

revista  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Revista de la Facultad de Agronomía

ISSN: 0041-8676

ISSN: 1669-9513

revista@agro.unlp.edu.ar

Universidad Nacional de La Plata

Argentina

da Silva, Gleycon Velozo; de Jesus, Rafaela Oliveira; de Lima  
Mohallem, Marina; Wolowski, Marina; de Oliveira Ramos, Tatiana  
Importância da cobertura florestal no cultivo de café orgânico na diversidade de polinizadores  
Revista de la Facultad de Agronomía, vol. 123, e140, 2024  
Universidad Nacional de La Plata  
Argentina

DOI: <https://doi.org/10.24215/16699513e140>

- ▶ Número completo
- ▶ Mais informações do artigo
- ▶ Site da revista em [portal.amelica.org](http://portal.amelica.org)



## Importância da cobertura florestal no cultivo de café orgânico na diversidade de polinizadores

### Importance of forest cover in the cultivation of organic coffee in diversity of pollinators

#### **Gleycon Velozo da Silva**

Instituto de Pesquisa da Amazônia, Brasil

#### **Rafaela Oliveira de Jesus**

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

#### **Marina de Lima Mohallem**

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

#### **Marina Wolowski**

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

#### **Tatiana de Oliveira Ramos\***

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

#### **Revista de la Facultad de Agronomía**

Universidad Nacional de La Plata, Argentina

**ISSN:** 1669-9513

**Periodicidad:** Continua

vol. 123, 2024

redaccion.revista@agro.unlp.edu.ar

**Recepción:** 15 junio 2022

**Aprobación:** 1 octubre 2023

**Publicación:** 31 julio 2024

**URL:** <http://portal.amelica>

**DOI:** <https://doi.org/10.24215/16699513e140>

**\*Autor de correspondencia:** [tatorbio@gmail.com](mailto:tatorbio@gmail.com)

## Resumo

A polinização é um serviço ecossistêmico de grande importância para a conservação da biodiversidade. A maior parte dos alimentos consumidos por nós depende em algum grau ou totalmente da polinização realizada por abelhas. Embora o café seja autocompatível, estudos apontam que em cultivo sombreado e próximo a áreas florestadas, as flores recebem um maior número de visitantes, o que contribui para uma produção maior. O presente estudo teve como objetivo comparar a diversidade de insetos polinizadores, taxa de visitação e produção de café a pleno sol e sombreado na região do sul de Minas. As observações florais aconteceram nos meses de setembro e outubro de 2017, e setembro de 2018. As abelhas do gênero *Trigona* foram os visitantes florais mais abundantes no café com 116 visitas e *Plebeia* sp. foi a abelha mais frequente nas flores de café (70,3%). Os principais visitantes florais foram abelhas nativas. As áreas de cultivo mais sombreadas foram as que mais receberam visitas nas flores de café, e o talhão com a terceira maior porcentagem de sombreamento (17,53%), apresentou a maior média de tamanho das sementes.

**Palavras-chave:** *coffea arabica*, conservação, minas gerais, rubiaceae

## Abstract

Pollination is an ecosystem service of great importance for the conservation of biodiversity. Most of the food consumed by us depends to some degree or completely on pollination carried out by bees. Although coffee is self-compatible, studies show that in shaded cultivation and close to forested areas, flowers receive a greater number of visitors, which contributes to higher production. The present study aimed to compare the diversity of pollinating insects, visitation rate and coffee production in full sun and shade in the southern region of Minas Gerais. The floral observations took place in September and October 2017, and September 2018. Bees of the genus *Trigona* were the most abundant floral visitors in coffee with 116 visits and *Plebeia* sp. was the most frequent bee on coffee flowers (70.3%). The main floral visitors were native bees. The most shaded areas were the ones that received the most visits in the coffee flowers, and the plot with the third highest percentage of shading (17.53%) had the highest average seed size.

**Key words:** *coffea arabica*, conservation, minas gerais, rubiaceae

## INTRODUÇÃO

A polinização é um serviço ecossistêmico básico que mantém a qualidade e funcionamento da biodiversidade de plantas angiospermas (Imperatriz-Fonseca et al., 2012; Costanza et al., 2017; IPBES, 2017). Os principais vetores bióticos responsáveis por realizar a polinização são os insetos e alguns vertebrados (Klein et al., 2007; Ollerton et al., 2011; Marques et al., 2015; Roubik, 2018). A maior parte dos alimentos por nós consumidos são polinizados por abelhas, mariposas, besouros, borboletas e pequenos vertebrados, destacando-se algumas aves e os morcegos (Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil – Wolowski et al., 2019). A presença de polinizadores favorece aproximadamente 87,5% das angiospermas conhecidas, o que equivale a aproximadamente 300.000 espécies (Imperatriz-Fonseca et al., 2012). A polinização realizada por animais nativos pode contribuir de forma eficaz para a polinização de cultivos agrícolas melhorando o rendimento (Garibaldi et al., 2011; Rader et al., 2016; Wolowski et al., 2019). Além disso, a polinização é um serviço ecossistêmico que dá suporte a todos os outros serviços providos pelo meio ambiente, pois além de favorecer o aumento na produção agrícola, auxilia no controle natural de pragas, ciclagem de nutrientes e conservação da biodiversidade (Rech et al., 2014). Já em ecossistemas naturais, podemos dar destaque às abelhas como responsáveis pela polinização de boa parte das espécies nativas, que por sua vez possuem impacto protetor do solo, dos recursos hídricos e nas interações ecológicas (Righi y Bernardes, 2015). O valor dos serviços prestados pelos polinizadores é estimado em 153 bilhões de euros por ano, sendo as abelhas os principais polinizadores (FAO, 2004; Potts et al., 2010, Witter et al., 2014). Estima-se que no Brasil a polinização agrega um valor de US\$ 12 bilhões por ano na produção de alimentos (Giannini et al., 2015).

Cultivos de café próximos a remanescentes florestais e com manejo de baixo impacto favorecem os polinizadores, os quais acrescentam melhoras de até 30% no rendimento da produção (Hipólito et al., 2018). Ferreira (2008) realizou um estudo na Zona da Mata de Minas Gerais, com o intuito de avaliar quais fatores contribuem para uma maior efetividade da polinização e aumento da produção no cultivo de café. Neste estudo, foram comparados sistemas de cultivos convencionais e agroflorestais de *Coffea arabica*, onde analisou-se também a estrutura da paisagem. Em ambos os métodos de cultivos, foi observada uma média de 5% de aumento na produção com a visita dos polinizadores. A espécie *Apis mellifera* L. se mostrou como o visitante floral dominante, apresentando uma eficácia de 43% no processo de polinização. A frequência de visita das abelhas nas flores do café foram maiores conforme a proximidade das áreas florestadas (Ferreira, 2008).

O café cultivado em sistemas agroflorestais fornece recursos de nidificação e forrageamento para inúmeras espécies de insetos e aves, que fornecem serviços ecossistêmicos reguladores ao cultivo (Perfecto et al., 1996; Vandermeer et al., 2010; Cunningham et al., 2013). As plantações de café sombreado possuem dinâmicas ecológicas semelhantes à de uma floresta, fornecendo um microclima, proteção do solo e controle da erosão, sequestro de carbono, controle natural de plantas espontâneas, controle natural de pragas, e beneficia a polinização do café (Ataroff y Monasterio, 1997; Beer et al., 1998; Staver et al., 2001; Klein et al., 2003; De Marco y Coelho, 2004; Perfecto et al., 2004; Lin, 2007; Vandermeer et al., 2010; Boreux et al., 2013; Karp et al., 2013).

Graças a esses serviços há uma redução das despesas com defensivos agrícolas e o cultivo fica resistente às pragas do café (Beer et al., 1998; Fragoso et al., 2002). É de grande importância destacar que uma alta diversidade e abundância de predadores nos plantios de café sombreado ajudam a controlar o besouro da broca do café (*Hypothenemus hampei* Ferrari; Coleoptera: Curculionidae), uma das pragas devastadoras para o cultivo (Greenberg et al., 2000; Perfecto et al., 2004; Armbrrecht y Gallego, 2007; Vega et al. 2009; Hagggar et al., 2011; Karp et al., 2013, Bosselmann et al., 2009).

A cobertura de sombra ocorre com a presença de áreas de mata nas proximidades das lavouras, sejam estes remanescentes florestais ou sistemas agroflorestais. Estas áreas fornecem abrigo e local para forrageamento e nidificação para os polinizadores, o que pode levar ao aumento do número de visitantes florais no cultivo de café, aumentando conseqüentemente a produção (Priess et al., 2007). Em locais onde a produção de café é realizada pelo método orgânico e em sistema agroflorestal, além de conservar o meio ambiente, a qualidade do café é melhorada e, o valor agregado por saca quase dobra de valor em relação a cultivos convencionais (Lopes et al., 2012). O cultivo de café sombreado pode melhorar tanto a qualidade do grão quanto da bebida (Muschler, 2001; Vaast et al., 2006; Bosselmann et al., 2009). Essa melhoria se explica pelo crescimento reduzido de ervas daninhas (Alves et al., 2016; Beer et al., 1998; Staver et al., 2001) e pela menor competição por nutrientes entre as ervas daninhas e os pés de café (Alves et al., 2016). Em cultivos sombreados de café, os grãos tendem a ser maiores comparados ao cultivo a pleno sol. Além disso, o número de grãos mal formados (chocho) é menor em cultivos sombreados do que a pleno sol (Muschler, 2001).

Grãos de alta qualidade estão relacionados com a qualidade da bebida (Muschler, 2001; Vaast et al., 2006). O custo de produção no café sombreado é baixo e possui uma maior qualidade na produção, o que representa um maior valor pago por saca (Alves et al., 2016).

Quando o café é plantado próximo às áreas de remanescentes florestais em Minas Gerais, apresentam um aumento na qualidade dos seus grãos (14,6%) quando comparado com áreas de monocultura em larga escala, gerando uma agregação de valor em torno de R\$ 3.960,00 por ha/ano (De Marco y Coelho, 2004). Em outro estudo realizado por Ricketts (2004), na Costa Rica, foi constatado que o serviço prestado pela polinização no café foi estimado em aproximadamente US\$ 60.000 por ano.

O presente estudo teve como objetivo comparar a diversidade de insetos polinizadores, taxa de visitação, peso do fruto, sementes, e tamanho das sementes a pleno sol e sombreado na região do sul de Minas. Este estudo testou a hipótese de que quanto maior o sombreado no cultivo maior diversidade de insetos visitantes florais e a produção de café. Espera-se que haja mais visitantes florais nas áreas com maior taxa de sombreado, pois estas devem fornecer sítios de nidificação, recursos para forrageamento dos insetos polinizadores (Perfecto et al., 1996; Klein et al., 2003; De Marco y Coelho, 2004; Vandermeer et al., 2010; Boreux et al., 2013; Cunningham et al., 2013).

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no período de junho de 2017 a novembro de 2018 na Fazenda Jacarandá, no município de Machado-MG. A propriedade é composta por cultivo de café em sistema orgânico a pleno sol e orgânico sombreado em sistema agroflorestal. A Fazenda Jacarandá é tradicional em produção de café orgânico, certificada desde 1991 pelo Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural (IBD). Foram selecionados nove talhões com aproximadamente um hectare cada para avaliar a diversidade de polinizadores, a taxa de visitação e a produção de café ao longo de um gradiente de sombreado (FIGURA 1). A área está situada em uma altitude média de 1.140 m, latitude 21°42' S e longitude 46°5' W. O clima é mesotérmico brando, com inverno seco (IBGE, 2001), precipitações médias anuais de 133 mm e temperatura média de 19,6°C (Embrapa, 2018). A região se encontra inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica com florestas tropicais semidecídua, predominando espécies arbóreas que perdem suas folhas no inverno (Moreira, 2009). A área da propriedade possui uma paisagem heterogênea, com áreas em regeneração, áreas de capoeira e nenhuma pastagem. A espécie de café cultivado na propriedade é *Coffea arabica*.



FIGURA 1

Área de estudo de cultivo de café orgânico sombreado e a pleno sol na Fazenda Jacarandá, Machado, Minas Gerais, Brasil. Fonte: Autoria própria.

Foi realizado um levantamento da cobertura vegetal, para avaliar o grau de sombreado dos talhões, afim de analisar um gradiente da área mais a pleno sol até a área mais sombreada. Em cada talhão, foi feito um levantamento das espécies arbóreas. As áreas dos talhões foram divididas em

cinco parcelas de 10 m x 10 m, sendo quatro nas extremidades e uma ao centro. Os indivíduos arbóreos com DAP  $\geq$  10 cm (diâmetro à altura do peito) foram amostrados. Para cada espécime amostrado, foi estimada a altura do fuste, altura total e os tamanhos mínimo e máximo da copa. Para calcular a área da copa foi utilizada a fórmula da elipse, onde:

$$\sqrt{(\text{tamanho máximo da copa}^2 + \text{tamanho mínimo da copa}^2)}$$

Para calcular a taxa de sombreamento dos talhões, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$x = \text{área total} * 100 / 500$$

onde 500 m<sup>2</sup> = área total das parcelas

Foram feitas amostragens para caracterizar a visitação floral dos talhões nas principais floradas do café (setembro/outubro) em dois anos consecutivos (2017 e 2018). As observações foram realizadas em cinco indivíduos de café em cada talhão. A amostragem dos visitantes florais foram realizadas durante intervalos de 30 minutos por indivíduo, entre 6:00 e 17:00 horas. Foram observados 45 indivíduos de café em nove talhões, durante quatro dias em 2017 e dois dias em 2018, totalizando um esforço amostral aproximado de 66 horas de observações focais. O único talhão que não foi amostrado no primeiro ano de observações foi o Amendoim, pois os pés de café encontravam-se sem folhas e sem botões florais, este talhão foi observado somente em 2018.

O comportamento dos insetos visitantes foi registrado no momento da visita, diferenciando-os como visitante floral ou polinizador. Para diferenciar um visitante de um polinizador, foi observado se o inseto tocava as estruturas reprodutivas da flor (estigma e anteras). Os visitantes florais que tocaram as estruturas reprodutivas foram registrados como polinizadores e os que não tocaram como visitantes florais. O registro dos visitantes florais foi feito com auxílio de câmera digital e observação direta. Os insetos observados foram capturados com auxílio de potes e sacrificados em câmera mortífera com acetato de etila. Os insetos coletados foram identificados no Laboratório de Botânica na UNIFAL – MG, campus Alfenas, com auxílio de literatura especializada da 1ª edição do livro *Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação* (Silveira et al., 2002).

Os resultados da produção de 2018 não foram avaliados devido os frutos estarem em desenvolvimento até o presente momento. Os experimentos de polinização foram realizados em campo a fim de avaliar a taxa de frutificação em condições naturais e experimentais, através de cinco tratamentos diferentes. Para realizar os experimentos, cinco indivíduos de café foram selecionados a partir do centro de cada talhão com uma distância mínima de cinco metros entre eles. Os tratamentos realizados foram autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada manual e polinização natural. Na autopolinização espontânea, foram marcadas 10 flores por indivíduo de café ainda em botões florais e mantidas ensacadas sem nenhuma manipulação. Para a autopolinização manual, foram marcadas 10 flores por indivíduo para realizar a polinização manual com pólen da própria flor em flores previamente ensacadas em botão floral. Para a polinização cruzada manual, foram utilizadas 10 flores pré-ensacadas por indivíduo, nas quais foi depositado pólen proveniente de flores de indivíduos situados a uma distância mínima de 50 m. Para este tratamento não foi necessário emasculas as flores devido as anteras abrirem somente após a antese. E, por último, a polinização natural, para a qual foram marcadas 30 flores por indivíduo que permaneceram disponíveis aos insetos visitantes florais. Após o cruzamento das flores e ao término das observações de visitantes florais e a antese das flores do tratamento de polinização natural, as flores foram ensacadas novamente para acompanhar o desenvolvimento dos frutos.

O período de acompanhamento do desenvolvimento dos frutos foi de setembro de 2017 até a coleta dos frutos em maio de 2018. Em todos os meses, foi realizado o monitoramento para acompanhar os frutos. Os experimentos realizados em setembro de 2018 ainda estão sendo acompanhados. Nesse monitoramento, foi registrada a permanência dos frutos provenientes dos tratamentos de polinização, a fim de avaliar a taxa de frutificação de cada tratamento. Avaliou-se também o tamanho do fruto e sua coloração em cada período até a sua maturação, a qual coincidiu com o período de colheita do café, no início de maio do ano seguinte.

Todo o processo de pesagem foi feito em uma balança de precisão de quatro dígitos no laboratório BIOGEN na UNIFAL-MG. Os frutos e as sementes secas foram pesados individualmente. Após despolpar os frutos, foi realizada uma contagem das sementes que cada fruto continha. As sementes

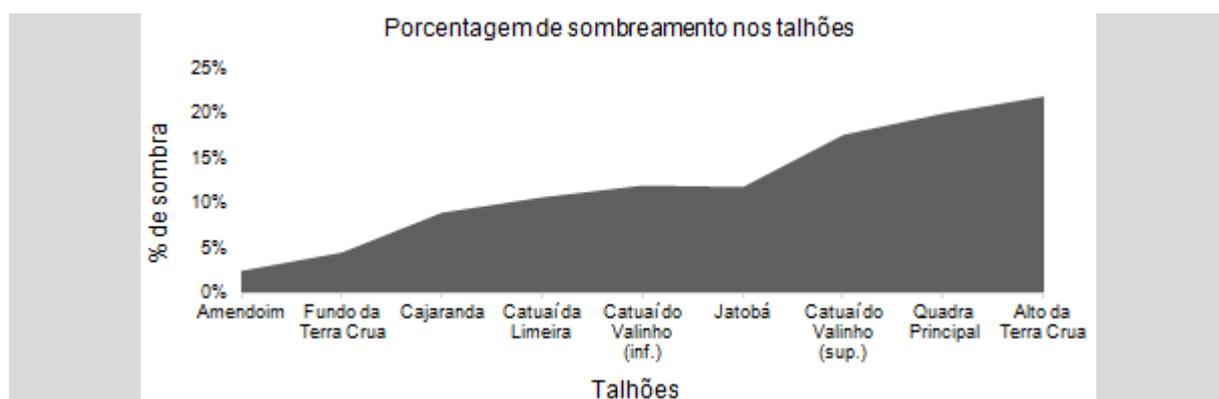
foram lavadas para retirar as impurezas e levadas para a estufa do Herbário da UNIFAL-MG em bandejas de alumínio à temperatura de 60°C, onde permaneceram durante três dias. Após a secagem, as sementes foram pesadas e seu comprimento medido com um paquímetro digital.

### ANÁLISE DE DADOS

A riqueza das espécies visitantes nas flores do café (S) foi determinada como o número observado de espécies de visitantes florais; a frequência relativa, como o percentual de indivíduos de cada espécie sobre o total de indivíduos de insetos capturados nos meses de coleta. Para analisar a riqueza, visitação de polinizadores, e peso do fruto x taxa de sombreamento realizou-se uma regressão linear simples com o software R. Para o peso dos frutos, das sementes e o tamanho das sementes foram realizados ANOVA, o teste de normalidade, homocedasticidade e teste Tukey (1953) para realizar comparações entre as médias, com um intervalo de confiança de 95%.

## RESULTADOS

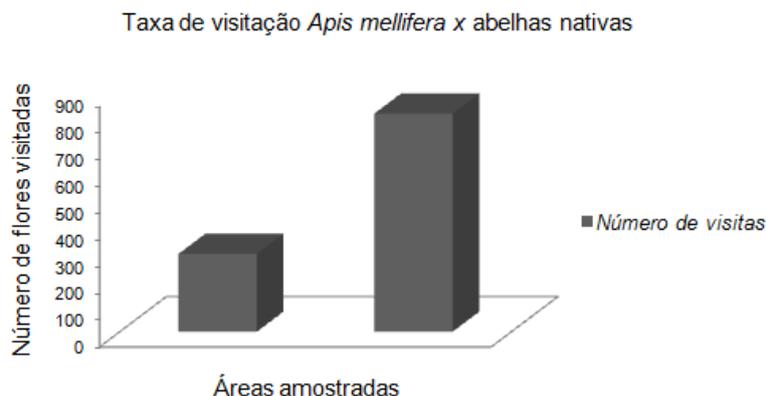
Ao todo foram registradas 41 espécies arbóreas nos nove talhões analisados. Destas, 29 foram identificadas em espécie, duas em famílias, uma é de origem híbrida (limoeiro) e nove não foram identificadas (Apêndice A). O talhão com maior número de árvores foi o Alto da Terra Crua, com aproximadamente 170 árvores, e como era de se esperar, foi o talhão com maior porcentagem de cobertura vegetal (21,79%). Em sequência, os talhões mais sombreados foram: Quadra Principal (19,92%), Catuaí do Valinho superior (17,53%), Jatobá (11,73%), Catuaí do Valinho inferior (11,9%), Catuaí da Limeira (10,58%), Cajaranda (8,87%), Fundo da Terra Crua (4,44%) e Amendoim (2,4%) (Figura 2).



**FIGURA 2**

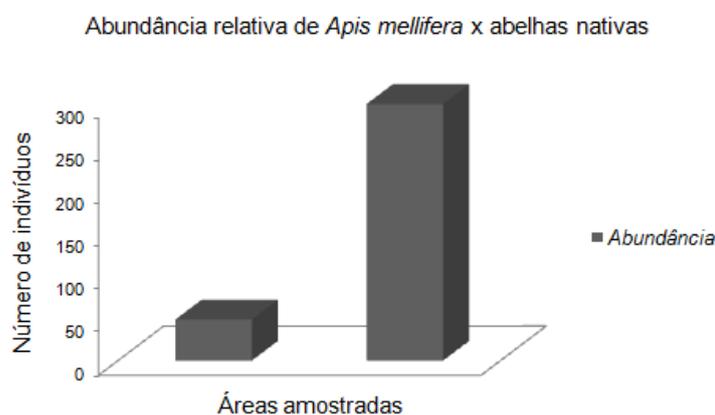
Porcentagem de cobertura florestal no gradiente do talhão menos sombreado ao mais sombreado.  
Fonte: Autoria própria.

No total foram observados 388 visitantes nas flores de café que representaram 24 espécies. As abelhas apresentaram maior número de visitas e foram registradas duas famílias de abelhas, Apidae (98,56%) e Halictidae (1,44%). Deste total, as abelhas foram responsáveis por 89,69% das visitas nas flores de café, seguidas por espécies de vespas (4,63%), besouros (4,12%), percevejos (0,77%) moscas (0,51%) e borboletas (0,25%) (Apêndice B). Foram registradas 12 espécies de abelhas nativas (300 indivíduos visitaram 818 flores de café), as quais comparadas a abelha *Apis mellifera* (48 indivíduos visitaram 292 flores de café), foram os principais visitantes e as mais abundantes nas áreas de estudo (Figura 3).



**FIGURA 3**

Taxa de visitação de *Apis mellifera* x abelhas nativas nas áreas de cultivo de café orgânico do respectivo estudo. Fonte: Autoria própria.



**FIGURA 4**

Abundância relativa de *Apis mellifera* x abelhas nativas nas áreas de cultivo de café orgânico do respectivo estudo. Fonte: Autoria própria.

As abelhas do gênero *Trigona* (*Trigona* sp. e *Trigona spinipes*) foram os principais visitantes florais com 116 visitas (29,89%) nas flores de café, seguido por *Plebeias* sp. com 70 visitas (18,04%), *Frieseomelitta* sp. com 53 visitas (13,65%) e *Apis mellifera* com 48 visitas (12,37%) (Tabela 1). *Trigona* sp. foi a única espécie registrada em todos os talhões, tendo um total de 79 visitas e ocorrendo com maior abundância no Alto da Terra Crua (24 indivíduos visitantes) e Catuaí da Limeira (17 indivíduos visitantes) (Apêndice C). O talhão com maior número de visitas foi o talhão com maior número de árvores e a maior porcentagem de sombra, o Alto da Terra Crua com 116 visitas (Tabela 1). O talhão com maior riqueza de espécies foi o Catuaí da Limeira, com 15 espécies das 24 observadas. Em sequência os talhões com maior riqueza de espécies foram o Alto da Terra Crua e o Cajaranda com 13 espécies e 10 espécies, respectivamente (Apêndice C).

**TABELA 1**

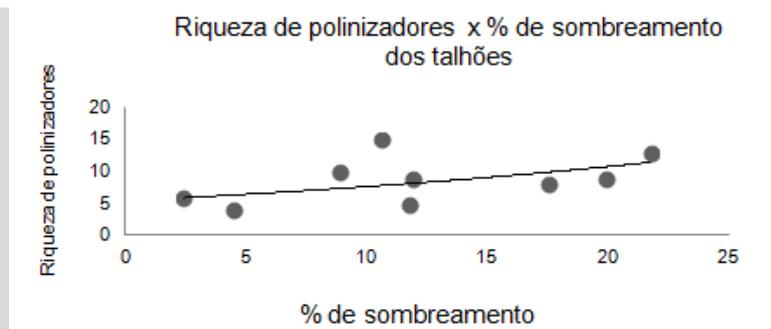
Número de visitas realizado por espécie visitante floral registrada em cada talhão. Fonte: Autoria própria. Nota: Letras representam cada talhão: A – Cajaranda; B – Catuaí da Limeira; C – Fundo da Terra Crua; D – Alto da Terra Crua; E – Quadra Principal; F – Jatobá; G – Catuaí do Valinho (sup.); H – Catuaí do Valinho (inf.); I – Amendoim.

Espécies de visitantes florais	Talhões									Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
<i>Apis mellifera</i>	5	13	3	17	2	1	5	2	-	48
<i>Cephalotrigona</i> sp.1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp.1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	2
Coccinellidae sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Coleoptera sp.1	2	3	-	-	1	-	8	-	-	14
Coleoptera sp.2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Diptera sp.1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Diptera sp.2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Frieseomelitta</i> sp. 1	28	1	-	12	5	-	5	1	1	53
<i>Friesomelitta</i> sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Halictidae sp.1	1	3	-	1	-	-	-	-	-	5
Hemiptera sp.	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2
Lepidoptera sp.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Meliponini sp.1	-	-	-	11	-	-	-	-	-	11
Meliponini sp.2	1	12	-	13	3	-	2	3	-	34
<i>Oxytrigona</i> sp.1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	3
<i>Plebeia</i> sp.	5	11	-	17	16	19	-	2	-	70
<i>Tetragonisca</i> sp.	-	-	-	-	3	1	-	-	-	4
Tibicinidae sp.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Trigona</i> sp.	6	17	3	24	1	5	8	8	7	79
<i>Trigona spinipes</i> Fabricius, 1793	3	4	2	13	-	-	4	5	6	37
Vespidae sp.1	-	1	-	-	2	-	-	-	1	4
Vespidae sp.2	-	2	2	1	1	1	-	1	-	8
Vespidae sp.3	1	1	-	4	-	-	-	-	-	6

*Plebeia* sp. apresentou a maior frequência de todos os visitantes florais, sua frequência foi de 70,3% de visitas no Jatobá e 47% na Quadra Principal. A segunda espécie mais frequente foi *Frieseo melitta* sp. no talhão Cajaranda com 52,8% de frequência, seguida por *Trigona* sp. e *Trigona spinipes* no talhão Amendoim com frequências de 41,1% e 35,2%. O talhão menos sombreado foi o segundo com menor abundância de visitantes florais com 17 indivíduos (Anova  $F=7,55$ ,  $df=8,63$ ,  $p=0,02$ ) (Apêndice C).

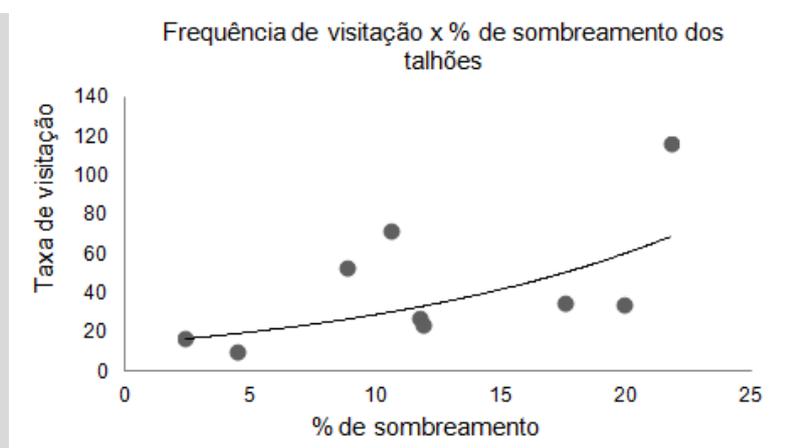
A riqueza de polinizadores em relação a taxa de sombreamento nos cultivos possui uma correlação fraca e seus valores não são significativos estatisticamente ( $p=0,19$ ) (Figura 5). A frequência de visitação possui uma correlação média em relação à taxa de sombreamento nos cultivos, seu valor foi significativo apenas no talhão Catuaí da Limeira ( $y=2,94x + 7,37$ ;  $F=7,55$ ,  $df=8,63$ ,  $R^2=0,34$ ,  $n=9$ ,  $p<0,01$ ) (Figura 6).

A faixa de horário com maior registro de visitantes florais foi das 09 às 12 horas. O horário com o maior número de visitantes florais foi das 10 às 11 horas (106 visitas), seguido das 09 às 10 (91 visitas), e das 11 às 12 horas (63 vistas) (Apêndice D). As espécies com maior número de visitas nessa faixa de horário foram *Trigona* sp. Com 25 visitas no período das 10 às 11 horas, *Frieseo melitta* sp. com 23 visitas no período das 9 às 10 horas, *Plebeia* sp. com 17 visitas no período das 10 às 11 horas, *Trigona spinipes* com 16 visitas no período das 10 às 11 horas, Meliponini sp.3 com 12 visitas no período das 10 às 11 horas, *A. mellifera* com 11 visitas no período das 9 às 10 horas e Coleoptera com seis visitas no período das 10 às 11 horas (Figura 7).



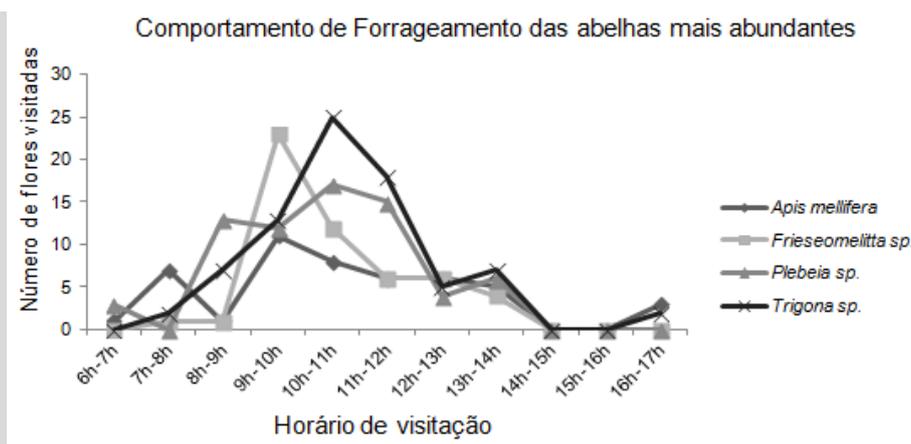
**FIGURA 5**

Regressão linear simples da riqueza de polinizadores e taxa de visitação x taxa de sombreamento no cultivo de café. A) Riqueza de polinizadores x taxa de sombreamento. Fonte: Autoria própria.



**FIGURA 6**

Frequência de visitação x taxa de sombreamento. Fonte: Autoria própria.



**FIGURA 7**

Distribuição do horário de visita das quatro espécies mais abundantes nas flores do café. Fonte: Autoria própria.

No total foram visitadas 1236 flores de café durante a realização do experimento. Apesar de *A. mellifera* ter sido o quarto visitante floral mais abundante, esta espécie foi a que visitou mais flores

(292 flores), seguida por *Trigona* sp. (208 flores), *Plebeia* sp. (186 flores), e *Frieseo melitta* sp. (162 flores). O recurso mais coletado pelos insetos visitantes foi o néctar em 699 coletas. Comparado ao néctar, apenas 133 visitas resultaram na coleta do pólen (Apêndice E). Dos recursos coletados, a abelha que mais coletou néctar foi *A. mellifera* (215 vezes), e a que mais coletou pólen foi *Frieseo melitta* sp. (49 vezes). As abelhas do gênero *Trigona* foram os principais pilhadores, pilharam 73 flores, sendo 49 flores por *Trigona* sp. e 24 flores por *Trigona spinipe*. e *Plebeia* sp. pilhou 44 flores (Figura 7). Por exemplo, enquanto *Frieseo melitta* sp. visitava uma flor, *A. mellifera* já estava na sua quarta ou quinta visita.

No total foram ensacadas e manipuladas 2890 flores, com um total de 1710 flores que geraram frutos viáveis e 1180 abortos (Tabela 2). Dos tratamentos realizados, os que apresentaram maior taxa de frutificação foram polinização cruzada manual e polinização natural com 69,27% e 68,46%, respectivamente (Tabela 2). O tratamento de autopolinização espontânea apresentou a menor taxa de frutificação (46,19%) e maior taxa de aborto (53,81%) ( $F=9,88$ ,  $df=9,14$ ,  $p<0,002$ ).

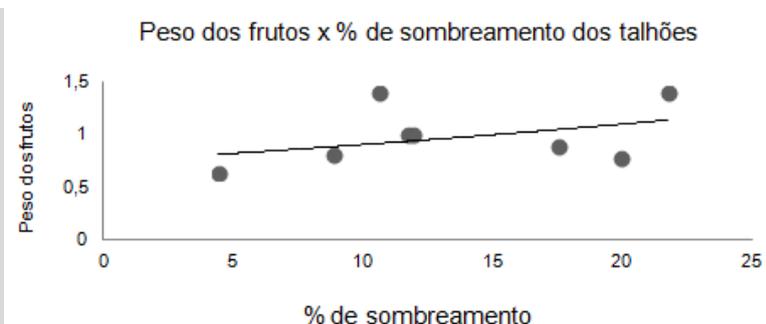
**TABELA 2**

Taxa de frutificação, taxa de aborto dos tratamentos de polinização. Fonte: Autoria própria. Nota: AE – autopolinização espontânea; AM – autopolinização manual; PCM – polinização cruzada manual; PN – polinização natural; PV – polinização após uma visita.

Tratamento	Quantidade de flores	Frutos gerados	Aborto	Taxa de frutificação	Taxa de aborto
AE	420	194	226	46,19%	53,81%
AM	410	241	169	58,78%	41,22%
PCM	410	284	126	69,27%	30,73%
PN	1230	842	388	68,46%	31,54%
PV	420	149	271	35,48%	64,52%

Do total de 2910 flores que geraram frutos, 72,95% formaram sementes viáveis. A média do peso do fruto para todos os tratamentos em cada talhão foi significativo no cultivo com a quarta menor taxa de sombreamento ( $F=34,28$ ,  $df=7$ ,  $p<0,001$ ) apresentando a menor média de peso ( $=0,94$ ). Os demais cultivos não se diferenciam entre si.

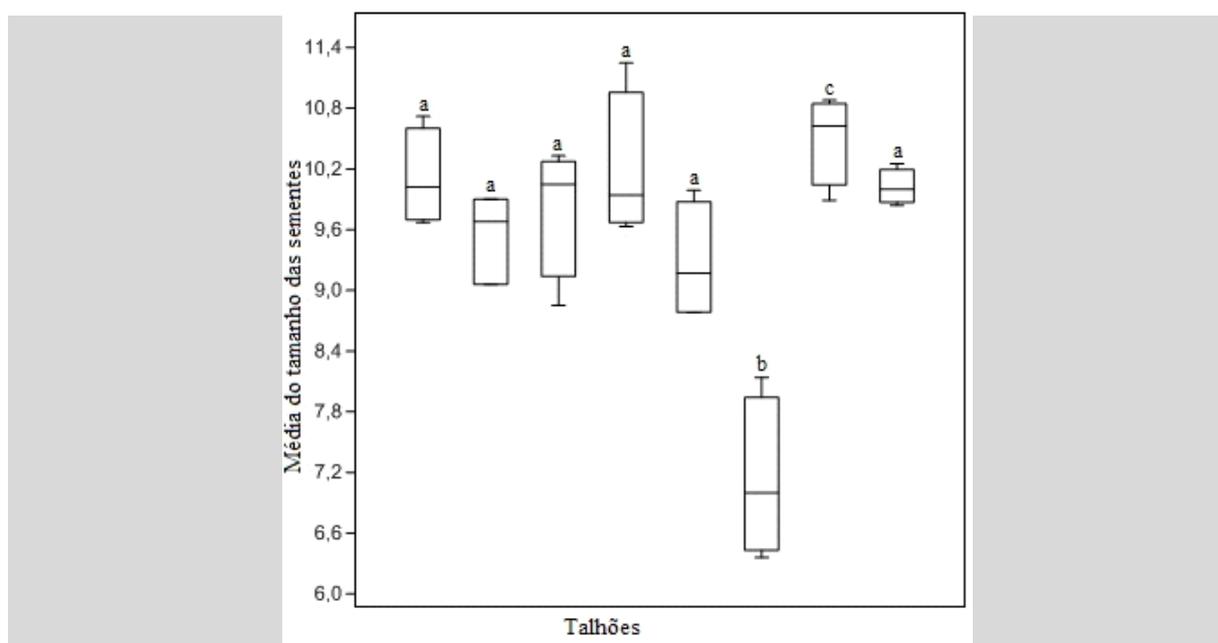
A média geral do peso dos frutos não se diferencia estatisticamente entre os tratamentos ( $F=0,12$ ,  $df=13,72$ ,  $p=0,72$ ). O peso do fruto nos tratamentos de polinização natural sobre o tratamento de polinização cruzada manual possui uma correlação média em relação à taxa de sombreamento dos cultivos, entretanto não possui significância estatística ( $y=0,07x + 0,27$ ;  $F=3,93$ ,  $R^2=0,39$ ,  $n=8$ ,  $p=0,09$ ) (Figura 8).



**FIGURA 8**

Correlação do peso do fruto dos tratamentos de polinização natural sobre polinização cruzada manual x taxa de sombreamento dos cultivos. Fonte: Autoria própria.

Os frutos colhidos geraram de uma a três sementes. O número de frutos que geraram uma semente foi de 219, os que geraram duas sementes foi de 1341 e apenas 22 frutos geraram três sementes. O tamanho das sementes foi significativo para o tratamento de polinização natural no talhão Catuaí do Valinho (sup.) ( $F=6,6$ ,  $df=9,22$ ,  $p<0,001$ ), apresentando a maior média ( $=10,08$ ) (Figura 9). Entretanto, o único talhão que apresentou resultados significativos para o tamanho da semente em relação a todos os tratamentos, foi o Jatobá ( $F=6,6$ ,  $df=9,22$ ,  $p<0,001$ ). Considerando esta área, as sementes apresentaram a menor média de tamanho em todos os tratamentos de polinização ( $=7,37$ ) (Figura 9).



**FIGURA 9**

*Média do tamanho das sementes dos tratamentos de polinização realizados em cada talhão. Fonte: Autoria própria. Nota: a) médias não significativas para o tamanho das sementes nos gradientes de sombra: 8,87% (Cajaranda), 10,58% (Catuaí da Limeira), 4,44% (Fundo da Terra Crua), 21,79% (Alto da Terra Crua), 19,92% (Quadra Principal) e 11,9% (Catuaí do Valinho inferior); b) menor média de tamanho em todos os tratamentos de polinização nos gradientes de sombra 11,73% (Jatobá); c) maior média no tamanho da semente para o tratamento polinização natural no gradiente de sombra de 17,53% (Catuaí do Valinho superior).*

Com relação ao peso das sementes, não houve diferença estatística em nenhum dos tratamentos realizados ( $F=1,27$ ,  $df=9,48$ ,  $p=0,35$ ). Na correlação entre o peso das sementes nos tratamentos polinização natural e polinização cruzada manual x grau de sombreamento, nenhum apresentou significância estatística, onde o valor de  $p$  em todas as variáveis foi  $\geq 0,05$ .

## DISCUSSÃO

A propriedade onde o estudo foi realizado possui uma paisagem heterogênea, quase toda área de cultivo é sombreada e há bastante área com matas conservadas e áreas de regeneração. Este aspecto favorece a conservação de polinizadores, pois além de terem local para nidificar, encontram recursos quando forrageiam (Klein et al., 2003; De Marco y Coelho, 2004; Boreux et al., 2013).

A produção de café em sistema sombreado é de pouco impacto, mas pode beneficiar a planta, serve como refúgio para a biodiversidade, favorecendo inúmeras espécies de insetos, aves e mamíferos (Perfecto et al., 1996). Isso evidencia a importância de se cultivar café sombreado, pois além de proporcionar uma produção melhor, serve como abrigo para muitos animais, beneficiando a

conservação destes (Muschler, 2001; Vaast et al., 2006; mas ver Bosselmann et al., 2009). Das espécies arbóreas encontradas nos talhões, a mais utilizada e que ocorre nos nove talhões é o Pau-Pereira (*Platygyamus regnellii*, Fabaceae). Esta árvore pode passar dos 20 metros de altura com uma copa capaz de produzir mais de 10 m<sup>2</sup> de área de sombra. Alguns autores relacionam que a composição do habitat e a disponibilidade de recursos florais oferecidos tendem a ter maiores efeitos na taxa de visitação do que a distância para um fragmento florestal (Klein et al. 2003, 2007; Jha y Vandermeer, 2009).

Das abelhas observadas, as três mais abundantes são abelhas nativas, *Trigona* sp., *Plebeia* sp. e *Frieseo melitta* sp., e a quarta mais abundante foi *A. mellifera*. O fato dos principais visitantes serem abelhas sociais nativas, pode-se justificar pelo fato de possuírem corpo pequeno e costumam fazer seus ninhos em caules ocos (Michener, 2000). Saturni et al. (2016), registraram *A. mellifera* como a espécie mais abundante. Na revisão realizada por Ngo et al. (2011), *A. mellifera* foi apontada como a abelha mais abundante no cultivo de café no Brasil, Costa Rica, Jamaica, Panamá e México (Nogueira-Neto et al., 1959; Amaral, 1972; Badilla y Ramírez, 1991; Raw y Free, 1977; Klein et al., 2003; Malerbo-Souza et al., 2003; De-Marco y Coelho, 2004; Ricketts, 2004; Veddeler et al., 2006; Manson, 2008). Diante disso, os resultados desse estudo mostram ser importante levar em consideração que um cultivo sombreado de café favorece as abelhas nativas, pois estas foram mais abundantes que *A. mellifera*.

Um achado importante deste estudo, foi o talhão mais sombreado ter sido o com maior número de visitantes florais. Este resultado é semelhante ao encontrado por Ngo et al. (2013) na Costa Rica, por Jha y Vandermeer (2009), em Chiapas, México e por Vergara y Badano (2009), em Veracruz, México, onde a riqueza de espécies de visitantes florais foi maior no café sombreado do que no café a pleno sol. Quando se compara a porcentagem de sombreamento e a quantidade de árvores por talhão, nota-se que o maior número de visitantes florais é diretamente proporcional. Este resultado nos mostra que um talhão mais sombreado tende a receber um número maior de visitantes nas flores de café. Os resultados mostram que as abelhas foram os visitantes florais mais frequentes e abundantes no café. Contudo, o presente estudo registrou a visita de um Coccinellidae, dois Coleoptera, um Hemiptera, um Lepidoptera, um Tibicinidae, e três Vespidae. É preciso mais estudos para compreender melhor a relação dessas espécies com a polinização no café, para que se possa discutir de forma mais aprofundada a importância delas para a produção de café.

Normalmente, as atividades de voo das abelhas estão relacionadas às condições externas da colmeia como temperatura, umidade, luminosidade e disponibilidade de recursos (Heard y Hendrikz, 1993; Hilário et al., 2001; Imperatriz-Fonseca et al., 1985; Inoue et al., 1985; Kleinert-Giovannini, 1982). A faixa de temperatura para que as abelhas iniciem o forrageamento varia de 11 a 20° C, sendo a partir das 6:00 da manhã, isso nas abelhas sem ferrão e dependendo do tamanho do corpo (Kleinert et al., 2009). Já *A. mellifera* precisa de uma temperatura a partir de 15°C para iniciar suas atividades, sendo a partir das 7:00 da manhã (Malerbo-Souza y Silva, 2011). Em relação a faixa de horário de visitantes florais no café, não se encontrou nenhuma referência em âmbito nacional e nem internacional para discutir. Dessa forma, o presente estudo traz dados inéditos sobre quais as faixas de horários e o pico de horário em que as abelhas forrageiam nas flores de café em busca de néctar e pólen.

Alguns autores mencionam que o grão do café tende a ser maior e ter mais qualidade quando o cultivo está em sistema sombreado (Muschler, 2001; Vaast et al., 2006; Bosselmann et al., 2009). Este presente estudo encontrou resultados onde a maior média do peso do fruto ocorreu no cultivo com taxa de sombreamento de 10,58%. O tratamento de polinização que apresentou a maior taxa de aborto e menor taxa de frutificação foi a autopolinização espontânea. Este resultado é semelhante ao encontrado por Klein et al., 2003; Klein et al., 2007; Potts et al., 2010. Embora os resultados não tenham sido significativos apontando o cultivo mais sombreado como o mais visitado e com maior média de peso dos frutos, *in loco*, observou-se que teve a maior ocorrência de insetos.

As correlações da taxa de visitação, riqueza de polinizadores e peso dos frutos x taxa de sombreamento, apresentaram uma relação positiva. Apesar de não serem significativos, a regressão linear mostra que há uma tendência da riqueza e visitação de polinizadores, assim como o peso do fruto serem maiores conforme aumenta a taxa de sombreamento no cultivo de café.

## CONCLUSÃO

Os principais visitantes florais foram as abelhas nativas, isso mostra o potencial que um cultivo de café sombreado e orgânico proporciona como local de abrigo e alimentação para elas, pois além de não utilizar agrotóxicos, as árvores servem como local de nidificação para as abelhas. Os talhões

com maior porcentagem de sombra foram os que mais receberam visitas nas flores de café, e apresentaram maior produtividade. A polinização cruzada manual apresentou a maior taxa de frutificação. Isso prediz o quanto é importante que haja polinização cruzada no café mesmo a espécie sendo autocompatível. A polinização cruzada melhora a produção, e quanto maior o número de visitantes florais, maior será a produção de café. Isso beneficia o cafeicultor na venda do café, agregando valor na saca, quanto maiores as sementes, melhor será o aspecto e melhor a qualidade da bebida. Conclui-se que o café orgânico sombreado favorece a conservação de abelhas nativas, a produção do café é melhorada quando há a presença de visitantes florais que realizam a polinização cruzada, e o cafeicultor pode ser beneficiado economicamente, pois seu café tende a melhorar o aspecto e a qualidade da bebida por produzir grãos maiores.

## BIBLIOGRAFIA

- Alves, V., Goulart, F., Jacobson, T.K.B. y Filho, R.J.M.** (2016). Shade's benefit: coffee production under shade and full sun. *Journal of Agricultural Science*, 8 (11),11-19. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v8n11p11>
- Amaral, E.** (1972). Insect pollination of *Coffea arabica* L., and radius of action of *Apis mellifera* Linnaeus 1758, in the collection of pollen in coffee plantations in bloom. Tesis. Departamento de Entomologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- Armbrecht, I. y Gallego, M.C.** (2007). Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in Colombia. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 124 (3), 261-267. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00574.x>
- Ataroff, M. y Monasterio, M.** (1997). Soil erosion under different management of coffee plantations in the Venezuelan Andes. *Soil Technology*, 11, 1, 95-108. [https://doi.org/10.1016/S0933-3630\(96\)00118-3](https://doi.org/10.1016/S0933-3630(96)00118-3)
- Badilla, F. y Ramírez, B.W.** (1991). Polinización de café por *Apis mellifera* L. y otros insectos en Costa Rica. *Turrialba*, 41 (3), 285-288.
- Beer, J., Muschler, R., Kass, D.C.L. y Somarriba, E.J.** (1998). Shade management in coffee and cacao plantations. *Sistemas agroflorestais*, 38 1-3, 139-164.
- Boreux, V., Kushalappa, C.G., Vaast, P. y Ghazoul, J.** (2013). Interactive effects among ecosystem services and management practices on crop production: pollination in coffee agroforestry systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 21, 8387-8392. <https://doi.org/10.1073/pnas.1210590110>
- Bosselmann, A.S. Dons, K., Oberthur, T., Olsen, C.S., Raebild, A. y Usma, H.** (2009). The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129, 1-3, 253-260. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2008.09.004>
- Costanza, R., Groot, R., Braat, L., Kubiszewski., Fioramont, L., Sutton, P., Farber, S. y Grasso, M.** (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>
- Cunningham, S.A., Attwood, S.J., Bawa, K.S., Benton, T.G., Broadhurst, L.M., Didham, R.K., McIntyre, S., Perfecto, I., Samways, M.J., Tscharntke, T., Vandermeer, J., Villard, M.A., Young, A.G. y Lindenmayer, D.B.** (2013). To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 173, 20-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.04.007>
- De Marco, P. y Coelho, F.M.** (2004). Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation*, 13 (7), 1245-1255. <http://dx.doi.org/10.1023/B:BIOC.0000019402.51193.e8>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa.** (2018). Banco de dados climatológicos do Brasil. Recuperado em 20 agosto de 2018 de <https://www.cnpm.embrapa.br/>
- FAO.** (2004). Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. En B.M. Freitas, y J.O.P. Pereira. (Eds.), *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. (pp 285). Fortaleza; Imprensa Universitária.
- Ferreira, F.M.C.** (2008). A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia para a conservação. Tese de Doutorado em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Fragoso, D. B., Guedes, R.N.C., Guedes, R.N.C., Picanço, M.C. y Zambolim, L.** (2002). Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera:

- Lyonetiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 92 (3), 203-212. <http://dx.doi.org/10.1079/BER2002156>
- Garibaldi, L. A., Dewenter, I.S., Kremen, C., Morales, J.M., Bommarco, R., Cunningham, S.A., Carneiro, L.G., Chacoff, N.P., Dudenhöffer, J.H., Greenleaf, S.S., Holzschuh, A., Isaacs, R., Krewenka, K., Mandelik, K., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Potts, S.G., Ricketts, T.H., Szentgyörgyi, H., Viana, B.F., Westphal, C., Winfree, R. y Klein, A.M.** (2011). Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, 14 (10), 1062-1072. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x>
- Giannini, T.C. Cordeiro, G.D., Freitas, B.M., Saraiva, A.M. y Imperatriz-Fonseca, V.L.** (2015). The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. *Journal of Economic Entomology*, 108 (3), 849-857. <https://doi.org/10.1093/jee/tov093>
- Greenberg, R. Bichier, P., Angon, A.C., Macvean, C., Perez, R. y Cano, E.** (2000). The impact of avian insectivory on arthropods and leaf damage in some Guatemalan coffee plantations. *Ecology*, 81 (6), 1750-1755.
- Haggar, J. Barrios, M., Bolaños, M., Merlo, M., Moraga, P., Munguia, R., Ponce, A., Romero, S., Soto, G., Staver, C. y Virginio, E.M.F.** (2011). Coffee agroecosystem performance under full sun, shade, conventional and organic management regimes in Central America. *Agroforestry Systems*, 82 (3), 285-301. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-011-9392-5>
- Heard, T.A. y Hendrikz, J.K.** (1993). Factors influencing flight activity of colonies of the stingless bee *Trigona carbonaria* (Hymenoptera, Apidae). *Australian Journal of Zoology*, 41 (4), 343-353. <http://dx.doi.org/10.1071/ZO9930343>
- Hilário, S.D., Imperatriz-Fonseca, V.L. y Kleinert, A.D.M.P.** (2001). Responses to climatic factors by foragers of *Plebeia pugnax* Moure (in litt.) (Apidae, Meliponinae). *Revista Brasileira de Biologia*, 61 (2), 191-196. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71082001000200003>
- Hipólito, J., Boscolo, D. y Viana, B.F.** (2018). Landscape and crop management strategies to conserve pollination services and increase yields in tropical coffee farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 256 (2016), 218–225. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.038>
- Imperatriz-Fonseca, V.L., Kleinert-Giovannini, A. y Pires, J.T.** (1985). Climate variation influence on the flight activity of *Plebeia remota* Holmberg (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 29 (3/4), 427-434.
- Imperatriz-Fonseca, V.L., Canhos, D.A.L., Araujo, D.A. y Mauro, S.A.** (2012). Polinizadores e Polinização: um Tema Global. En V.L. Imperatriz-Fonseca, et al. (Eds.), *Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. (pp. 25–48) São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Inoue, T., Salmah, S., Abbas, I. y Yusuf, E.** (1985). Foraging behavior of individual workers and foraging dynamics of colonies of three Sumatran stingless bees. *Researches On Population Ecology*, 27 (2), 373-392.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).** (2001). Mapa de climas do Brasil. Rio de Janeiro. Disponible en <https://geoftp.ibge.gov.br>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).** (2017). The assessment report on pollinators, pollination and food production of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. Disponible en <https://www.perlego.com>
- Jha, S. y Vandermeer J.H.** (2009). Contrasting bee foraging in response to resource scale and local habitat management. *Oikos*, 118 (8), 1174-1180. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17523.x>
- Karp, D.S., Mendenhall, C.D., Sandí, R.F., Chaumont, N., Ehrlich, P.R., Elizabeth A. y Hadly, G.C.D.** (2013). Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. *Ecology Letters*, 16 (11), 1339-1347. <http://dx.doi.org/10.1111/ele.12173>
- Klein, A.M., Dewenter, I.S. y Tschardtke, T.** (2003). Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 1518, 955-961. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2002.2306>
- Klein, A.M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. y Tschardtke, T.** (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274 (1608), 303-313. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kleinert, A.M.P., Ramalho, M. Cortopassi, L.M., Ribeiro, M.F. y Imperatriz Fonseca, V.L.** (2009). Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini). En A.R. Panizzi y Parra, J.R.P. (Eds.), *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas*. (pp. 371-424). Embrapa Informação Tecnológica. 10.

- Kleinert-Giovannini, A.** (1982). The influence of climatic factors on flight activity of *Plebeia emerina* Friese (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) in winter. *Revista Brasileira de Entomologia*, 26 (1), 1-13.
- Lin, B.B.** (2007). Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Meteorologia Agrícola e Florestal*, 144 (1-2), 85-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.12.009>
- Lopes, P.R., Araújo, K.C.S., Ferraz, J.M.G., Lopes, I.M. y Fernandes, L.G.** (2012). Produção de café agroecológico no sul de Minas Gerais: sistemas alternativos à produção intensiva em agroquímicos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 7 (1), 25-38.
- Malerbo-Souza, D.T., Couto, R.H.N., Couto, L.A y Souza, J.C** (2003). Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 272-278. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-95962003000400006>
- Malerbo-Souza, D.T. y Silva, F.A.S.** (2011). Comportamento forrageiro da abelha africanizada *Apis mellifera* L. no decorrer do ano. *Acta Scientiarum, Animal Sciences*, 33 (2), 183-190. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i2.9252>
- Manson, R.H.** (Ed.). (2008). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Marques, M.F., Menezes, G.B., Deprá, M.S., Delaqua, G.C.G., Hautequestt, A.P. y Moraes, M.C.M.** (2015). *Polinizadores na agricultura: ênfase em abelhas*. Rio de Janeiro, Funbio.
- Michener, C. D** (2000). *As abelhas do mundo* (Vol. 1). JHU press.
- Moreira, C. F.** (2009). *Sustentabilidade de sistemas de produção de café sombreado orgânico e convencional*. Tese Doutorado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba
- Muschler, R.G.** (2001). Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry systems*, 51 (2), 131-139. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010603320653>
- Nogueira-Neto, P., Carvalho, A. y Antunes Filho, H.** (1959). Efeito da exclusão dos insetos polinizadores na produção do café Bourbon. *Bragantia*, 18, 441-468.
- Ngo, H.T., Mojica, A.C. y Packer, L.** (2011). Coffee plant – pollinator interactions: a review. *Canadian Journal of Zoology*, 89 (8), 647-660. <https://doi.org/10.1139/z11-028>
- Ngo, H.T., Gibbs, J., Griswold, T. y Packer, L.** (2013). Evaluating bee (Hymenoptera: Apoidea) diversity using Malaise traps in coffee landscapes of Costa Rica. *The Canadian Entomologist*, 145 (4), 435-453. <http://dx.doi.org/10.4039/tce.2013.16>
- Ollerton, J., Winfree, R. y Tarrant, S.** (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120 (3), 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R. y Van der Voort, M. E.** (1996). Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity: Shade coffee plantations can contain as much biodiversity as forest habitats. *BioScience*, 46 (8), 598-608. <https://doi.org/10.2307/1312989>
- Perfecto, I., Vandermeer, J.H., Bautista, G.L., Nunñez, G.I., Greenberg, R., Bichier, P. y Langridge, S.** (2004). Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology*, 85 (10), 2677-2681. <http://dx.doi.org/10.1890/03-3145>
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. y Kunin, W.E.** (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25 (6), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Priess, J.A., Mimler, M., Klein, A.M., Schwarze, S., Tscharrntke, T. y Steffan-Dewenter, I.** (2007). Linking deforestation scenarios to pollination services and economic returns in coffee agroforestry systems. *Ecological Applications*, 17 (2), 407-417. <https://doi.org/10.1890/05-1795>
- Rader, Romina, Ignasi Bartomeus, Lucas A. Garibaldi, Michael P. D. Garratt, Brad G. Howlett, Rachael Winfree, Saul A. Cunningham, Margaret M. Mayfield, Anthony D. Arthur, Georg K. S. Andersson, Riccardo Bommarco, Claire Brittain, Luísa G. Carvalheiro, Natacha P. Chacoff, Martin H. Entling, Benjamin Foully, Breno M. Freitas, Barbara Gemmill-Herren, Jaboury Ghazoul, Sean R. Griffin, Caroline L. Gross, Lina Herbertsson, Felix Herzog, Juliana Hipólito, Sue Jaggard, Frank Jauker, Alexandra-Maria Klein, David Kleijn, Smitha Krishnan, Camila Q. Lemos, Sandra A. M. Lindström, Yael Mandelik, Victor M. Monteiro, Warrick Nelson, Lovisa Nilsson, David E. Pattemore, Natália de O. Pereira, Gideon Pisanty, Simon G. Potts, Menno Reemer, Maj Rundlöf, Cory S. Sheffield, Jeroen Scheper, Christof Schüepp, Henrik G. Smith, Dara A. Stanley, Jane C. Stout, Hajnalka Szentgyörgyi, Hisatomo Taki, Carlos H. Vergara, Blandina F. Viana, y Michal Woyciechowski.** (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (1), 146-151. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517092112>
- Raw, A. y Free, J.B.** (1977). The pollination of coffee (*Coffea arabica*) by honeybees. *Tropical Agriculture*, 54 (4), 365-707.

- Rech, A.R., Martins, A.C. y Leite, F.B.** (2014). Interações entre plantas e polinizadores sob uma perspectiva filogenética. En A.R. Rech., A. C. Martins. y F. B. Leite. *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 18: 399-410.
- Righi, C.A. y Bernardes, M.S.** (Ed.). (2015). *Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais*. Piracicaba, ESALQ-USP, Série Difusão.1.
- Ricketts, T.H.** (2004). Tropical forest fragments enhance pollinators activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology*, 18 (5), 1262-1271. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00227.x>
- Roubik, D.W.** (2018). The pollination of cultivated plants. A compendium for practitioners. Vols, 2. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Saturni, F.T., Jaffé, R. y Metzger, J.P.** (2016). Landscape structure influences bee community and coffee pollination at different spatial scales. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 235, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.10.008>
- Staver, C., Guharay, F., Monterroso, D. y Muschler, R.G.** (2001). Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. *Agroforestry systems*, 53 (2), 151-170. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013372403359>
- Silveira, F. A., Melo, G. A., Almeida, E. A.** (2002). *Abelhas brasileiras: sistemática e identificação*. Guilherme Carnevale Carmona.
- Vaast, P., Bertrand, B., Perriot, J.J., Guyot, B. y Génard, M.** (2006). Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (2), 197-204. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2338>
- Vandermeer, J., Perfecto, I. y Philpott, S.** (2010). Ecological complexity and pest control in organic coffee production: uncovering an Autonomous ecosystem service. *BioScience*, 60 (7), 527-537. <http://dx.doi.org/10.1525/bio.2010.60.7.8>
- Veddeler, D., Klein, A.M. y Tscharrntke, T.** (2006). Contrasting responses of bee communities to coffee flowering at different spatial scales. *Oikos*, 112 (3), 594-601. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14111.x>
- Vega, F.E., Infante, F., Castillo, A. y Jaramillo, J.** (2009). The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 2 (2), 129. <http://dx.doi.org/10.1163/187498209X12525675906031>
- Vergara, C.H. y Badano E.I.** (2009). Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: the importance of rustic management systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129 (1-3), 117-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2008.08.001>
- Witter, S., Nunes-Silva, P., Blochtein, B., Lisboa, B.B. y Imperatriz-Fonseca, V.L.** (2014). A produtividade agrícola e os polinizadores. As abelhas e a agricultura. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- Wolowski, M., Agostini, k., Rech, A.R., Varassin, I.G., Maués, M., Freitas, L., Carneiro, L.T., Bueno, R.O., Consolaro, H., Carvalheiro, L., Saraiva, A.M. y Silva, C.I.** (2019). Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. São Carlos, SP: Editora Cubo.