até 48 horas, não encontrou nenhuma frutificação, o mesmo só foi possível após 68 horas. Concluindo que a velocidade para fertilização é maior na polinização cruzada (24 horas) do que na autopolinização (68 horas).

A exposição prematura do estilete, estigma e anteras, reduz a possibilidade de polinização e estas flores são chamadas de anormais e indicam deficiência na polinização, prejudicando em 80% o vingamento do fruto (FIGURA 3). Quanto maior a temperatura do local, maior também será o número de flores anormais (RENA & MAESTRI, 1985).

O grão de pólen do *Coffea arabica* L. não é pegajoso e seu tamanho é bastante variável. QUIROS (1962) trabalhando com várias cultivares de *C.arabica* L., observou que a variação é devido a fatores do meio ambiente, nutrição das plantas e genética da cultivar, obteve uma média de 31,23 micras. A quantidade produzida por uma planta

adulta é de aproximadamente 2,5 milhões de grãos de pólen, suficiente para fertilizar até 30.000 flores (WINTGENS, 2009).

O néctar produzido pelas flores contém 38% de açúcar em média, sendo abundante durante três dias, mesmo em flores velhas, verifica-se que o nível ainda é alto no interior do tubo da corola (NOGUEIRA-NETO *et al.*, 1959). A quantidade de açúcar no néctar pode variar durante o dia, seu maior valor se dá pela manhã, às 08:00 horas (em média, $102,18 \pm 8,75$ mg de carboidratos totais por flor) e diminui seu valor no decorrer do dia (MARLEBO-SOUZA *et al.*, 2003).



FIGURA 3 – Flor anormal do *Coffea arabica* L. em Mulungu – CE, 2009.

3.3.4 Polinização do *Coffea arabica* L por abelhas

O café arábico é uma espécie autocompatível que pode se beneficiar com a polinização cruzada realizada principalmente pelas abelhas (VERGARA *et al.*, 2008). Até chegar a esta conclusão, entre as décadas de 1930 á 1950, os pesquisadores travaram uma discussão sobre o assunto. Alguns concluíram que a polinização cruzada seria preferencial (TASCHDJIAN, 1932 *apud* NOGUEIRA-NETO *et al.*, 1959), outros discordavam e argumentaram que a autopolinização fosse a responsável pela fertilização na maioria das flores (STOFFELS, 1936 *apud* AMARAL, 1972) ou que a polinização cruzada seria na ordem de 50% (KRUG & COSTA, 1947 *apud* NOGUEIRA-NETO *et al.*, 1959).

Na maioria destes trabalhos, os autores atribuíam ao vento como principal agente para realizar a polinização cruzada, mascarando em alguns casos, o papel das abelhas. CARVALHO & KRUG (1949) *apud* AMARAL (1972) no Brasil, estudaram o efeito do vento, dos insetos e da gravidade na autopolinização e na polinização cruzada do café, concluindo que o vento obteve maior participação para polinização cruzada, enquanto que os insetos e o vento apresentaram semelhante papel na autopolinização. Já ROUBIK (2002a) no Panamá relatou a insignificância da polinização anemófila.

AMARAL (1952) *apud* AMARAL (1972) no Brasil protegeu cinco plantas de café da variedade Caturra com armações de madeira revestida com filó e deixou outras oito plantas descobertas. O autor notou um intenso movimento das abelhas nas flores, o que contribuiu em 39% no aumento da produção das plantas descobertas, superando as plantas protegidas. AMARAL (1972) obteve um incremento da produção no café Mundo Novo, com a polinização por abelhas. Devido ao grande número de abelhas *Apis mellifera* L., o autor sugere que este espécie seja a mais importante polinizadora na área.

MONACO & CARVALHO (1963) perceberam que os vários ciclos de autofecundação em cafeeiro Bourbon vermelho, levariam a um decréscimo na produção de frutos, logo o percentual, mesmo que pequeno da polinização cruzada (10%) (CARVALHO *et al.*, 1991) é importante para o *C.arabica* L. garantir um nível razoável de heterozigose e com isso não prejudicar a produção. ROUBIK (2002b) mostra que a área de plantio cafeeiro no mundo vem aumentando em até cinco vezes nos últimos 41 anos, a produção, porém tem diminuído em até 50%. O autor comenta que a remoção dos locais para nidificação das abelhas polinizadoras, durante a exploração de novas áreas para plantio, seja a principal causa da baixa produtividade, pois sem as abelhas, teríamos uma polinização insuficiente (limitação de pólen). Percebe-se que a polinização adequada pode estar em risco pela intensificação dos plantios de café, principalmente os plantios a pleno sol (monocultura). Estudando a influência dos tipos de manejo agrícola para os visitantes florais do café no México, VERGARA & BANDANO (2008) encontraram menor número de espécies de abelhas no sistema a pleno sol, com forte domínio da *Apis mellifera* L. e maior número no sistema sombreado.

Estudos recentes no Brasil também demonstram a importância da polinização por abelhas na frutificação e incremento da produção. MARLEBO-SOUZA *et al.* (2003) em Joboticabal – SP, trabalhando com o café Mundo Novo, obteve 38,79% de aumento na produção. Em Minas Gerais, COELHO (2008) registrou a eficiência de uma única visita de *Apis mellifera* em 43,3% na formação dos frutos.

No Panamá, as abelhas africanizadas cooperaram com 56% na frutificação em ramos de polinização aberta (ROUBIK, 2002a). MANRIQUE & THIMANN (2002) na Venezuela, encontraram um percentual de 91,6% na formação dos frutos. RICKETTS *et al.* (2004) na Costa Rica, avaliaram que a polinização reduziu em 27% a frequência de grãos deformados. VEDDELER *et al.*, (2008) no Equador, concluíram que tanto as abelhas nativas como exóticas (abelhas africanizadas) colaboraram com 78% da produção. No México VERGARA *et al.* (2008) calcularam a contribuição das abelhas em 11,8% na retenção dos frutos. Em todos os trabalhos já realizados nas Américas, região onde se concentra a maior produção mundial, foi relatada a presença de *Apis mellifera* L. (TABELA 5).

KLEIN *et al.* (2003c) na Indonésia descobriram que a eficiência de polinização das abelhas solitárias foi significativamente maior do que qualquer outra espécie de abelhas sociais. Em média, as flores visitadas por abelhas solitárias resultaram em 87,3% de frutificação enquanto que a visita de abelhas sociais foi de 74,7%. Entre as espécies solitárias destacaram-se a *Xylocopa (Koptorsoma) aestuans* e *Heriades* sp., com 100% e 92,9% de frutificação respectivamente, com uma visita a flor. As espécies sociais que mais contribuíram neste experimento foram a *Apis cerana* (84,6%) e *Apis dorsata binghami* (82,1%), também com uma visita a flor.

NOGUEIRA-NETO *et al.* (1959) foram os pioneiros no estudo específico do comportamento das abelhas em cafeeiros. No experimento, foi instalado um meliponário de 15 colméias em frente ao cafezal e a 700 m do plantio havia um apiário com 70 colméias. Mesmo distantes, as abelhas *Apis mellifera* foram as mais frequentes nas flores, seguidas por *Plebeia* sp., *Nannotrigona testaceicornis* Lep., *Trigona (Tetragona) jaty fiebrigi* Schwarz e *Melipona quadrifasciata* Lep. Algumas abelhas de *A.mellifera*, foram capturadas, marcadas com tinta de secagem rápida e depois soltas. Desse modo, calcularam um espaço de 13 x 6 m de trabalho. As abelhas que tiveram contato simultâneo do estigma com as anteras foram a *A.mellifera* e *Melipona quadrifasciata* Lep. (apesar da sua pouca frequência às flores). AMARAL (1972) determinou o raio de ação de *A.mellifera* durante a floração do café, as abelhas de duas colméias foram marcadas com fósforo radioativo misturados em alimentadores com 50% de açúcar. Conclui que até 100 m de distâncias as abelhas coletaram pólen, a coleta foi mais abundante nas flores mais próximas as colméias (25 m). O autor sugere a instalação de grupos de colméias desta espécie distantes até 100 m umas das outras, para obter assim um maior raio de ação.

TABELA 5 – Espécies de abelhas visitando as flores do *Coffea arabica* L. em trabalhos realizados no Brasil (B), Costa Rica (C), Equador (E), Etiópia (ET), México (M), Indonésia (I) e Panamá (P).

Espécies de abelhas	Países	Espécies de abelhas	Países
<i>Apis mellifera</i> L.	B,C,E,M,P	<i>Nannotrigona mellaria</i> Smith	C,E
<i>Apis nigrocincta</i> Smith	I	<i>Nannotrigona perilampoides</i> Cresson	E,P
<i>Apis dorsata binghami</i> Cockerell	I	<i>Nannotrigona testaceicornis</i> Lepeletier	B
<i>Apis cerana</i> Fabricius	I	<i>Paratrigona ornaticeps</i> Schwarz	P
<i>Augochlora</i> sp.	M	<i>Partamona bilineata</i> Say	P
<i>Augochloropsis patens</i> Vachal	B	<i>Partamona Cupira</i> Smith	B
<i>Amegilla</i> sp.	I	<i>Partamona peckolti</i> Friese	E
<i>Bombus volucelloides</i> Gribodo	P	<i>Plebeia frontalis</i> Friese	M
<i>Bombus atratus</i> Franklin	B	<i>Plebeia jatiformis</i> Cockerell	C
<i>Ceratina</i> sp.	M, I	<i>Scaptotrigona bipunctata</i> Lepeletier	B
<i>Cephalotrigona capitata</i> Smith	E	<i>Scaptotrigona mexicana</i> Guérin	M
<i>Centris festiva</i> F. Smith	P	<i>Schwarziana quadripunctata</i> Lepeletier	B
<i>Chalicodoma (Callomegachile)</i> Michener	I	<i>Scaptotrigona subobscuripennis</i> Schwarz	P
<i>Chloralictus</i> sp.	B	<i>Scaptotrigona xanthotrica</i> Moure	B
<i>Creightonella frontalis</i>	I	<i>Trigona amalthea</i> Olivier	P
<i>Epicharis rustica</i> Olivier	P	<i>Trigona amalthea</i> Vachal	E
<i>Eulaema polychroma</i> Mocsáry	P	<i>Trigona corvina</i> Cockerell	M,P
<i>Frieseomelitta varia</i> Lepeletier	B	<i>Trigona fulviventris</i> Guérin-Meneville	C, P
Halictidae gen. sp.	I	<i>Trigona Hyalinata</i> Lepeletier	B
<i>Heriades</i> sp.	I	<i>Trigona nigerrima</i> Cresson	M, P
<i>Heterotrigona</i> sp.	I	<i>Trigona spinipes</i> Fabricius	B, E
<i>Lasioglossum</i> Curtis	P	<i>T. (Tetragona) clavipes</i> Fabricius	C
<i>Lepidotrigona terminata</i> Smith	I	<i>T. (Tetragona) dorsalis</i> Friese	C,P
<i>Melipona fasciata</i> Latreille	C	<i>T. (Tetragona) Jaty fiebrigi</i> Schwarz	B
<i>Melipona mimetica</i> Cockerell	E	<i>T. (Tetragonisca) angustula</i> Latreille	B,C,E,P
<i>Melipona panamica</i> Cockerell	P	<i>Xylocopa (Koptotorsoma) aestuans</i>	I
<i>Melipona quadrifasciata</i> Lep.	B	<i>Xylocopa (Zonohirsuta) dejeanii nigrocerulea</i>	I

Fonte: COELHO (2008); FAO (2008); VEDDELER *et al.* (2008); VERGARA *et al.* (2008); VERGARA & BADANO (2008); RICKETTS (2004); KLEIN *et al.* (2003c); MALERBO-SOUZA *et al.* (2003) ROUBIK (2002a); NOGUEIRA-NETO *et al.* (1959).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no município de Mulungu – CE (04°18'20" S e 38°59'47" W, altitude de 790 m) em uma pequena propriedade orgânica de um hectare (Sítio São Sebastião) na localidade de Sítio Areias, distante 170 km de Fortaleza – CE, com as seguintes coordenadas geográficas: 4°17'55" de Latitude Sul e 38°59'31.7" de Longitude Centro-Oeste e 803 m de altitude em relação ao nível do mar.

Localizado na região do Maciço de Baturité, Mulungu se destaca na produção de café arábico no estado há mais de 188 anos. Atualmente é o maior produtor e a maioria dos cafeicultores, adotam práticas conservacionistas agroflorestais e não utilizam agroquímicos.

O município possui um clima Tropical sub-quente e úmido com pluviosidade de 1119,5 mm e sua estação chuvosa concentra-se normalmente nos meses de janeiro a maio. A temperatura média varia de 22° a 24°C. Quanto aos componentes ambientais, Mulungu possui um relevo classificado como maciços residuais, com a predominância do solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Possui uma cobertura florestal subcaducifolia tropical pluvial e floresta subperenifolia tropical úmido (IPECE,2009).

A pesquisa iniciou no mês de novembro de 2009, com a preparação dos experimentos, poucos dias antes da florada e finalizou no mês de fevereiro de 2010 com a pesagem dos frutos no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

O local do experimento consiste em uma pequena propriedade onde são cultivados, além do café arábico, hortaliças, frutas, plantas ornamentais e possui um pequeno meliponário habitado por várias espécies de abelhas nativas, distantes 25m do cafezal.

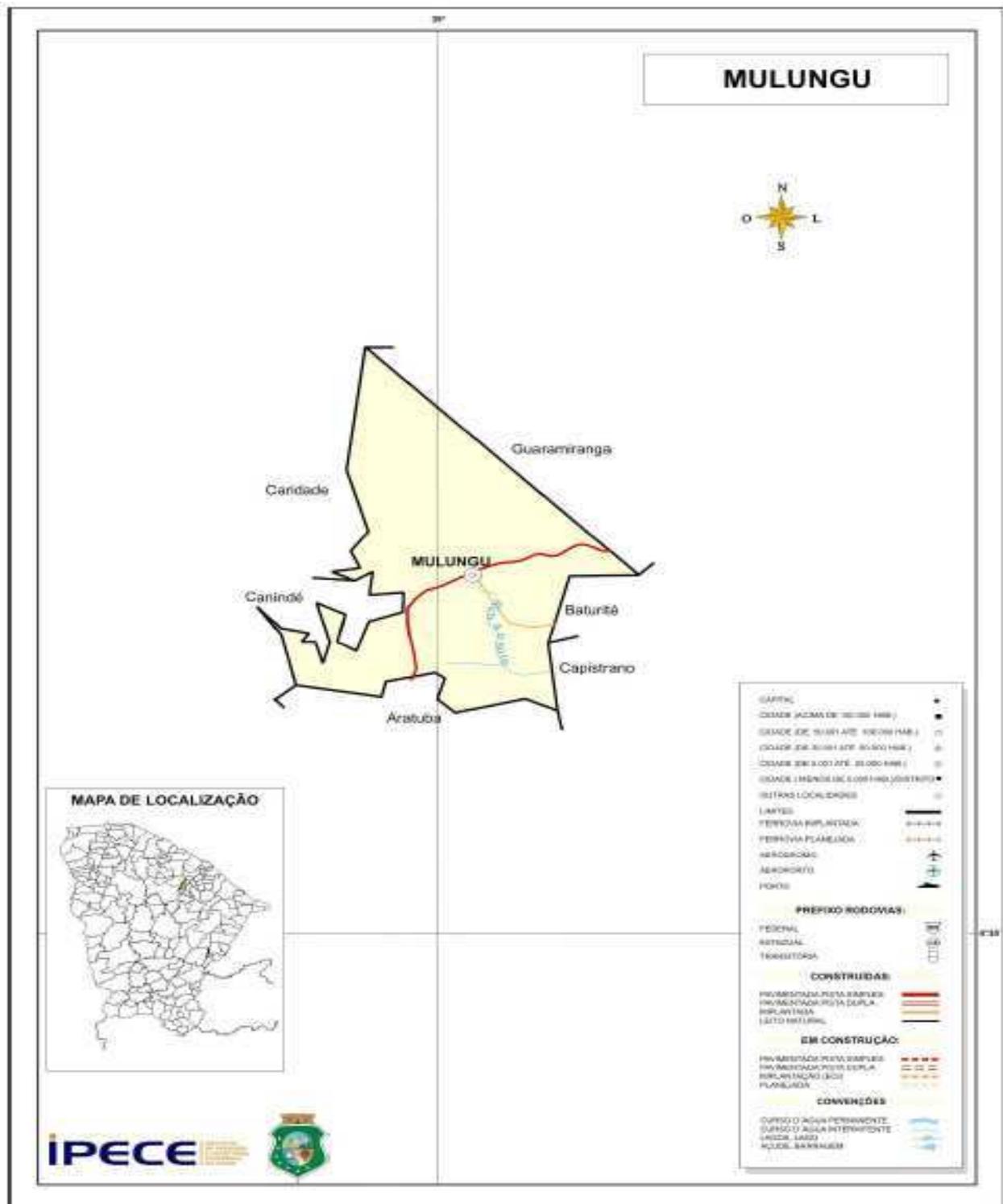


FIGURA 4 – Localização do município de Mulungu – CE.

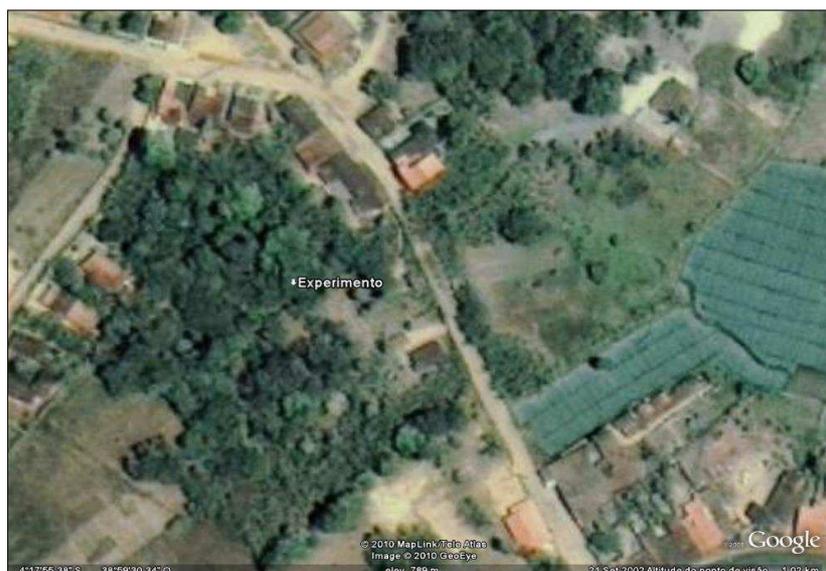


FIGURA 5 – Localização da área experimental.

O café é cultivado em consórcio com outras culturas como fruteiras e árvores de grande porte, que lhe conferem um sombreamento de 50%, caracterizado como um sistema agroflorestal. As cultivares de café Maragogipe e Mundo Novo encontram-se agrupadas no terreno sem uma distância padronizada entre as plantas, com idade de 15 anos. A produtividade é em média 7 sacas de 60 Kg por ano.

A propriedade já foi certificada com o selo orgânico por instituições nacionais e internacionais, portanto não utiliza inseticida, herbicida e adubação mineral. Possui uma sementeira onde são formadas as mudas, e estas são plantadas na estação chuvosa, em substituição às plantas danificadas. Os tratos culturais se resumem a podas antes da estação chuvosa, que favorecem uma maior floração, e aplicação de produtos naturais biodegradáveis para o combate de pragas e doenças, além de plantas armadilha.

4.2 Experimentos

Esta pesquisa investigou os seguintes aspectos do cafeeiro:

- Biologia floral;
- Abelhas visitantes florais;
- Comportamento de pastejo das abelhas nas flores de café;
- Avaliação dos frutos.

4.2.1 Biologia floral

O estudo da biologia floral do cafeeiro investigou uma série de eventos relacionados à biologia reprodutiva das cultivares: época e duração do florescimento; número médio de glomérulos por planta; número médio de flores abertas por glomérulo; receptividade do estigma e requerimentos de polinização.

Os dados relacionados à época e duração do florescimento foram coletados durante a florada que iniciou no dia 22 de novembro de 2009.

O número médio de glomérulos por planta de cada cultivar foi obtido contando-se o total individual de glomérulos em 60 arbustos de 60 plantas diferentes, escolhidas ao acaso, totalizando 120 observações, marcados com uma fita de cor branca. Já o número de flores abertas por glomérulo foi contabilizado para cada uma dessas observações.

A receptividade do estigma foi testada em 30 flores para cada cultivar pelo método direto, emasculando no total de 60 flores. Este procedimento foi realizado nos botões previamente selecionados utilizando-se uma tesoura, cortando levemente na altura do tubo da corola para em seguida fazer um movimento de torção para desprender a parte superior do botão, segundo metodologia descrita por QUIROS (1962). Depois de emasculada, eliminamos outros botões presentes no glomérulo para evitar uma possível polinização entre eles e finalmente esses botões eram ensacados em tecido de organza para que no início da antese, ser desensacados e polinizados manualmente, com pólen de outras plantas. A polinização manual foi realizada por contato direto das anteras (previamente selecionadas no momento da antese) com o estigma, nos seguintes horários: 06:00, 08:00, 09:00 e 11:00 horas. Verificou-se com uma lupa de aumento se os grãos de pólen foram devidamente fixados, caso contrário, utilizamos uma pinça para forçar a abertura longitudinal da antera e com auxílio de um pincel, transportar os grãos de pólen.

O requerimento de polinização do cafeeiro constou na marcação de 600 botões florais no total distribuídos em cinco tratamentos de polinização para cada cultivar, de modo que em cada tratamento foram selecionadas, aleatoriamente, 60 botões florais normais, devidamente marcados com fita colorida impermeável, fixada ao ramo. Como há incidência alta de botões anormais, eliminamos do glomérulo deixando dois a três botões normais, contabilizando apenas um para homogeneização dos dados. Este estudo nos permite avaliar a influência dos agentes polinizadores na frutificação do cafeeiro, sendo estes agentes a gravidade, o vento e os insetos (abelhas).

Foram realizados os seguintes tratamentos: T1: Polinização livre (testemunha); T2: Polinização restrita com saco de papel; T3: Polinização restrita com saco de organza; T4: Polinização cruzada manual e T5: Geitonogamia.

Adotou-se a seguinte metodologia para os tratamentos:

a) T1- POLINIZAÇÃO LIVRE: Foram marcados 60 botões florais para cada cultivar, no dia anterior a antese, e após 100 dias, foram contabilizados os frutos vingados. Este tratamento permite avaliar o nível de polinização natural e como testemunha do que ocorre na área.

b) T2- POLINIZAÇÃO RESTRITA COM SACO DE PAPEL: Foram envoltos com saco de papel 60 botões florais para cada cultivar, no dia anterior a antese e, após 100 dias, foram contabilizados os frutos vingados. Este tratamento permitiu avaliar a importância da gravidade para a produção dos frutos.

c) T3- POLINIZAÇÃO RESTRITA COM SACO DE ORGANZA: Foram marcados e envolvidos com tecido de organza 60 botões florais para cada cultivar, no dia anterior a antese e, após 100 dias contabilizamos os frutos vingados. Neste tratamento avaliamos se a cultura depende ou não do vento para polinização e formação dos frutos.

d) T4- POLINIZAÇÃO CRUZADA MANUAL: Foram marcados, emasculados e ensacados com tecido de organza 60 botões florais para cada cultivar, no dia anterior a antese, segundo a metodologia de QUIROS (1962). Durante a abertura das flores, foram retirados desses botões os sacos de organza e em seguida polinizados com pólen oriundo de outras plantas, através do contato direto com o estigma, envolvendo novamente com organza. Após a operação de polinização cruzada, foi conferido com uma lupa de aumento se houve a deposição dos grãos de pólen, caso contrário, o processo era iniciado novamente, com pólen de outras anteras. Neste tratamento avaliamos a importância da polinização cruzada para formação dos frutos, contabilizado após 100 dias da polinização.

e) T5- GEITONOGAMIA: Trata-se de uma polinização manual com o pólen da mesma planta para verificar se existe algum grau de incompatibilidade. A metodologia adotada foi a mesma do T4, porém o pólen transferido foi oriundo de flores da mesma planta. Após 100 dias contabilizamos os frutos vingados.

Todos os ramos foram selecionados na parte mediana do cafeeiro, sempre na mesma altura, onde a possibilidade de polinização cruzada natural é maior, segundo QUIROS (1962). Os tratamentos T1, T3, T4 e T5, foram realizados no mesmo ramo. O

tratamento T2 foi realizado na mesma planta, porém em ramo diferente pela posição anatômica do saco de papel.

Não foram marcados glomérulos localizados na parte inicial e final do ramo. A eliminação de outros botões florais no mesmo glomérulo se deve a alta ocorrência de flores anormais, mesmo no estágio de botão emitiram, principalmente, o estigma. Foi utilizado formicida na base dos ramos para evitar o contato das formigas com as flores, seguindo a metodologia descrita por KLEIN *et al.* (2003c).



FIGURA 6 – Vista da área experimental, em Mulungu - CE.

4.2.2 Abelhas visitantes florais

Durante os quatro dias de observações no campo, procurou-se identificar quais abelhas visitantes florais do cafeeiro que poderiam desempenhar algum papel na polinização das cultivares; a frequência de suas visitas; o horário de maior visitação para cada espécie de abelha e o tempo médio gasto durante as visitas.

Foram realizadas caminhadas (área do transeito de 15 m x 7,5 m) com intervalos de uma hora, iniciando às 05:15 horas e finalizando às 17:30 horas. No decorrer das caminhadas eram anotadas quais espécies estavam presentes na área, o horário de visita, sua frequência, tempo de trabalho e em seguida coletava-se exemplares dos insetos com uma rede entomológica, para posterior identificação. O percurso foi o mesmo, buscando cobrir toda a área experimental (FIGURA 7).

As abelhas foram sacrificadas com acetato de etila, montados com alfinetes entomológicos e enviados para Universidade Federal da Bahia, onde a Dra. Favízia Freitas de Oliveira, identificou-os. Outros visitantes foram coletados como vespas, formigas e beija-flores. As formigas foram classificadas pelo Biólogo Francyrégis

4.3 – Análise Estatística

Os dados relativos ao número de glomérulos, número de flores abertas por planta, receptividade do estigma, peso dos frutos após 100 dias de polinização e visitantes florais são dados paramétricos e foram estudados inicialmente por análise de variância (Teste de Bartlett) e suas médias foram comparadas posteriormente pelo Teste de Tukey.

Os dados relacionados ao vingamento dos frutos em função do tipo de polinização foram analisados por meio do teste não paramétrico de Qui-quadrado. Como este teste determina somente se há ou não diferenças e não determina quais tratamentos são diferentes, foram analisados separadamente os tratamentos de forma a identificar as diferenças entre estes.

Foi utilizado o programa computacional R Project for Statistical Computing – Versão 2.10.0.

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Biologia floral

A previsão do florescimento para o café no município de Mulungu – CE era entre os meses de Setembro e Outubro de 2009. Esses meses apresentaram intensa radiação solar e altas temperaturas, o que inibiu o amadurecimento dos botões florais, mesmo sombreado por diversas vegetais (TABELA 6). As primeiras chuvas e a diminuição gradativa da temperatura, no início de novembro, favoreceram o amadurecimento dos botões e sua mudança de cor, de verde para branco, indicando a proximidade do florescimento, estado este conhecido no local como “serrilha”.

O florescimento do cafeeiro estendeu-se por quatro dias, iniciando no dia 22 e finalizando em 25 de novembro de 2009. Partes dos botões florais apresentaram características de anormalidade, principalmente com a exposição do estigma, tanto na área experimental quanto fora. Estas anormalidades, segundo a classificação de RENA & MAESTRI (1985) são consideradas severas, pois reduzem o vingamento das flores em até 80%. Ainda os mesmo autores, atribuem como causas, principais as altas temperaturas durante período de crescimento, o que foi constatado no local do experimento.

A antese ocorreu nas primeiras horas do dia, a partir das 06:20 horas, confirmando dados de MCGREGOR (1976) e KLEIN *et al.* (2003c). No final do segundo dia, as flores começaram o processo de senescência, caracterizado pelo desprendimento da corola do eixo floral, porém muitas flores ainda eram visitadas pelas abelhas que coletavam principalmente néctar; o mesmo fato foi registrado por NOGUEIRA-NETO *et al.* (1959). Ao longo do primeiro dia, após liberarem todos os grãos de pólen, as anteras murcharam e ocorreu um movimento de torção da teca, ficando a mesma no formato espiralada.

Quanto à morfologia floral, ambas as cultivares não apresentou diferenças. Todas as flores eram hermafroditas, tubulares, pentâmeras e apresentaram cinco estames e um estigma.

TABELA 6: Nome popular e científico das espécies vegetais encontradas no experimento sombreando o café (*Coffea arabica* L.) ecológico em Mulungu – CE, 2009.

Nomes populares	Nomes científicos
Abacate	<i>Persea sp.</i>
Acerola	<i>Malpighia glabra</i> L.
Açaí	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.
Bacuparí	<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi
Banana	<i>Musa sp.</i>
Bálsamo	<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.
Caju	<i>Anacardium occidentale</i> L.
Camuzé	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.
Coco babão	<i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart.
Freijó	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. Ex Steud.
Gameleira	<i>Ficus guianensis</i> Desv. Ex Ham.
Goiaba	<i>Psidium guajava</i> L.
Goiabinha	<i>Eugenia cf. paraensis</i> O. Berg
Ingá	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.
João-mole	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz
Laranja	<i>Citrus sinensis</i> L. Osbeck
Mangueira	<i>Mangifera indica</i> L.
Pau d'arco amarelo	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson
Pau d'arco roxo	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. Ex DC.) Standl.
Pau d'oleo	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i> L.
Sabiá-de-espinho	<i>Hyeronima oblonga</i> (Tull.) Miill. Arg.
Sabonete	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.
Tangerina	<i>Citrus reticulata</i> Blanco
Torém	<i>Cecropia palmata</i> Willd.

Em 60 ramos escolhidos ao acaso, dentre 60 plantas, a cultivar Mundo Novo obteve um número médio de glomérulos de $7,0 \pm 1,65$ e $26,0 \pm 8,85$ de flores abertas. A Maragogipe resultou numa média de $6,0 \pm 1,20$ ($n=60$) para a quantidade de glomérulos e $20,0 \pm 5,57$ ($n=60$) para flores abertas (TABELA 7). O número de glomérulos do café Mundo Novo foi superior em 12% ao café Maragogipe, como também a quantidade de flores abertas (8%). Os resultados encontrados mostram que o cafeeiro Mundo Novo produz maior número de flores, o que possibilita uma maior produção de frutos por ramo. Está de acordo com a literatura, que a classifica como uma das mais produtivas cultivar de café arábico do mundo (FAZUOLI *et al.*, 2008).

TABELA 7 - Estatística descritiva do número de glomérulos e flores abertas para as duas cultivares de *Coffea arabica* L. em Mulungu - CE, 2009.

Cultivares	N° de glomérulos			N° de flores abertas		
	N° ramos	Média ± desvio	E.P.	N° ramos	Média ± desvio	E.P.
Mundo Novo	60	7,27±1,645 a*	0,212	60	26,47±8,846 a*	1,142
Maragogipe	60	6,18b±1,200 b	0,155	60	20,38±5,570 b	0,719

* Letras diferentes para as médias estatisticamente diferentes a um nível de significância de 5%.

Segundo De MARCO & COELHO (2004), a diferença no número de flores por planta pode ser de extrema importância para o sistema produtivo. Como as flores do café são agrupadas em glomérulos em dezenas de flores abertas no mesmo ramo, aumenta, portanto a atração dos polinizadores bióticos (principalmente as abelhas) e também as chances de ocorrerem autopolinização.

A receptividade do estigma apresentou uma tendência decrescente (FIGURA 8) no momento da antese até valores mínimos por volta das 9:00h. O horário de maior receptividade ocorreu a partir das 6:00h e às 11:00h não houve receptividade alguma.

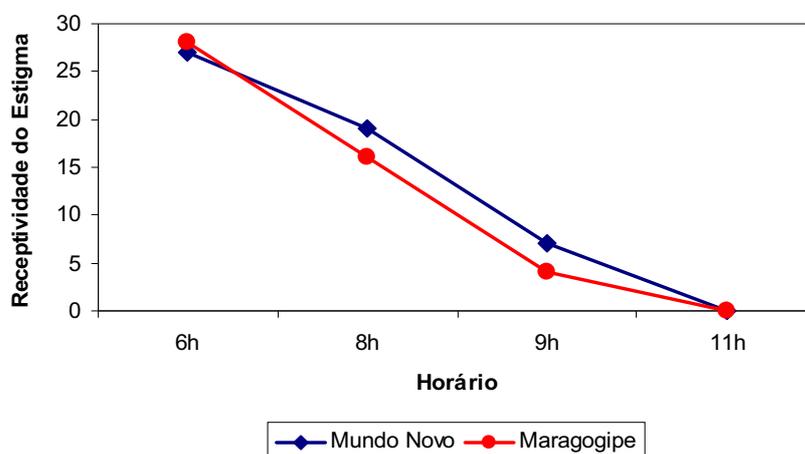


FIGURA 8 – Receptividade do estigma ao longo do dia, nos horários de 6 horas, 8 horas, 9 horas e 11 horas para as cultivares de *Coffea arabica* L. no município de Mulungu - CE, em 2009.

Segundo MENDES (1961) a velocidade de fertilização é maior na polinização cruzada, onde os grãos de pólen germinam com uma maior velocidade do que o pólen da própria flor. Logo, os dados obtidos podem indicar que o pólen oriundo de outra flor, germina mais rápido e com isso diminui o tempo da fertilização. No horário de 11 horas, não foi obtido frutos vingados, ocorrendo, porém, uma frutificação inicial insignificante, que em poucos dias desprenderam-se do ramo, indicando possivelmente problemas inerentes às condições climáticas (período pós-florada caracterizada por uma intensa radiação solar) e nutricionais das plantas.

Aos 100 dias após a polinização, observou-se diferenças significativas (Mundo Novo: $\chi^2= 44,9495$, gl = 4, $p<0,005$; Maragogipe: $\chi^2= 59,8649$, gl= 4, $p<0,005$) entre os tratamentos no que diz respeito aos frutos vingados (TABELAS 8 e 9). Para a cultivar Mundo Novo, os tratamentos de polinização livre, polinização cruzada manual e geitonogamia apresentaram os maiores números de frutos vingados. A polinização livre diferiu significativamente ($P<0,05$) de todos os tratamentos. A polinização cruzada manual e geitonogamia não diferiram entre si (TABELA 8). Na cultivar Maragogipe, os tratamentos de polinização livre, polinização cruzada manual e geitonogamia apresentaram os maiores números de frutos vingados e não diferiram entre si (TABELA 9). Porém, esses tratamentos diferiram significativamente ($P<0,05$) do tratamento de polinização restrita com saco de papel e esse por sua vez, também diferiu do tratamento de polinização restrita com saco de organza (TABELA 9).

Os resultados encontrados mostram que o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) pode produzir frutos sob qualquer uma das circunstâncias testadas nesse experimento. Apesar do café (*Coffea arabica* L.) se tratar de uma espécie autocompatível, aceita também a polinização cruzada, coincide os dados de VERGARA *et al.* (2008) no México e KLEIN *et al.* (2003b) na Indonésia.

Os tratamentos de polinização restrita com saco de papel e polinização restrita com saco de organza para as cultivares estudadas, foram significativamente inferiores aos demais tratamentos de polinização. Apesar do vento e da gravidade, favorecer o vingamento do fruto, estes não foram importantes em proporcionar aumentos na produtividade neste experimento (FIGURA 9), confirmando dados de ROUBIK (2002a).

A polinização livre, polinização cruzada manual e geitonogamia, apresentaram os maiores percentuais (TABELAS 8 e 9) para ambas as cultivares, semelhante ao encontrado por VEREGARA *et al* (2008) no México.

TABELA 8 – Vingamento dos frutos do café (*Coffea arabica* L.) oriundo da cultivar Mundo Novo aos 100 dias, em Mulungu – CE, 2009.

Tratamentos	Nº de flores	Nº de frutos vingados aos 100 dias	% vingamento
Polinização livre	60	59 a	98,33
Polinização restrita com saco de papel	60	37 b	61,67
Polinização restrita com saco de organza	60	34 b	56,67
Polinização cruzada manual	60	52 c	86,67
Geitonogamia	60	52 c	86,67

Valores seguidos por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si $p < 0,05$ ($\chi^2 = 44,9495$, $gl = 4$)

TABELA 9 – Vingamento dos frutos do café (*Coffea arabica* L.) oriundo das cultivar Maragogipe aos 100 dias, em Mulungu – CE, 2009.

Tratamentos	Nº de flores	Nº de frutos vingados aos 100 dias	% vingamento
Polinização livre	60	55 a	91,67
Polinização restrita com saco de papel	60	44 b	73,33
Polinização restrita com saco de organza	60	27 c	45,00
Polinização cruzada manual	60	56 a	93,33
Geitonogamia	60	54 a	90,00

Valores seguidos por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si $p < 0,05$ ($\chi^2 = 59,8649$, $gl = 4$)

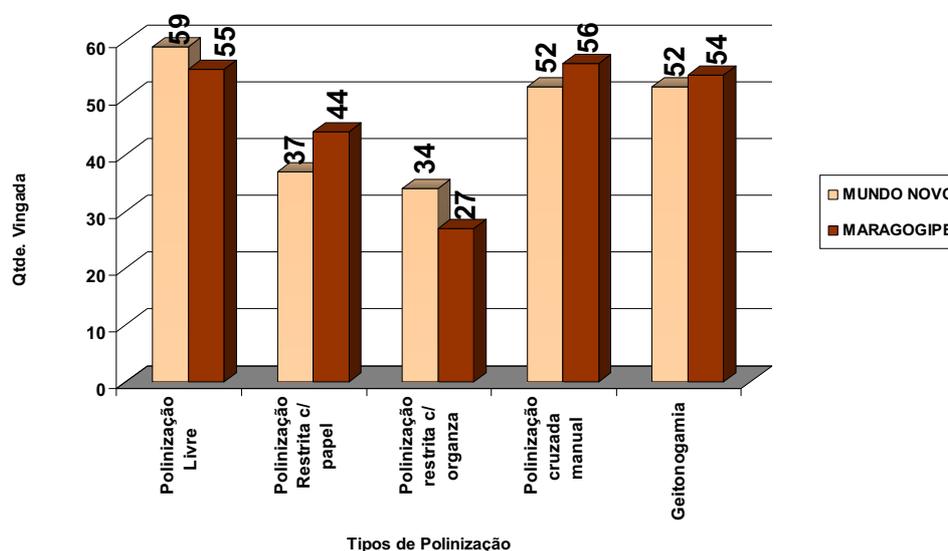


FIGURA 9 – Número de frutos vingados de café (*Coffea arabica* L.) Mundo Novo e Maragogipe submetidos a cinco tratamentos de polinização, em Mulungu - CE.

O elevado percentual de frutos vingados no tratamento de polinização aberta (TABELAS 8 e 9) neste trabalho está próximo ao encontrado por MANRIQUE & THIMANN (2002) na Venezuela, onde obtiveram 91,6% de frutos vingados para ramos localizados próximos as colméias de *Apis mellifera* L. e 86,7% para ramos distantes 1 Km das colméias.

5.2 Abelhas Visitantes florais e comportamento de pastejo

Foram identificadas seis espécies de abelhas no cultivo ecológico sombreado no município de Mulungu - CE. São elas: *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), *Melipona rufiventris* (Lepeletier, 1836), *Trigona fulviventris* (Guérin, 1835), *Nannotrigona* sp. e *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens* (Lepeletier, 1841). ROUBIK (2002a) encontrou 21 espécies de abelhas no Panamá, Klein *et al.* (2003c) obteve 29 espécies na Indonésia, RICKETTS (2004) registrou 40 espécies na Costa Rica, VEDDELER *et al.* (2008) verificou 29 espécies no Equador, VERGARA *et al.* (2008) encontraram sete espécies no México.

No Brasil foram encontrados seis espécies de abelhas em São Paulo (NOGUEIRA-NETO *et al.*, 1959; AMARAL,1972; MARLEBO-SOUZA *et al.*,2003) e em Minas Gerais, COELHO (2008) encontrou no sistema a pleno sol de café sete espécies e oito no sistema sombreado. Chama a atenção o fato de que os trabalhos realizados em São Paulo, o plantio de café localizava-se em campos experimentais, a pleno sol e em Minas Gerais, no sistema sombreado o autor obteve uma espécie a mais. Visualiza-se que praticamente não existem diferenças na quantidade de espécies de abelhas visitantes para os dois tipos de manejo (sombreado e a pleno sol) no Brasil. VERGARA & BADANO (2008) no México estudaram a influencia dos tipos de manejo relacionados com a riqueza e abundância das espécies polinizadoras, encontraram diferenças no número de espécies, uma (*Apis mellifera* L.) para o sistema a pleno sol e seis espécies no sistema de cultivo rústico (plantio em florestas), porém a taxa de frutificação de ambas não diferiram, mostrado assim o impacto positivo da presença de *Apis mellifera* L., no incremento da produtividade do café, mesmo quando só esta espécie estiver presente no cultivo. A intensidade do sombreamento pode interferir na eficiência de forragemaneto da *Apis*

mellifera L. em vista a preferência por áreas abertas (ROUBIK 2002a; VERGARA *et al.*, 2008).

As visitas às flores ocorreram ao longo de todo o dia para todas as espécies (TABELA 10) com pico de visitação no período da manhã (FIGURA 10). A temperatura média registrada durante os quatro dias de experimento foi de 25,26 °C. A temperatura máxima foi de 33,7°C enquanto que a mínima foi de 18°C (FIGURA 11).

A recompensa buscada por cada espécie de abelha variou, enquanto que as de menor porte (*Trigona fulviventris*, *Trigona spinipes* e *Nanotrigona* sp.) coletaram apenas néctar, as de porte maior (*Apis mellifera*, *Melipona rufiventris* e *Xylocopa grisescens*) coletaram néctar e pólen. Segundo FREITAS (1995) a visita em busca de pólen favorece mais a polinização, pois os visitantes florais carregam quantidades maiores de pólen em seus corpos do que a visita a procura de néctar.

A *Apis mellifera* L. foi a espécie mais freqüente nas flores ao longo do dia, coletando principalmente pólen e néctar, e a tarde somente néctar. A visita ocorre normalmente em média nove flores ($9 \pm 1,06$, n=455) por ramo (TABELA 11) e dura em média seis segundos. Ao pousar na flor, entra em contato simultaneamente com as anteras e o estigma, com a cabeça e probóscide em direção ao fundo do tubo da corola, onde se encontra o néctar, liberado pelo disco. Ao sair rapidamente para a flor vizinha, transporta grãos de pólen aderido na parte ventral e muitos na corbícula.

TABELA 10 – Insetos observados em flores de café (*Coffea arabica* L.) e suas características de horário, pico de visitas e recompensa procurada, em Mulungu – CE, 2009.

Visitante floral	Horário de visita	Pico de visita	Recompensa procurada	
			Néctar	Pólen
<i>Apis mellifera</i>	05:30 – 17:15	09:00 – 10:30	+	+
<i>Trigona fulviventris</i>	05:30 – 17:15	13:00 – 14:30	+	–
<i>Trigona spinipes</i>	05:30 - 17:15	07:00 – 8:30	+	–
<i>Melipona rufiventris</i>	05:30 – 17:15	08:00 – 9:30	+	+
<i>Nanotrigona</i> sp.	05:30 – 17:15	13:00 – 14:30	+	–
<i>Xylocopa grisescens</i>	07:30 – 16:15	08:00 – 9:30	+	+

+ (sim) – (não)

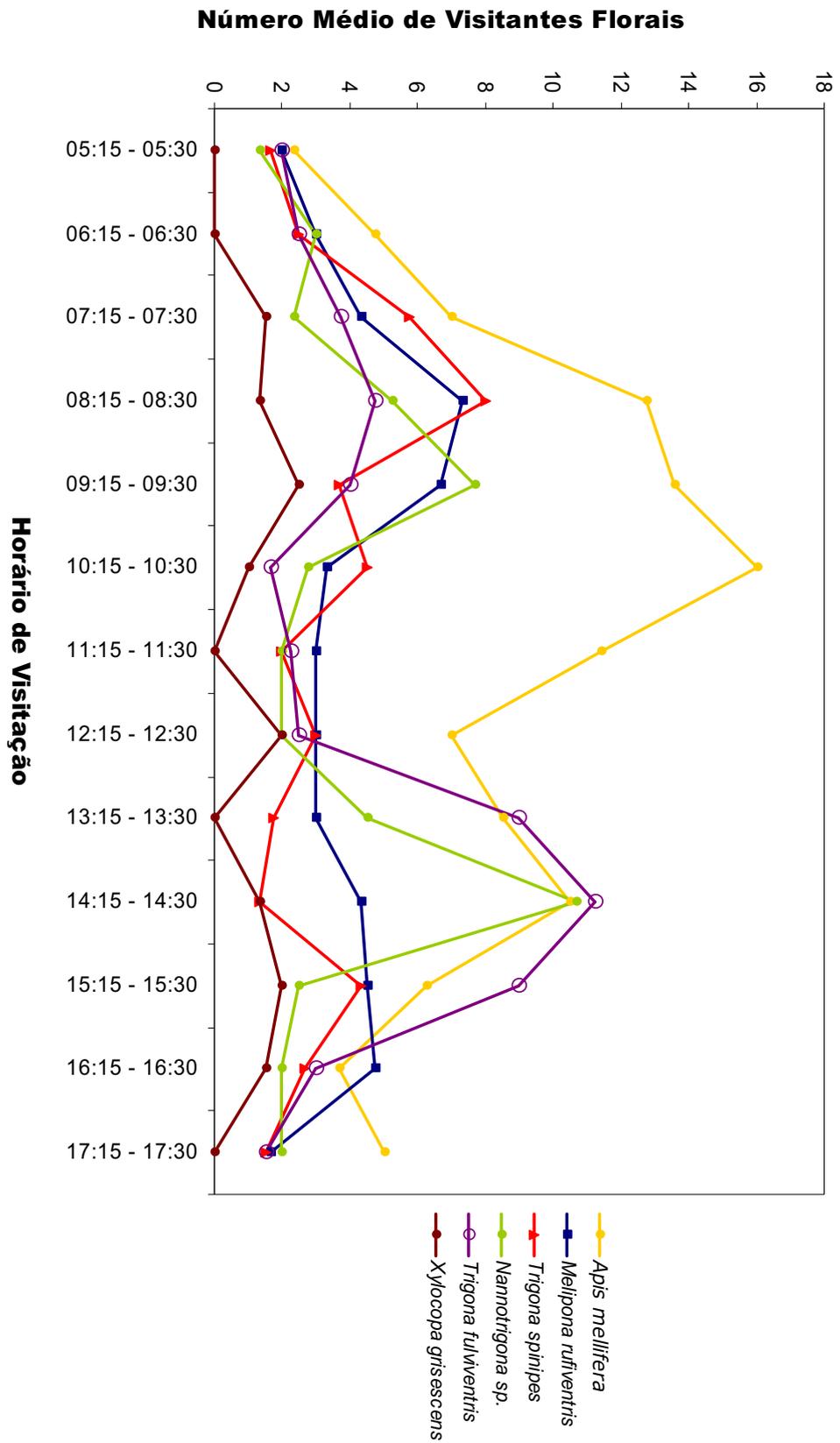


FIGURA 10 – Padrão médio de visitação das abelhas às flores de café (*Coffea arabica* L.) em Mulungu - CE.

Isso potencialmente favorece a ocorrência de polinização cruzada. AMARAL (1972) no Brasil introduziu coletores de pólen na entrada das colméias de *Apis mellifera* L. e verificou que no pico da floração do cafeeiro obteve 80% de bolotas de pólen e observou uma diminuição de pólen de outras espécies vegetais no local, indicando que estas abelhas coletam grandes quantidades de pólen e possuem preferência pela cultura durante o florescimento. Em todos os trabalhos citados e realizados na América Latina confirma a *Apis mellifera* L. como a mais freqüente e dominante na floração do café (*Coffea arabica* L.). No continente Asiático algumas espécies solitárias também foram eficientes na polinização (KLEIN *et al.*, 2003c).

ROUBIK (2002a) comenta que a *Apis mellifera* L. são recrutadas em massa e possuem um desempenho rápido na coleta de pólen e néctar, deixando muitas vezes as flores depois de visitadas, sem atrativo temporário para outras abelhas.

TABELA 11 - Número médio de flores visitadas em duas cultivares de *Coffea arabica* L. por seis espécies de abelhas em Mulungu-CE, 2009.

Espécies	n	Nº Médio de flores visitadas
		X ± E.P.
<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	455	9 ± 1,06 a
<i>Melipona rufiventris</i> (Lepeletier, 1841)	151	4 ± 0,42 b
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	157	3 ± 0,43 b
<i>Nanotrigona</i> sp.	148	3 ± 0,48 b
<i>Trigona Fulviventris</i> (Guérin, 1835)	206	4 ± 0,54 b
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i> (Lepeletier, 1841)	38	2 ± 0,18 c

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p<0,05).

A *Trigona fulviventris* Guérin pertence à subtribo Meliponina e ao gênero *Trigona* (Jurine, 1807). Esta espécie social visitou quatro flores (4 ± 0,54, n=206) em média por ramo (TABELA 11) e sua visita durou em média 26 segundos e para flores perfuradas, onze segundos.

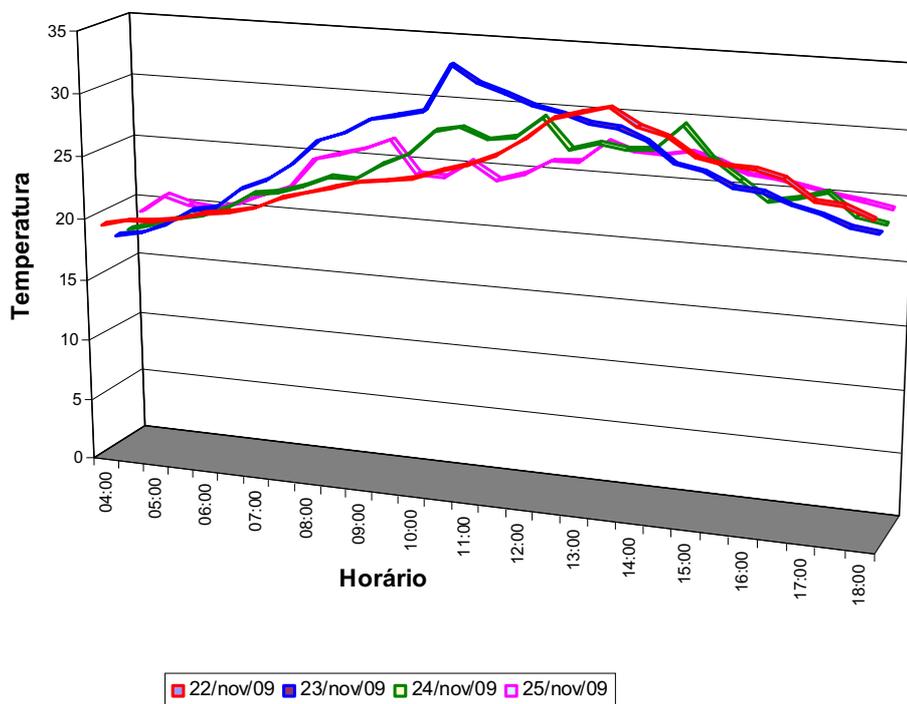


FIGURA 11 – Temperatura registrada na área experimental durante os quatro dias de florada em Mulungu – CE, 2009.

Esta espécie foi também encontrada na Costa Rica (RICKETTS, 2004) e Panamá (ROUBIK, 2002a). Seu comportamento foi caracterizado (FIGURA 12) por cortar a base do tubo da corola de vários botões florais prestes a abrir para coletar néctar. Com o auxílio das peças bucais, rapidamente realizavam esses orifícios. Em flores abertas não danificadas, ao pousar elas esbarram nas anteras e toca ao lado do estigma e descem em direção ao fundo do tubo da corola para coletar néctar. Em poucas abelhas desta espécie, observamos um pouco de pólen preso nos pêlos de suas pernas posteriores. Nos orifícios abertos, outras abelhas, como *Apis mellifera* L., ao pousarem nesta flor, notavam esta abertura e na visita seguinte já não pousavam sobre as pétalas e sim ao lado da flor, direcionando-se ao orifício.

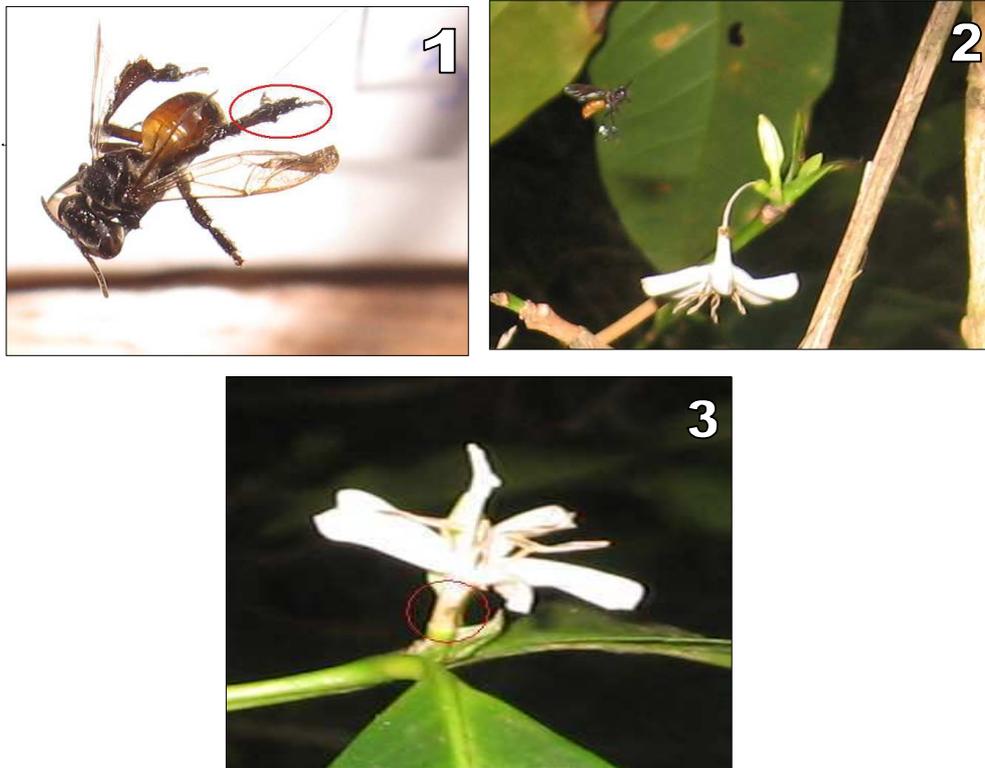


FIGURA 12 – Comportamento da *Trigona fulviventris* Guérin (1835) em plantio de café (*Coffea arabica* L.) ecológico sombreado em Mulungu – CE, 2009: 1) Detalhe dos pêlos da perna posterior. 2) Durante o vôo. 3) Furo realizado pela abelha.

Seu comportamento foi também observado por ROUBIK (2002a) no Panamá. RICKETTES (2004) na Costa Rica, não comentou o comportamento desta espécie. O corte é realizado próximo do disco, região onde é liberado o néctar, com isso esta espécie passa a coletar néctar sem precisar pousar em cima da flor, não contribui para a polinização do café. Podemos afirmar que a florada do café seja importante para manutenção desta espécie, tendo em vista a oferta de néctar (fonte de energia para as abelhas). A *T. fulviventris* é uma abelha social da tribo Trigonini com hábitos de nidificação subterrâneos, cavidades pré-existentes como formigueiros e entrada de raízes vegetais (CAMPOS, 1991 *apud* ALVES *et al.*, 2003). Encontramos um ninho dentro da área experimental com café sombreado próximo a uma bananeira (FIGURA 13).



FIGURA 13 – Ninho de *Trigona fulviventris* Guérin (1835) dentro da área experimental de *Coffea arabica* L. em Mulungu – CE, 2009.

A *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), pertence à subtribo Meliponina e ao gênero *Trigona* (Jurine, 1807). Esta espécie social visitou em média três flores ($3 \pm 0,43$, $n= 157$) (TABELA 11). Observou-se que durante o seu pouso na flor do cafeeiro, esta abelha toca as anteras e caminhando em direção ao fundo do tubo da corola, onde coleta néctar, tocando lateralmente o estigma durante sua passagem. Algumas foram vistas tocando o estigma, porém sem grãos de pólen aderidos ao seu corpo e outras com grãos de pólen de cor amarelo, porém esta cor não é das cultivares estudadas, que são brancos e finos. Verificou-se outro tipo de abordagem na flor, pousando ao lado do tubo da corola perto do pecíolo, caso tivesse um orifício aberto por *Trigona fulviventris*, coletava néctar por esta abertura, sem tocar as partes sexuais da flor. Notou-se que ao pousar sobre as pétalas, esta abelha demorou dezesseis segundos em média e algumas apresentaram um comportamento agressivo, não deixando que outras espécies pudessem pousar nas flores vizinhas no ramo, principalmente a *Melipona rufiventris* Lep. e *Apis mellifera* L. que muitas vezes nem se aproximavam destes ramos visitados por *Trigona spinipes*. Não foi observada luta entre as abelhas, apesar da *Trigona spinipes*, ameaçar um duelo. NIEH *et al.* (2004) em São Paulo, estudando o sofisticado sistema de comunicação das abelhas indígenas para detectar ricas fontes de alimento e uma possível competição entre as espécies, observaram que a *Trigona spinipes* tem facilidade de detectar feromônios (que indicam fonte alimentar) deixadas por *Melipona rufiventris*. e em experimento em que a

M. rufiventris estava na fonte alimentar, a *T. spinipes* partiram para o combate, apresentando todos os níveis de agressividade, da simples ameaça até a decapitação. A *T. spinipes* foi relatada nos experimentos de VEDDELER *et al.* (2008) no Equador e no Brasil com os trabalhos de MALERBOR-SOUZA *et al.* (2003) e COELHO (2008). Os autores não registraram o comportamento deste inseto no café.

A *Melipona rufiventris* (Lepeletier, 1836) pertence à subtribo Meliponina, ao gênero *Melipona* Illiger (1806) e Subgênero *Michmelia* (Moure, 1975). Segunda classificação taxonômica de SILVEIRA *et al.* (2002), não foram encontrados exemplares no estado do Ceará. Apresentou quatro visitas em média ($4 \pm 0,42$, $n = 151$) (TABELA 11). Esta abelha não foi encontrada como visitante do *Coffea arabica* L. em nenhum trabalho citado. Quanto ao comportamento, observou-se que ao pousar na flor do café, tocou as anteras e o estigma ao mesmo tempo, com duração média de 5 segundos por flor, coleta néctar e pólen pela manhã, à tarde coletam somente néctar, abordando a flor sempre da mesma forma. Notou-se que os grãos de pólen ficavam aderidos na parte ventral do inseto, tibia e basitarso posteriores. Devido ao seu tamanho avantajado, a coleta de pólen e contato com o estigma, pode atribuir a esta espécie como um possível polinizador do café. Na propriedade onde foi instalado o experimento, o proprietário possui um meliponário com cinco colméias desta espécie.

A pequena *Nannotrigona* sp. pertence a subtribo Meliponina e ao gênero *Nannotrigona* Cockerell (1922). Segundo a classificação de SILVEIRA *et al.* (2002) não foram encontrados exemplares deste gênero no estado do Ceará. Em trabalhos realizados no Brasil, Costa Rica, Panamá e Equador foram registrados a presença deste gênero como visitante floral nos cafezais (NOGUEIRA-NETO *et al.*, 1959; RICKETTS (2004); VEDDELER *et al.*, (2008). Foi localizado dentro da área experimento um ninho desta espécie em uma goiabeira (*Psidium guajava* L.). Visitou em média 3 flores ($3 \pm 0,48$, $n = 148$) (TABELA 11) com duração média de 18 segundos. Abordou a flor em busca do fundo do tubo da corola para coletar néctar e tocou algumas vezes ao lado do estigma. Não foram observados a realização de furos e coleta de pólen.

Xylocopa (Neoxylocopa) griseescens (Lepeletier, 1841) é a única abelha de hábito solitário encontrado no experimento. Pertence a subfamília Xylocopinae, tribo Xylocopini, subgênero *Xylocopa* e subgênero *Neoxylocopa* (Michener, 1954). Seu tamanho avantajado permitiu que durante a visita às flores, duas em média ($2 \pm 0,18$, $n = 38$) (TABELA 11), tocassem os órgãos sexuais. Algumas foram observadas coletando pólen pela manhã, os grãos ficaram aderidos na parte ventral e nas pernas posteriores. A visita durou em média

4 segundos. Apesar da baixa frequência as flores, esta espécie pode ser considerada como um potencial polinizador do café.



FIGURA 14 – Abelhas visitantes florais em duas cultivares de Coffea arabica L. Mulungu- CE. 2009. a) *Apis mellifera* L., b) Ninho de *Melipona rufiventris* e vista lateral do inseto, c) *Trigona fulviventris*, d) *Nannotrigona* sp., e) *Trigona spinipes* e f) *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens*.

Outros visitantes florais foram observados além das abelhas: formigas, vespas, borboletas e aves (FIGURA 15).

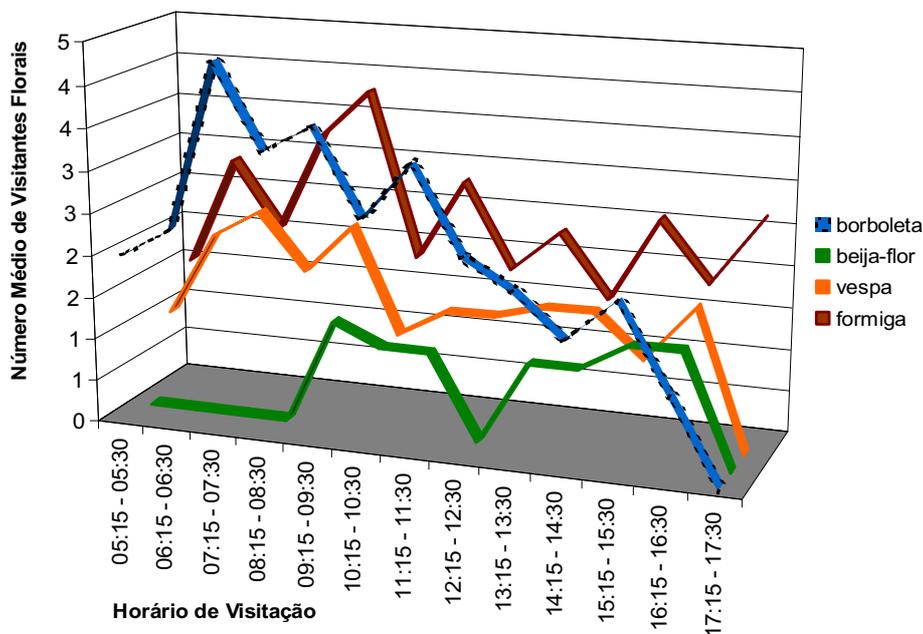


FIGURA 15 – Padrão médio de visitação de outros visitantes florais em duas cultivares de *Coffea arabica* L. em Mulungu – CE, 2009.

A borboleta da superfamília Nymphalidae foi a que mais freqüentou as flores do café (FIGURA 15), seguida da *Dolichoderus* sp.1 (formiga) e beija-flor (ordem Trochiliformes). Verificou-se a coleta de néctar pela borboleta e beija-flor. A vespa (família Vespidae) efetuou vôos sobre as flores do café, chegando a pousar nas pétalas, saindo logo em seguida. NOGUEIRA-NETO (1959) observou vespas *Brachygastra augustii* perfurando as flores de café para se alimentar do bicho mineiro (*Perileucoptera coffeella*), uma praga bastante conhecida da cultura. Não foi identificada na área experimental esta praga.

A formiga *Dolichoderus* sp.1 (FIGURA 16), observou-se caminhado sobre as flores do café, possivelmente coletando néctar. Pesquisadores da área, ainda não haviam relatado sua presença na serra de Baturité, como o trabalho de QUINET *et al.* (2007) onde realizaram um estudo para classificar e conhecer as principais espécies de formigas da região. Esta formiga caminhou sobre as pétalas e com agilidade dirigiu-se ao tubo floral,

atraídas pelo odor adocicado do néctar. Ao se deslocar, entra em contato com a antera e o estigma, principalmente quando segue para outra flor vizinha. Não se visualizou o transporte de pólen. Segundo PHILPOTT *et al.*(2006), as formigas podem influenciar o peso final dos frutos de café conforme experimento realizado no México onde relataram uma possível interação com os visitantes florais voadores. Verificaram que a *Solenopsis* sp.1, foi a espécie de maior atividade no café de baixa sombra e pouca atividade para formigas do gênero *Dolichoderus*.



FIGURA 16 – Formiga do gênero *Dolichoderus* Lund.

5.3 Avaliação dos frutos

O peso dos frutos após 100 dias de polinização foram pesados. Não houve diferenças significativas entre as cultivares Mundo Novo e Maragogipe a um nível de significância de 5% (TABELA 12). Logo, as cultivares possuem peso médio estatisticamente iguais.

TABELA 12 – ANOVA para avaliar o peso médio dos frutos vingados de café (*Coffea arabica* L.) em Mulungu – CE, 2009.

Variáveis	g.l.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Peso	1	183,098	183,098	3,919	0,08308
Resíduos	8	373,718	46,715		
TOTAL	9	556,816			

Dentre os tratamentos de polinização para cada uma das cultivares, foi encontrado diferenças entre os pesos totais. Os frutos vingados dos tratamentos de polinização aberta, polinização cruzada manual e geitonogamia, foram os mais pesados em comparação aos demais tratamentos (FIGURA 16). Os efeitos da gravidade e do vento não colaboraram com o incremento de peso final dos frutos de café neste experimento.

O peso dos frutos vingados do tratamento de polinização cruzada da cultivar Maragogipe obteve o maior peso total aos 100 dias, indicando a importância da polinização cruzada para o aumento dos frutos vingados de café (*Coffea arabica* L.) e de seu peso aos 100 dias, concordando com os trabalhos de AMARAL (1972), MANRIQUE & THIMANN (2002) e KLEIN *et al* (2003c).

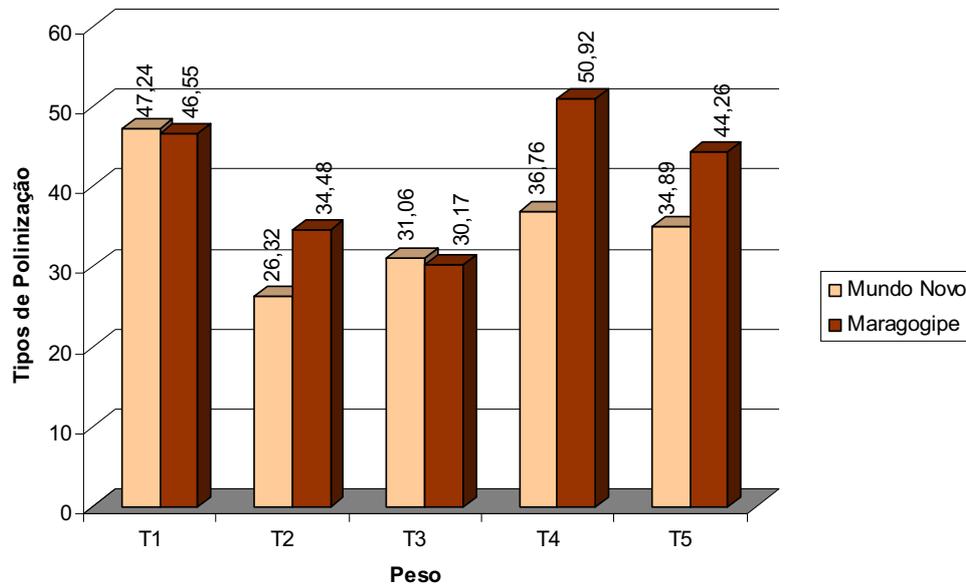


FIGURA 17 – Peso (g) dos frutos de duas cultivares de *Coffea arabica* L. após 100 dias de polinização, em Mulungu – CE, 2009.

6.0 CONCLUSÕES

O presente trabalho permite concluir que:

1- O café (*Coffea arabica* L.) é uma planta alógama e autocompatível. A ocorrência de polinização cruzada favorece a cultura proporcionando um incremento na produtividade e de seu peso aos 100 dias após os tratamentos de polinização;

2- As abelhas: *Apis mellifera* L., *Melipona rufiventris* e *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens*, podem desempenhar o papel de agentes polinizadores do café em Mulungu – CE, devido ao comportamento de coleta e deposição de pólen o estigma, favorecendo um maior percentual de frutificação e peso dos frutos aos 100 dias após os tratamentos de polinizações;

3- *Apis mellifera* L. foi dentre as abelhas a mais freqüente nas flores de café, atribuindo assim, seu importante trabalho na frutificação dos frutos.

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUAHH, G. **Principles of Plant Genetics and Breeding**. Blakweel Publishing, U.K., 584p. 2007. Disponível em:

<http://books.google.com.br/books?id=Xrwvjo2myTMC&printsec=frontcover&dq=Advantage+of+selfing+plants&lr=&source=gbs_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q=Advantage%20of%20selfing%20plants&f=false>. Acesso em: 20.12.2009.

ALVES, J.D. **Morfologia do Cafeeiro**. Em: CARVALHO, C.H.S. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008.p.41-45

ALVES, R.M.O.; CARVALHO, C.A.; SOUZA, B.A. **Arquiteruta do ninho e aspectos bioecológicos de *Trigona fulviventris fulviventris* GUERIN, 1853 (Hymenoptera: Apidae)**. Magistra, Cruz das Almas - BA, v. 15, n. especial entomologia, jan./jun., 2003. Disponível em: http://www.magistra.ufrb.edu.br/publica/magist15_1_ento/03-15_1_ento06c.html. Visitado em: 22.02.2010.

AMARAL, E. **Produção de café na ausência e na presença de insetos polinizadores**. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA. Anais... CD-ROM. 1972.

Associação Brasileira da Indústria de Café – ABIC. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/estatisticas.html#tab5>>. Acesso em: 12 de Mar. de 2010.

ANDREOLI, D.M.C.; GROTH, D.; RAZERA, L.F. **Armazenamento de sementes de café (*Coffea canephora*, P. cv. Guarini) acondicionadas em dois tipos de embalagens após secagem natural e artificial**. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.15, n.1, p.87-95,1993.

ANTHONY, F., COMBES, M.C., ASTORGA, C., BERTRAND, B., GAZIOSI, G., LASHERMES, P. **The origin of cultivated *Coffea arabica* L. varieties revealed by AFLP and SSR markers**. Theoretical and Applied Genetics. v.104, n.5, p.894-900, 2002.

BERTHAUD, J. & CHARRIER, A. **Chapter 1: Genetic resources of *Coffea***. In: CLARKE, R.J. & MACRAE, R. (EDS.). *Coffee: volume 4: agronomy*. Elsevier Applied Science, London, p. 1-39. 1988.

BERTRAND, B., ETIENNE, H., CILAS, C., CHARRIER, A., BARADT, P. ***Coffea arabica* hybrid performance for yield, fertility and bean weight**. *Euphytica*.v.141.n.3,p.255-262,2005.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. **Definições e Esquematização das Fases Fenológicas do Cafeeiro Arábica nas Condições Tropicais do Brasil**. *Bragantia*, Campinas, 60(1), 65-68, 2001

CARDOSO, A.P.S. **Café: Cultura e Tecnologia Primária**. Ministério do Planejamento e da Administração do Território - Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia - Instituto de Investigação Científica Tropical. Lisboa. 1994.

CARVALHO, A. **Taxonomia de *Coffea arabica* L. – Haplóides de Café**. *Bragantia*, Campinas, SP, v.12, n.4-6, p.201-212, 1952.

CARVALHO, A., MEDINA-FILHO, H.P., FAZUOLI, L.C., GUERREIRO-FILHO, O., LIMA, M.M.A. **Aspectos genéticos do cafeeiro**. *Revista Brasileira de Genética*.v.14.n.1.p.135-183, 1991.

CEARÁ – Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Zoneamento Ambiental da APA da Serra de Baturité: Diagnóstico e Diretrizes**. Fortaleza: SEMAC, 136p. 1991.

COELHO, F.M.P. **A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação**. 2008. 97f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG.

CHARRIER, A. & BERTHAUD, J. **Botanical classification of coffee**. In: CLIFORD, M.N. & WILSON, K.C. (EDS). *Coffee: Botany, biochemistry and production of beans and beverage*. Croom Helm, London, UK, p.13-17, 1985.

DaMATTA,F.M.; RENA, A.B.; CARVALHO, C.H.S. **Aspectos fisiológicos do crescimento e da produção do cafeeiro**. IN:CARVALHO,C.H.S. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008.p.59-68.

DaMATTA, F.M.; ROUNCHI, C.P.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. **Ecophysiology of coffee growth and production**. Braz. J. Plant Physiol., 19(4):485-510, 2007.

DAVIS, A.P., CHESTER, M., MAURIN, O.,FAY, M.F. Searching for the relatives of coffea (Rubiaceae ,Ixoroideae): **The circumscription and phylogeny of Coffeae based on plastid sequence data and morphology**. American Journal of Botany.v.94.n.3,p.313-329,2007.

DAVIS, A.P., GOVAERTS, R., BRIDSON, D.M., STOFFELEN, P.**An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea*(Rubiaceae)**. Botanical Journal of the Linnean Society,152, 465–512.2006.

DELAPLANE, K.S.; MAYER, D.F. **Crop Pollination by Bees**. CABI publishing, New York, EUA. 344p. 2000. Disponível em: <<http://books.google.com.br>>. Visitado em: 28.12.2009.

DE MARCO, P.J.; COELHO, F.M. **Services Performed by the Ecosystem: Forest Remnants Influence Agricultural Cultures Pollination and Production**. Biodiversity and Conservation 13: 1245–1255, 2004.

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

FAO. **Crops, Browse and Pollinators in Africa An Initial Stock-taking**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 55p. 2007

FAO. **Protocol to Detect and Asses Pollination Deficits in Crops**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 26p. 2009

FAZUOLI, L.C., CARVALHO, C.H.S., CARVALHO, G.R., GUERREIRO-FILHO, O., PEREIRA, A.A., BARTHOLO, G.F., MOURA, W.M., SILVAROLLA, M.B., BRAGHINI, M.T. **Cultivares de café arábica de porte alto**. IN:CARVALHO,C.H.S. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008.p.249-250.

FERREIRA, P.V. **Melhoramento de plantas – Princípios e Perspectivas**. Maceió: Editora UFAL, 2006. Tomo um. 855p.

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

FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2005. **A importância econômica da polinização**. Mensagem Doce, São Paulo, v.80,p.44-46.

FREITAS, Breno Magalhães. **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.)**. 1995. 197 f. Tese (Doutor and pollination). University of Wales, Cardiff.

GARIBALDI, L.A.; AZIEN, M.A.; CUNNINGHAM, S.A.; KLEIN, A.M. **Pollinator shortage and global crop yield: Looking at the whole spectrum of pollinator dependency**. Communicative & Integrative Biology.v.2:1,p.37-39. 2009.

GUERREIRO-FILHO,O., MENDES, A.N.G., CARVALHO, G.R., SILVAROLLA, M.B., BOTELHO, C.E., FAZUOLI, L.C. **Origem e classificação botânica do cafeeiro**. IN:CARVALHO,C.H.S. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008.p.27-32.

HARDER, L.D.; BARRET, S.C.H. **Pollen Dispersal and Mating Patterns in Animal-Pollinated Plants**. Em: (Eds) LLOYD, D.G.; BARRET, S.C.H. *Floral Biology: Studies on Floral Evolution in Animal-Pollinated Plants*. Chapman and Hall, New York.p.90-144. 1996. Disponível em: <

<http://books.google.com.br/books?id=HgFA7mFHp2QC&pg=PP1&dq=floral%20biology%3A%20studies%20on%20floral%20evolution%20in%20animal-pollinated%20plants&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>>. Visitado em: 09.01.2010.

HENDRE, P.S., PHANINDRANATH, R., ANNAPURNA, V. LALREMRUATA, A., AGGARWAL, R.K. **Development of new genomic microsatellite markers from robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) showing broad cross-species transferability and utility in genetic studies.** BMC Plant Biology.v.8:51,2008.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização.** 2004. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/vinces/logo/servicos_ecossistema.htm>. Visitado em: 5.02.2010.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil básico municipal: Mulungu.** Fortaleza – CE. 2009

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ce&tema=lavourapermanente2008>>. Acesso em: 05 de Fev. de 2010.

KEVAN, P.G.; PHILLIPS, T.P. **The Economic Impacts of Pollinator Declines: An Approach to Assessing the Consequences.** Conservation Ecology.v.5.n1:8. 2001. Disponível em: < <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art8/>>. Acesso em: 14.06.2008.

KLEIN, A.M., STEFFAN-DEWENTER, I., TSCHARNTKE, T. **Pollination of *Coffea canephora* in Relation to Local and Regional Agroforestry Management.** Journal of Applied Ecology.n.40.p.837-845, 2003a.

KLEIN, A.M., STEFFAN-DEWENTER, I., TSCHARNTKE, T. **Bee Pollination and Fruit Set of *Coffea Arabica* and *C. Canephora* (Rubiaceae).** American Journal of Botany. v.90.n.1.p.153-157, 2003b.

KLEIN, A.M., STEFFAN-DEWENTER, I., TSCHARNTKE, T. **Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees.** Proc. R. Soc. Lond. B 270, 955–961. 2003c.

LUNZ, A.M.P. Crescimento e Produtividade do Cafeeiro Sombreado e a Pleno sol. 2006. 96f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP.

MAC- FARLANE, R.P.; DAVIS, A.R.; ROUBIK, D.W. **Evaluating Pollinators.** Em: (Eds): ROUBIK, D.W. Pollination of cultivated plants in the tropics. FAO Agricultural Services Bulletin 118. 1995. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=A1O8Ow6wDDUC&oi=fnd&pg=PA118&dq=Pollination+of+cultivated+plants+in+the+tropics,+FAO&ots=6rr1vZNdJn&sig=r-gvvjC0g-yOL2HyM919YH3cq0#v=onepage&q=Pollination%20of%20cultivated%20plants%20in%20the%20tropics%2C%20FAO&f=false>> Acesso em 10.02.2010.

MANRIQUE A.J.; THIMANN, R.E. **Coffee (*Coffea arabica* L.) pollination with africanized honeybees in Venezuela.** Interciencia 27:414–416. 2002

MARLEBO-SOUZA, D.T.; NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A.; SOUZA, J.C. **Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.).** Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, 40:272-278 pp. 2003.

McGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants.** Washington: USDA, (Agriculture Handbook, 496). By S.E. McGregor, USDA. 411p. 1976. Disponível em: < <http://gears.tucson.ars.ag.gov/book/>>. Acesso em: 14.12.2009.

MEDINA-FILHO, H.P., BORDIGNON, R., CARVALHO, C.H.S. **Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica.** Em: CARVALHO, C.H.S. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008. p.79-100.

MENDES, A.J.T. **Velocidade de penetração do tubo polínico em *Coffea arabica* L.** Bragantia 20: 495- 502. 1961. Disponível em < <http://www.ebook-search-engine.com>>. Visitado em 14.12.2009.

MENDES, A.N.G, CARVALHO, G.R., BOTELHO, C.E., FAZUOLI, L.C., SILVAROLLA, M.B. **Mutantes de *Coffea arabica* L. e cultivares de importância histórica.** Em:CARVALHO,C.H.S. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008.p.284.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. **Genética e melhoramento do cafeeiro.** Lavras: UFLA, 1998. 99 p.

MICHENER, C.D. **The bees of the world.** The John Hopkins University Prees. 878p. Baltimore – EUA.2000. Disponível em: <<http://books.google.com.br>>. Visitado em: 30.12.2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Visitado em: 15.03.2010.

MONACO, L.C.; CARVALHO, A. **Melhoramento do cafeeiro. XXVI – Produtividade de linhagens S0 de ‘Bourbon vermelho’ e respectivos híbridos.** Bragantia. v.22.n.10, 1963.

NOGUEIRA-NETO, P.N.; CARVALHO, A.; ANTUNES-FILHO, H. A. **Efeito da Exclusão dos Insetos Polinizadores na Produção do Café Bourbon.** Bragantia. v.18 n.18, 1959.

NIEH, J.C.; BARRETO, L.S.; CONTRERA, F.A.L.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. **Olfactory eavesdropping by a competitively foraging stingless bee, *Trigona spinipes*.** Proc. R. Soc. Lond. B n. 271, 1633–1640. 2004.

OLSCHEWSKI, R., TSCHARNTKE, T.; BENÍTEZ, P.C.; SHWARZE, S.; KLEIN, A.M. **Economic Evaluation of Pollination Services Comparing Coffee Landscapes in Ecuador and Indonesia.** Ecology and Society v.11.n.1:7. 2006. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art7/2006>>. Visitado em: 22.06.2008.

PERFECTO, I. RICE, R.A., GREENBERG, R., VAN DER VOORT, M.E. **Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity**. BioScience. v.46.n.8.1996.

PEREIRA, D.A.; BRASILEIRO, B.P.; AMARAL, C.L.F. **Termos da biologia da polinização aplicados à fruticultura**. Biotemas, 22 (1): 141-146. 2009.

QUINET, Y.; HITES, N.; BISEAU, J.C. **Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serra de Baturité, Ceará**. Em: OLIVEIRA, T.S.; ARAÚJO, F.S. Diversidade e conservação da biota na serra de Baturité, Ceará. Companhia energética do Ceará (COELCE). 2007.

QUIROS, W.C. **Estudios en Polen y Polinizacion en Coffea arabica L**. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de La OEA. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados. Tesis Magister Agriculturae. 117 fls. Turrialba, Costa Rica. 1962. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=JikOAQAIAAJ&pg=PA108&dq=Estudios+em+polen+y+polinizaciones+em+coffea+arabica+L.&lr=&ei=Y1z7S4SkFYb4ywSI-ujTDw&cd=1#v=onepage&q&f=false>>. Visitado em: 25.10.2009.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. **Fisiologia do Cafeeiro**. Informe Agropecuário 11 (126). 1985. Disponível em: < <http://books.google.com.br> >. Acesso em: 14.02.2010.

RICKETTS, T.H. **Tropical Forest fragments enhance pollinator activity in Nearby coffee crops**. Conservation Biology. v.18. n.5. p.1262-1271. 2004.

RICKETTS, T.H.; DAILY, G.C.; EHRLICH, P.R.; MICHENER, C.D. **Economic value of tropical forest to coffee production**. PNAS, v.101.n.34.p.12579-12582. 2004.

ROUBIK, D. W. **Pollination of cultivated plants in the tropics**. FAO Agricultural Services Bulletin 118. 1995. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=A1O8Ow6wDDUC&oi=fnd&pg=PA118&dq=Pollination+of+cultivated+plants+in+the+tropics,+FAO&ots=6rr1vZNdJn&sig=r-gvjC0g->>

yOL2HyM919YH3cq0#v=onepage&q=Pollination%20of%20cultivated%20plants%20in%20the%20tropics%2C%20FAO&f=false> Acesso em 10.02.2010.

ROUBIK, D.W. **Feral African bees augment neotropical coffee yield**. Em: Kevan P & Imperatriz Fonseca VL (eds) – Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature - Ministry of Environment / Brasília. p.255-266. 2002a.

ROUBIK, D. W. **The Value of Bees to the Coffee Harvest**. Nature 417, 708. 2002b.

SAES, M. S. M. ; SOUZA, M. C. ; OTANI, M . **Strategic Alliances and Sustainable Coffee Production: The shaded system of Baturité, State of Ceara, Brazil**. Internacional Food and Agribusiness Management Review, v. 6, 2003.

SOARES, A.R.; MANTOVANI, E.C.; RENA, A.B.; SOARES, A.A. **Irrigação e Fisiologia da Floração em Cafeeiros Adultos na Região da Zona da Mata de Minas Gerais**. Maringá, v. 27, no. 1, p. 117-125, Jan./Mar, 2005.

SOUZA, N.C. **Avaliação da rentabilidade do café ecológico, sob condições deterministas e de risco: o caso da APA de Baturité**. 2008. 130f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

SEPLAG/CE, Secretaria do Planejamento e Gestão. Plano Plurianual 2008-2011.

Disponível em:

<http://www.seplag.ce.gov.br/content/aplicacao/SEAD/upload/PPA_2008_2011/PERFIL%20REGIONAL/Perfil%20Regional%20Baturite.doc>. Acesso em 9 de agosto de 2009.

SEBRAE. **Café gourmet e orgânico. Relatório completo – Estudo de mercado** SEBRAE/ESPM.p.184.

SNOW, A.A.; SPIRA, T.P.; SIMPSON, R.; KLIPS, R.A. **The Ecology of Geitonogamous Pollination**. Em: Em: Floral biology: studies on floral evolution in animal-pollinated plants. Eds: LLOYD, D. G. & BARRET, S. C. H. New York: Chapman & Hall, 410p.1996. Disponível em: <

http://books.google.com.br/books?id=HgFA7mFHp2QC&printsec=frontcover&dq=delapl+ane+e+mayer&lr=&source=gbs_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 11.02.2010.

STEFFAN-DEWENTER, I.; POTTS, S.G.; PACKER, L. **Pollinator Diversity and Crop Pollination Services are at Risk**. *TRENDS in Ecology and Evolution*. v.20.n.12.2005.

VEDDELER, D.; OLSCHEWISKI, R.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.M. **The Contribution of Non-Managed Social Bees to Coffee Production: New Economic Insights Based on Farm-Scale Yield Data**. *Agroforest Syst.* 73:109–114. 2008.

VERGARA, C.; CONTRERAS, J.; FERRARI, R.; PAREDES, J. **Polinización Entomófila**. Em: *Agrosistemas Cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación*. (Eds): MANSON, R.H.; ORTIZ, V.H.; GALLINA, S.; MEHLTRETER, K. Instituto Nacional de Ecología (INE). Ciudad de México. p.247-257. 2008.

WINTGENS, J.N. **Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production**. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KGa. Weinheim, 2009.