

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

A polinização por *Apis mellifera* e a qualidade de frutos em *Solanum lycopersicum* (Solanaceae)

RAYSA SALES TEIXEIRA BORGES DE CARVALHO

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia – MG
Fevereiro – 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

A polinização por *Apis mellifera* e a qualidade de frutos em *Solanum lycopersicum* (Solanaceae)

RAYSA SALES TEIXEIRA BORGES DE CARVALHO

Fernanda Helena Nogueira-Ferreira

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia – MG
Fevereiro – 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

A polinização por *Apis mellifera* e a qualidade de frutos em *Solanum lycopersicum* (Solanaceae)

RAYSA SALES TEIXEIRA BORGES DE CARVALHO

Fernanda Helena Nogueira Ferreira
Instituto de Biologia - Universidade Federal de Uberlândia

Homologado pela coordenação do Curso de
Ciências Biológicas em __/__/__

Coordenador do Curso:
Prof. Dr. Oswaldo Marçal Júnior

Uberlândia – MG
Fevereiro – 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

A polinização por *Apis mellifera* e a qualidade de frutos em *Solanum lycopersicum* (Solanaceae)

RAYSA SALES TEIXEIRA BORGES DE CARVALHO

Aprovada pela Banca Examinadora em: / / Nota: _____

Fernanda Helena Nogueira-Ferreira

Uberlândia, ____ de fevereiro de 2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo da minha vida e por todas as oportunidades que me proporcionou. Não somente nestes anos como universitária, pois sei que esta foi uma das etapas que ainda virão, mas em todos os momentos da minha caminhada, me guiando e me capacitando, para enfrentar os desafios que surgiram até aqui. Gostaria também de agradecer a minha família, meu arrimo, minha base, sem vocês eu não conseguiria chegar até aqui. Obrigada mãe, padrasto, avó, avô e querida irmã por todo o suporte durante todos esses anos, agradeço a Deus todos os dias por fazer parte dessa família. Sou grata em especial pela minha avó, que sempre me aconselhou da melhor forma e me apoiou em todos os meus sonhos, devo parte dessa conquista a você.

O meu muito obrigado a esta universidade, seu corpo docente, direção e administração. Agradeço a todos os professores que passaram por mim durante a minha vida acadêmica, que me proporcionaram não apenas o conhecimento formal, mas que me ajudaram a ser uma pessoa melhor, pela dedicação, pela afetividade e por nos dar esperanças ao acreditarem no poder transformador da educação. Gostaria de agradecer a minha professora orientadora Fernanda Helena e aos meus companheiros de caminhada do melhor laboratório dessa Universidade, LECA. Eu posso dizer que a minha formação, inclusive pessoal, não teria sido a mesma sem vocês.

Muito obrigada Fernanda, por seus ensinamentos, paciência e confiança durante as minhas atividades no LECA. Obrigada Bruno e Jaqueline, pessoas especiais, que me ajudaram desde que o projeto ainda estava no papel. Obrigada pelas nossas conversas durante, e além, dos grupos de estudos, eu não teria conseguido sem vocês. Obrigado também Júlia, Bárbara e Marcus por me ajudarem com os experimentos, e Bianca e Samuel pelo apoio moral, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida. E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado. O meu muito obrigado também à FAPEMIG e CNPq pelo apoio, na compra de equipamentos e auxílio para as viagens de campo.

RESUMO

Para avaliar a influência da visita de abelhas na qualidade dos tomates, este trabalho visa identificar as abelhas visitantes florais do tomateiro, descrever o comportamento desses insetos nas flores, além de avaliar a qualidade dos frutos formados. O estudo foi realizado na Fazenda Taperinha, em Cascalho Rico, MG. Foram amostrados 275 indivíduos, sendo *Apis mellifera* a espécie mais abundante, seguida por *Melipona quinquefasciata*, *Xylocopa frontalis* e *Exomalopsis analis*. Três experimentos de polinização foram montados, grupo controle, teste de primeira visita e autopolinização. Apesar de *A. mellifera* não realizar o *buzz pollination*, foi constatado que ela colabora com a polinização cruzada. Nos testes relacionados à avaliação da qualidade dos frutos, com exceção da concentração de açúcares totais, os frutos submetidos aos diferentes experimentos foram significativamente diferentes entre si. O número de sementes foi maior em frutos visitados por abelhas e apresentou uma correlação positiva com a massa do fruto. Conclui-se que a polinização realizada por abelhas melhora a qualidade do tomate e que diferentemente do que se acreditava, *A. mellifera* é um polinizador efetivo dessa cultura.

Palavras-chave: *Apis mellifera*, Polinização, Tomate.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Serviços ecossistêmicos e a problemática ambiental	1
1.2. Polinização.....	2
1.3. A importância das abelhas na polinização.....	4
1.4. O tomateiro e sua polinização	5
2. OBJETIVOS.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1. Área de estudo	8
3.2. Amostragem e observação do comportamento de abelhas visitantes florais.....	8
3.3. Experimentos de polinização e análise dos frutos produzidos	9
3.4. Análise dos dados	9
4. RESULTADOS	10
4.1. Amostragem e avaliação do comportamento das abelhas visitantes florais.....	10
4.2. Experimento de polinização e avaliação dos frutos produzidos.....	12
5. DISCUSSÃO.....	15
7. CONCLUSÃO	19
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. INTRODUÇÃO

1.1. Serviços ecossistêmicos e a problemática ambiental

O termo ecossistema refere-se, segundo Miranda (1995), a: “Um sistema aberto composto por organismos vivos e o meio com o qual e no qual interagem, trocando material e energia. Um ecossistema contém componentes bióticos, como plantas, animais, microrganismos, e componentes físicos ou abióticos, como água, solo e outros. ”. Os ecossistemas geram uma grande variedade de produtos utilizados para benefício humano, assim, natureza e sociedade estão profundamente interligadas, sendo o homem totalmente dependente dos serviços gerados pelos ecossistemas.

Os serviços ecossistêmicos são caracterizados como condições e processos através dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os compõem sustentam a vida humana (DAILY, 1997). Pode-se dizer também que são os benefícios derivados das funções dos ecossistemas, direta ou indiretamente (CONSTANZA et al., 1997). Simplificando, serviços ecossistêmicos são os benefícios obtidos pelo homem através da natureza, traduzidos em valor econômico. São exemplos de serviços ecossistêmicos o abastecimento, como a produção de alimento e água, a ciclagem de nutrientes e a polinização de cultivos (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

A natureza sempre foi um sistema complexo capaz de se autorregular, mas devido à grande interferência do homem, mais precisamente após a revolução industrial, esse cenário de um sistema autorregulador foi drasticamente alterado (DAILY, 1997; FERNANDES, SAMPAIO, 2010). Vive-se hoje uma problemática ambiental, consequência do modo de vida da sociedade contemporânea.

Com o avanço da agricultura e pecuária, grande parte da biodiversidade foi perdida, afetando a capacidade dos ecossistemas de gerarem esses serviços essenciais à vida no planeta

(ANDRADE; ROMEIRO, 2009). De acordo com uma avaliação da pegada ecológica da humanidade, baseada no crescimento econômico, a capacidade de regeneração da biosfera foi superada em mais de 20%, o que pode levar ao colapso de ecossistemas e a disponibilidade de recursos naturais (WOODWARD; SIMMS, 2006).

Além disso, a fragmentação de habitats, intensificada com os processos agrícolas, tem levado à exclusão imediata de espécies e, em longo prazo, a extinção de determinadas espécies nativas (COLLINGE, 1996) e a erosão da biodiversidade (FAHRIG, 2002). E dentre esses organismos que são perdidos em consequência da fragmentação, estão vários que atuam como polinizadores.

1.2. Polinização

Acredita-se que a polinização foi o marco inicial para a grande diversificação e evolução do grupo das Angiospermas (STEBBINS, 1970). Tal sucesso deve-se ao surgimento da flor, estrutura responsável pela reprodução, tornando o processo de reprodução cruzada mais eficaz, fato intimamente relacionado com o processo de polinização. Polinização é o processo de transferência do pólen de uma planta para a outra, mediado por um agente polinizador, seja ele biótico ou abiótico. Essa interação planta-polinizador se mostra vantajosa, pois garante a diversidade e a variedade de espécies de plantas, levando à produção de melhores frutos e plantas com maior capacidade de adaptação (RICKLEFS, 2010).

Estruturação de comunidades, distribuição espacial, riqueza e abundância de espécies são aspectos fortemente influenciados pelo processo de polinização (SMITH, 1973; BAWA et al., 1985). Diversas espécies de plantas dependem de um polinizador, seja ele específico ou não, para a produção de frutos ou sementes. Alterações ambientais que, diretamente ou indiretamente, causem desequilíbrios ao processo de polinização podem afetar o sucesso

reprodutivo das plantas, levando à perda de diversas espécies vegetais (WUNDERLEE, 1997; MACHADO; LOPES, 2004; YAMAMOTO et al., 2007).

A morfologia floral e a oferta de recursos determinam as chamadas síndromes de polinização. Diversos visitantes florais e polinizadores potenciais podem ser atraídos ou excluídos de acordo com a morfologia floral (MACHADO; LOPES, 2004). A polinização pode acontecer através de fatores abióticos como vento (anemofilia) e água (hidrofilia), como também por fatores bióticos (ARAÚJO et al, 2009; SILVA, 2010). Quanto a estes, Faegri e Pijl (1979) caracterizaram como síndromes de polinização: ornitofilia (polinização por aves), quiropterofilia (polinização por morcegos) e entomofilia (polinização por insetos). E dentro de entomofilia, pode-se citar a cantarofilia (besouros), a miofilia e a saprofilia (moscas), a psicofilia (borboletas), a falenofilia (mariposas) e a melitofilia (abelhas).

A associação entre plantas e insetos data desde a antiguidade (GUERRA; GUERRA, 1997), como se pode ver em relatos de diversos filósofos, como Aristóteles, Theophrastus e até mesmo na bíblia, no Antigo Testamento (BISPO DOS SANTOS, 2008). E dentro dessa associação, a interação planta-polinizador pode ser considerada como uma relação mutualística facultativa (RECH, 2012), na qual a planta oferece diversos recursos, como pólen, néctar, resinas, óleos e, em troca, o polinizador possibilita a reprodução cruzada ao transportar o pólen até o receptor feminino (estigma) de outra planta. As interações complexas entre plantas e polinizadores resultaram em adaptações comportamentais, morfológicas e fisiológicas, tanto nos insetos quanto nas plantas, num processo conhecido como coevolução, que, segundo Ricklefs (2010), refere-se à interação entre duas ou mais espécies, a qual resulta em reciprocidade nas respostas evolutivas das espécies envolvidas.

Para ser considerado um agente polinizador, o inseto deve fazer visitas periódicas a flores de uma mesma espécie e precisa permanecer na flor por um determinado tempo, o suficiente para que os grãos de pólen possam aderir a ele de maneira firme, a fim de ser conduzido para

o carpelo de outra flor (LIMA, 2000). Caso contrário, o inseto é denominado como visitante floral. Além disso, vale ressaltar que as características relacionadas à eficiência na polinização não promovem necessariamente uma fidelidade entre os polinizadores e a planta (BARRETO; FREITAS, 2007). Assim, conhecer os atributos florais e as formas de polinização de uma comunidade vegetal pode contribuir para a compreensão da sua dinâmica e conservação.

Dentre os insetos, os coleópteros são considerados os mais primitivos em relação ao processo de polinização (VIEJO MONTESINOS, 1996). No entanto, devido aos seus hábitos alimentares, uma vez que possuem uma dieta variada em seiva, frutos, fezes e cadáveres, não evoluíram de forma significativa como polinizadores (LIMA, 2000). Segundo Viejo Montesinos (1996), são considerados polinizadores eficientes várias famílias de dípteros, lepidópteros e himenópteros, sendo estes o principal grupo de insetos entomófilos.

Moscas, vespas e abelhas apresentam uma interação mais específica quando se analisa a relação entre plantas e insetos (RAVEN et al., 2007). Todavia, as abelhas são as que mais se adaptaram ao processo de polinização (SOUZA et al., 2007), destacando-se como um táxon polinizador eficiente (DELAPLANE, 2000) devido às suas características morfológicas e fisiológicas (LIMA, 2000).

1.3. A importância das abelhas na polinização

Estudos demonstram que os benefícios proporcionados pelo uso de insetos na polinização, mais precisamente o uso de abelhas, superam as barreiras ecológicas, sendo de grande importância na agricultura (KEARNS et al., 1998; SOUZA et al., 2007; GARIBALDI et al., 2013). Visando os benefícios, vários produtores nos últimos anos despertaram o interesse no uso das abelhas para o aumento da produção agrícola (VIEIRA et al., 2004). Além disso, organizações como a FAO (Food and Agriculture Organization) vêm estimulando projetos

para aumentar o conhecimento sobre a conservação de polinizadores e as alternativas para a agricultura.

De acordo com Slaa (2006), a espécie mais utilizada nos serviços de polinização é a *Apis mellifera* L. 1758, pelo fato de apresentar hábito social (formando colônias populosas), por apresentar baixa especificidade quanto às espécies de plantas que visita (FREE, 1993; FREITAS, 1998) e pelo fácil manejo (BOSCH; KEMP, 2002), sendo responsável por até 80% da polinização entomófila em áreas de cultivo (McGREGOR, 1976). A espécie foi introduzida no Brasil ainda no período colonial (BRAND, 1988), propagando-se rapidamente para todo o território brasileiro (KERR, 1967). Em climas tropicais, as abelhas *A. mellifera* são eficientes polinizadoras, pelo seu rápido movimento (em zigue-zague) nas inflorescências ao coletar néctar e pólen (SMITH, 1958; RUTTNER, 1976), tornando assim a dispersão de pólen mais eficiente.

Entretanto, além de *A. mellifera*, diversas outras espécies de abelhas (exóticas e, principalmente, nativas) têm sido manejadas com sucesso em áreas de cultivo (CASTRO et al., 2006). Atualmente, é sabido que aproximadamente 73% dos cultivos são polinizados por abelhas (DELAPLANE; MAYER, 2000). Como exemplo, pode-se citar a cultura de café (MALERBO-SOUZA et al., 2003); acerola (MELO et al., 1997); algodão (SANCHEZ-JUNIOR; MALERBO-SOUZA, 2004); morango (MAETA et al., 1992); pimentão (CRUZ et al., 2004); pepino (MCGREGOR, 1976; RIBEIRO, 2004); maracujá (YAMAMOTO et al., 2012; JUNQUEIRA et al., 2016); abobrinha (NEPI; PACINI 1993; PASSARELLI 2002); laranja (MALERBO-SOUZA et al. 2003); e tomate (DEL SARTO et al., 2004; SILVA NETO et al., 2013; SANTOS et al., 2014).

1.4. O tomateiro e sua polinização

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) é considerado uma das hortaliças mais populares, sendo cultivado em diversas partes do mundo devido à sua versatilidade e utilidade, tanto para uso industrial como para o uso doméstico (*in natura*). Devido aos seus nutrientes, o tomate é um fruto importante na dieta humana, destacando a presença de licopeno, um importante anti-oxidante que atua no combate aos radicais livres presentes no organismo (SHAMI; MOREIRA, 2004).

No Brasil, a produção desse cultivo tem destaque, com aproximadamente 55 mil hectares de área colhida em 2016 e cerca de 3.494.000 de toneladas produzidas (IBGE, 2016), sendo um dos maiores polos produtores da hortaliça. De acordo com dados do IBGE (2016), o principal estado brasileiro responsável por essa produção é São Paulo, com 21,6% da produção total, seguido por Minas Gerais (21%) e Goiás (19,1%), tendo como a região de Araguari (MG) e municípios vizinhos (como Cascalho Rico, MG), um importante polo de produção (IBGE, 2010). A forma mais convencional de cultivo é em campo aberto, no qual não há proteção aérea, ficando as plantas expostas às variações climáticas e possíveis intempéries.

O cultivo a campo aberto é amplamente praticado pelos horticultores no Brasil, estabelecendo grandes polos produtores em regiões nas quais as condições climáticas permitem a manutenção de lavouras ao longo de todo o ano (FILGUEIRA, 2000; BRANCO; BLAT, 2014). Uma alternativa ao método convencional e utilizado em menor escala são os cultivos em ambientes protegidos, no qual as variáveis ambientais e efeitos da sazonalidade são mais bem controlados, além de permitir um melhor controle de pragas e doenças (BARTELLI; NOGUEIRA-FERREIRA, 2015).

O tomateiro é uma planta herbácea anual. Possui flores hermafroditas, os estames são livres e as anteras formam um funil, que envolve o estigma (MINAMI; HAAG, 1989). As anteras possuem deiscência poricida, ou seja, o pólen é liberado através de poros apicais

(BUCHMANN, 1983). Embora seja uma planta autofértil, o tomateiro possui uma alta dependência de polinizadores (GIANNINI et al., 2015). Vários autores já comprovaram os benefícios proporcionados pelas abelhas na produção do tomate, dentre eles podemos citar, Del Sarto et al. (2005), Palma et al. (2008), Bispo dos Santos et al. (2009) e Hikawa e Miyanaga (2009).

Além disso, pelas flores apresentarem anteras poricidas, acreditava-se que a polinização dessa cultura em ambientes abertos fosse realizada somente pelo vento e por abelhas com o comportamento vibratório ou *buzz-pollination* (MACIAS-MACIAS et al., 2009; KING; BUCHMANN, 2003). No entanto, Santos et al. (2014) em observações preliminares mostraram que *A. mellifera*, mesmo não realizando o *buzz-pollination*, pode atuar como um polinizador potencial em decorrência do seu comportamento de coleta de pólen nas flores, o que encoraja as pesquisas com a espécie no tomateiro.

2. OBJETIVOS

Considerando a importância das abelhas como polinizadores, o seu potencial manejo e a necessidade de compreender a eficácia desses insetos, especialmente de *A. mellifera*, na polinização do tomateiro em cultivos abertos, o presente estudo teve como objetivos: (1) identificar as abelhas visitantes florais e descrever o comportamento desses insetos nas flores; e (2) avaliar a influência de visitas de abelhas na qualidade dos frutos, tanto para abelhas em geral, quanto para *A. mellifera*, buscando verificar se esta espécie é um polinizador efetivo do tomateiro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma área comercial de cultivo aberto de tomate (variedade Dominador) localizada na Fazenda Taperinha, no município de Cascalho Rico-MG (18°39'09,33"S / 47°52'57,21"O), entre fevereiro e maio de 2016.

O clima da região é marcado por duas estações bem definidas, uma chuvosa que se estende de outubro a março e outra seca de abril a setembro. A precipitação anual varia entre 1160 a 1460 mm/ano e a temperatura média anual está entre 23 e 25°C, sendo uniforme ao longo do ano (ALVES; ROSA, 2008).

3.2. Amostragem e observação do comportamento de abelhas visitantes florais

Para realizar o levantamento da comunidade de abelhas visitantes do tomateiro, foi efetuada uma coleta durante o período de floração do cultivo em fevereiro de 2016. A coleta foi realizada em dois transectos de 100 metros localizados entre o centro geométrico do cultivo e sua borda, sendo eles percorridos por dois coletores, um em cada transecto. A cada hora, das 07h00min às 14h00min, foram destinados 30 min para a coleta (indivíduo coletado, IC) ou observação e registro (indivíduo observado, IO) de abelhas visitantes florais e 30 min para a observação direta do comportamento desses insetos nas flores, com a realização de registros fotográficos e de filmagens.

As abelhas foram coletadas com o auxílio de redes entomológicas e sacrificadas em câmaras mortíferas contendo acetato de etila. Posteriormente, os indivíduos foram devidamente alfinetados, identificados e depositados na coleção do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

3.3. Experimentos de polinização e análise dos frutos produzidos

Com o intuito de avaliar a influência de visitas de abelhas na qualidade dos tomates, um total de 180 botões florais em pré-antese foram marcadas aleatoriamente em três linhas de cultivo adjacentes, onde foram realizados os experimentos dos grupos: controle (C), autopolinização (A) e teste de primeira visita (PV). Para garantir a padronização do estágio de desenvolvimento e facilitar o manuseio durante os experimentos, foram marcadas apenas botões florais a cerca de um metro de altura do solo, dando preferência aos botões da porção terminal dos ramos. Em uma das linhas de cultivo, 60 botões florais foram marcados e deixados expostos e livres para visitação (grupo controle – C). Nas outras duas, os botões florais foram isolados individualmente com sacos de organza, sendo que 60 permaneceram protegidos até a formação do fruto em uma linha (tratamento de autopolinização – A) e, na outra, 60 foram desensacados, um a um, no início da antese para permitir a visita de uma única abelha. Após a visita, o botão floral era imediatamente reensacado e assim permanecia até a formação do fruto (teste de primeira visita – PV).

Todos os frutos foram colhidos em um estágio intermediário de maturação (assim que exibissem por completo a cor amarela) e analisados no início da fase avermelhada. A qualidade de cada fruto foi avaliada por meio dos seguintes parâmetros: tamanho (medida dos diâmetros equatorial e longitudinal), utilizando um paquímetro digital; massa, mediante a utilização de uma balança digital; número de sementes, contadas de forma direta; e concentração de açúcares totais (°Brix), por meio de um refratômetro analógico portátil, após a trituração do fruto com as sementes em um processador de alimentos doméstico.

3.4. Análise dos dados

Para verificar se a qualidade dos frutos depende da polinização adicional efetuada pelas abelhas, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey (ZAR, 2010) para cada um dos parâmetros analisados, exceto para a concentração de açúcares totais, em que foi feito o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (ZAR, 2010). Para avaliar exclusivamente o efeito da visita às flores por de *A. mellifera*, as análises foram realizadas mantendo e excluindo as abelhas nativas (não-*Apis*) do grupo PV. Foram feitas também correlações de Pearson entre o número de sementes e a massa e o tamanho (diâmetros equatorial e longitudinal) dos frutos.

4. RESULTADOS

4.1. Amostragem e avaliação do comportamento das abelhas visitantes florais

Foram amostradas 275 abelhas, todas pertencentes à subfamília Apinae. A espécie mais abundante foi *A. mellifera*, representando 98,2% do total. As espécies *Melipona quinquefasciata* Lepeletier, 1836 (0,72%), *Xylocopa frontalis* Olivier, 1789 (0,72%) e *Exomalopsis analis* Spinola, 1853 (0,36%) representaram juntas 1,8% do total de espécies amostradas. Para a obtenção de pólen nas flores do tomateiro, as espécies *M. quinquefasciata*, *X. frontalis* e *E. analis* realizaram o comportamento vibratório ou *buzz pollination* (Tabela 1). As abelhas envolviam os estames, girando e vibrando o tórax, fazendo com que o pólen fosse liberado e se aderisse ao mesmo. Assim, com o auxílio das pernas médias, o pólen aderido ao tórax era removido, transferido e depositado nas escopas ou corbículas do terceiro par de pernas.

Tabela 1. Espécies, abundância e comportamento de visita das abelhas coletadas em área de cultivo aberto de tomate na Fazenda Taperinha, em Cascalho Rico (MG).

Espécies	IC	IO	Total	Comportamento de visita
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	97	173	270	<i>Milking</i>
<i>Exomalopsis analis</i> Spinola, 1853	1	-	1	<i>Buzz pollination</i>
<i>Melipona quinquefasciata</i> Lepeletier, 1836	1	1	2	<i>Buzz pollination</i>
<i>Xylocopa frontalis</i> Olivier, 1789	-	2	2	<i>Buzz pollination</i>

IC: Indivíduos Coletados; IO: Indivíduos Observados.

Diferentemente das outras espécies, as operárias de *A. mellifera* pousavam diretamente nas anteras e, com as pernas médias e posteriores, fixavam-se em posição ventral em relação às anteras e inseriam a glossa no orifício apical, um comportamento conhecido como *milking* (Figura 1). Com isso, o pólen se aderiria às estruturas da cabeça e também ao tórax, sendo movido, posteriormente, para as corbículas. Ao realizarem esse comportamento, as operárias eventualmente tocavam o estigma da flor com a cabeça e a glossa. Ao final da visita as operárias se dirigiam para as flores mais próximas, reiniciando o comportamento de visita.



Figura 1. Comportamento de visita de *A.*

mellifera em visita às flores do tomateiro, observado em área de cultivo aberto de tomate na Fazenda Taperinha, em Cascalho Rico (MG).

4.2. Experimento de polinização e avaliação dos frutos produzidos

Do total de 180 flores marcadas no experimento, 124 resultaram em frutos que puderam ser avaliados, sendo 55 frutos do grupo C, 35 do A e 34 do PV. As flores restantes não formaram frutos ou foram perdidos no decorrer dos experimentos. Dos 34 frutos resultantes do teste de primeira visita (PV), a maioria foi obtida a partir da visitação de *A. mellifera* (88,2%, n=30), seguido por *E. analis* (8,8%, n=3) e *M. quinquefasciata* (3%, n=1).

Com exceção da concentração de açúcares totais, os tomates submetidos aos distintos tratamentos foram significativamente diferentes entre si, sendo que, de modo geral, as flores que ficaram livres para a visitação das abelhas (grupo controle, C) originaram frutos de melhor qualidade.

O diâmetro equatorial dos frutos foi significativamente diferente em todos os tratamentos, sendo que as flores que ficaram livres para visitação resultaram em frutos 17,4% e 9,8% maiores quando comparadas às flores que foram autopolinizadas ($p < 0,001$) e que receberam uma única visita ($p < 0,001$), respectivamente. E ao comparar os testes de autopolinização e primeira visita, este gerou frutos 6,9% maiores ($p = 0,047$). Para o diâmetro longitudinal, o grupo controle obteve um incremento de 11,5% e 6,5% em relação aos frutos resultantes de autopolinização ($p < 0,001$) e do teste de primeira visita ($p = 0,018$), respectivamente. E não houve diferença significativa entre os frutos autopolinizados e os que receberam uma única visita ($p = 0,211$; Tabela 2).

Quanto a avaliação da massa dos frutos produzidos, as flores que ficaram livres para visitação resultaram em frutos 51,5% e 29,5% mais pesados quando comparadas às flores que foram autopolinizadas ($p < 0,001$) e que receberam uma única visita ($p < 0,001$), respectivamente. E não houve diferença entre o teste de primeira visita e o de autopolinização ($p = 0,140$). Em relação ao número de sementes, houve uma diferença significativa entre os três tratamentos. O grupo controle apresentou 40,1% mais sementes em relação aos frutos que

foram autopolinizados ($p < 0,001$) e 13,8% para os frutos que receberam apenas uma visita ($p = 0,013$). Além disso, observou-se um aumento de 23,1% no número de sementes dos frutos do teste de primeira visita em relação ao teste de autopolinização ($p = 0,001$).

Quanto à concentração de açúcares totais, não houve diferença entre os tratamentos ($p < 0,424$), uma vez que a média se manteve próxima entre eles (Tabela 2). Após a avaliação dos frutos formados, verificou-se a existência de uma correlação positiva entre o número de sementes e a massa ($r = 0,575$; $p < 0,001$; Figura 2), e também entre o número de sementes e o tamanho, tanto para o diâmetro equatorial ($r = 0,547$; $p < 0,001$; Figura 3) quanto para o longitudinal ($r = 0,413$; $p < 0,001$; Figura 4).

Tabela 2. Valores médios (\pm desvio padrão) dos parâmetros avaliados relacionados à qualidade dos frutos nos tratamentos realizados.

Avaliação do Fruto	Tratamentos		
	Autopolinização	Teste de 1ª Visita	Controle
Diâmetro Equatorial (mm)	52,02 (\pm 6,53)a	55,62 (\pm 6,94)b	61,05 (\pm 5,73)c
Diâmetro Longitudinal (mm)	45,63 (\pm 5,66)a	47,77 (\pm 5,95)a	50,9 (\pm 4,5)b
Massa (g)	74,62 (\pm 24,05)a	87,25 (\pm 26,7)a	113,06 (\pm 30,3)b
Número de sementes	137,66 (\pm 29,07)a	169,5 (\pm 29,47)b	192,91 (\pm 46,5)c
Concentração de açúcares ($^{\circ}$ Brix)	3,17 (\pm 0,75)a	3,15 (\pm 0,47)a	3,18 (\pm 0,45)a

Médias seguidas por letras distintas são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

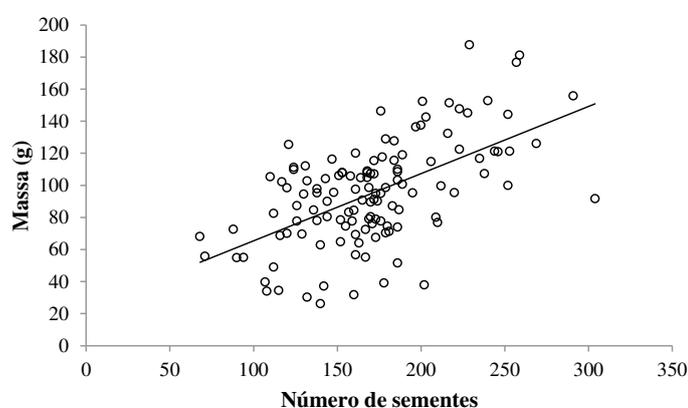


Figura 2. Correlação entre o número de sementes e a massa dos frutos coletados na Fazenda Taperinha, em Cascalho Rico (MG).

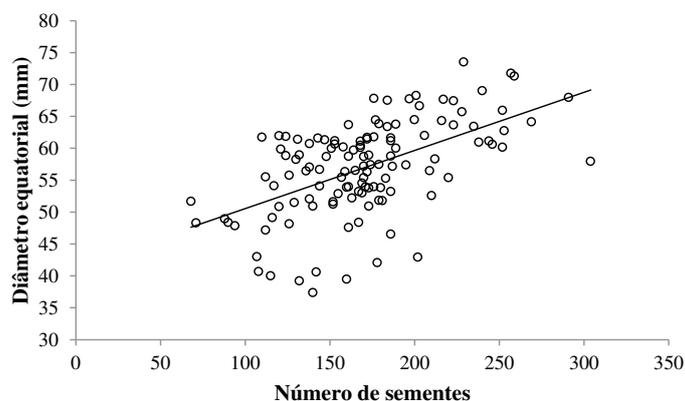


Figura 3. Correlação entre o número de sementes e o diâmetro equatorial dos frutos coletados na Fazenda Taperinha, em Cascalho Rico (MG).

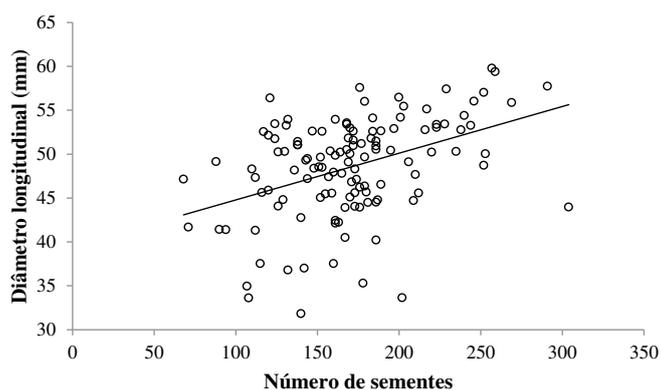


Figura 4. Correlação entre o número de sementes e o diâmetro longitudinal dos frutos coletados na Fazenda Taperinha, em Cascalho Rico (MG).

Ao excluir as espécies *M. quinquefasciata* e *E. analis* das análises, não houve disparidade nos resultados. Houve mudança em relação ao diâmetro longitudinal, que apresentou diferença apenas entre o grupo controle e o teste de autopolinização. Para os demais parâmetros, os resultados mantiveram-se os mesmos, inclusive para o número de sementes. Frutos originados de apenas uma visita de *A. mellifera* apresentaram 20,9% mais sementes em relação aos frutos que foram autopolinizados (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios (\pm desvio padrão) dos parâmetros relacionados à qualidade dos frutos nos diferentes tratamentos, excluindo as abelhas nativas (não-*Apis*) do teste de primeira visita (grupo PV).

Atributos do Fruto	Tratamentos		
	Autopolinização	Teste de 1ª Visita	Controle
Diâmetro Equatorial (mm)	52,02 (\pm 6,53)a	56,26 (\pm 6,92)b	61,05 (\pm 5,73)c
Diâmetro Longitudinal (mm)	45,63 (\pm 5,66)a	48,57 (\pm 5,62)ab	50,9 (\pm 4,5)b
Massa (g)	74,62 (\pm 24,05)a	90,24 (\pm 26,4)a	113,06 (\pm 30,3)b
Número de sementes	137,66 (\pm 29,07)a	166,43 (\pm 29,65)b	192,91 (\pm 46,5)c
Concentração de açúcares (°Brix)	3,17 (\pm 0,75)a	3,11 (\pm 0,46)a	3,18 (\pm 0,45)a

Médias seguidas por letras distintas são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

5. DISCUSSÃO

A alta abundância verificada para *A. mellifera* corrobora com estudos de diversidade realizados anteriormente no Cerrado (PEDRO; CAMARGO, 1991; MARTINS, 1994; SANTOS et al., 2004). Apesar das discussões sobre os impactos negativos da introdução dessa espécie nos ecossistemas brasileiros (KUNZMANN et al., 1995, ZANELLA, 1999) e sobre a sua capacidade polinizadora, conclui-se que *A. mellifera* pode ser considerada um polinizador efetivo do tomateiro, contrapondo Vianna et al. (2007). Tal conclusão foi alcançada devido ao maior número de sementes encontrado nos frutos que receberam uma única visita dessa espécie, em relação aos frutos resultantes de autopolinização.

Buchmann (1983) relata que as abelhas utilizam a capacidade vibratória para diversas atividades, não restringindo o comportamento apenas para a coleta de pólen. Podem usar este comportamento para realizar a compactação do solo dentro dos ninhos, comunicação no interior do ninho e para advertência de possíveis predadores. Das espécies amostradas neste estudo, três realizam o *buzz pollination* (*M. quinquefasciata*, *X. frontalis* e *E. analis*),

comportamento considerado indispensável para que ocorra a polinização de plantas com anteras poricidas. No entanto, *A. mellifera* não realiza o *buzz pollination* (BUCHMANN; HURLEY, 1978; HARTER et al., 2002). Apesar das operárias desta espécie serem capazes de movimentar a musculatura para criar altas vibrações durante as atividades e comunicação no interior ninho, utilizam a vibração durante a coleta de pólen (BUCHMANN; HURLEY, 1978). Durante a atividade a visita à flores elas realizam o comportamento chamado *milking*. Isto faz com que alguns autores não considerem *A. mellifera* como polinizadora de espécies que apresentam anteras poricidas (BANDA; PAXTON, 1991; CERVANCIA; BERGONIA, 1991; ABAK et al., 2000), fato contrário ao observado no presente estudo.

Várias pesquisas já demonstraram a eficiência de *A. mellifera* como agente polinizador de diversas culturas. Como exemplo, pode-se citar o café (*Coffea arabica*), com um aumento de 168,4% na produção (MALERBO-SOUZA et al., 1994), a canola (*Brassica napus* L.), com aumento de 10,9% (KOTAKA et al., 2004), o girassol (*Helianthus annuus* L.), com aumento de 28,1% (PAIVA et al., 2000), e agora o tomate, com uma melhora na qualidade dos frutos. *A. mellifera* está presente e é naturalmente mais abundante em diversas regiões, demonstrando grande potencial para culturas onde há déficit de polinizadores nativos. Isso enfatiza, portanto, a importância da apicultura migratória quando na falta de polinizadores no local.

Em relação à qualidade dos tomates, poucas informações estão presentes na literatura a respeito da variedade estudada (Dominador). A maior parte dos fatores que determinam a qualidade dos produtos vegetais é controlada de acordo com o tipo de solo, as condições climáticas e até mesmo por características genéticas da variedade produzida, variando, assim, a qualidade do fruto entre os diferentes tipos de cultivares (SINGH et al., 2000; RAVINDER-SINGH et al., 2001; YOUSSEF et al., 2001; WARNER et al., 2004). Isso dificulta o estabelecimento de valores padrões para os parâmetros de qualidade. Para o tomate, os parâmetros que são mais comumente avaliados são o tamanho, que pode ser medido através

da circunferência ou diâmetros longitudinal e equatorial (AMARAL JÚNIOR et al., 1997; FONTES et al., 2000), a massa (CHITARRA & CHITARRA, 1990; FERREIRA et al., 2000) e os sólidos solúveis presentes no fruto (ANAÇ et al., 1994; CARDOSO et al., 2006; MACHADO et al., 2007). Dentre esses parâmetros, o tamanho e a massa dos frutos são atributos importantes do ponto de vista comercial e estão relacionados a diversos fatores como, à quantidade de água utilizada na rega, o que determina a maior ou menor concentração de componentes solúveis (CASQUET, 1998). Outro ponto a ser considerado é o alto índice pluviométrico, que pode desencadear uma produção de tomates de grande tamanho, porém com conteúdo de nutrientes menor, resultando em um sabor menos acentuado (CASQUET, 1998; GIORDANO; SILVA, 2000). Entretanto, tais fatores não influenciaram nos resultados obtidos neste estudo, visto que a pesquisa foi realizada em uma única área e os tratamentos se localizavam em linhas de cultivo adjacentes, sendo submetidos às mesmas condições ambientais.

Dessa forma, ao comparar os diferentes tratamentos realizados no presente trabalho, os maiores valores encontrados para os frutos do grupo controle, em todos os parâmetros avaliados, indicam que a visita de abelhas é determinante para a melhora na qualidade dos tomates. Outros estudos realizados em Solanaceae também mostraram que a presença de polinizadores aumenta a produtividade e a qualidade dos frutos formados, mesmo as espécies dessa família sendo autógamias (SERRANO; GUERRA-SANZ, 2006; GEMMIL-HERREN; OCHIENG, 2008; BISPO DOS SANTOS et al., 2009; MONTEMOR; SOUZA, 2009; NASCIMENTO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012). Isso acontece porque, para que ocorra o desenvolvimento de frutos com maior qualidade e sem defeitos, é necessária alta transferência e deposição de pólen no estigma, o que é proporcionado pela ação das abelhas, com a consequente fecundação dos óvulos e formação das sementes (FREITAS, 1995; HOGENDOORN et al. 2000). Estudos demonstraram que o número de sementes influencia a

atividade de genes que são responsáveis por estimular o crescimento das paredes do ovário (TANKSLEY, 2004; PARAN; VAN DER KNAAP, 2007) e que uma maior quantidade de sementes leva a uma maior produção de auxinas, que estimulam o crescimento e a divisão celular na formação do fruto (KINET; PEET, 2002). Dempsey e Boyton (1965) e Higuti et al. (2010) relataram para o tomateiro que, quanto maior o número de sementes, maior é a massa e o tamanho dos frutos, fato que valida as correlações existentes entre esses parâmetros encontradas neste estudo.

Em relação ao teste de primeira visita, este, de modo geral, apresentou valores intermediários entre o tratamento de autopolinização e o grupo controle. Isso demonstra que a presença de abelhas resulta em um diferencial na qualidade dos frutos, porém, que uma única visita não é suficiente para que o fruto atinja sua qualidade máxima, resultado encontrado também por Trevizor (2014) ao comparar a eficiência de polinização de três espécies diferentes de abelhas em cultivo de tomate. Segundo Morandin et al. (2001b), o tamanho do tomate depende da quantidade de pólen que é transferido para o estigma, deste modo, espera-se que exista uma correlação entre a qualidade do fruto e o número de visitas que a flor recebeu. Desta forma, é necessário que novos experimentos sejam realizados com o intuito de avaliar o número de visitas necessárias para que haja a produção de frutos da mais alta qualidade.

Quando se trata de frutos, o sabor é uma característica importante e qualitativa, sendo que, para o tomate, quanto maiores a acidez e o teor de açúcares, melhor o sabor (JONES JÚNIOR, 1999). A percentagem de sólidos solúveis totais (teor de açúcares) é representada pelo °Brix, com valores que variam entre os diferentes cultivares. A concentração total de açúcares e o sabor estão diretamente relacionados à atividade fotossintética das plantas, visto que os açúcares, principalmente glicose e frutose, representam cerca de 65% dos sólidos solúveis totais presentes no tomate (HO; HEWITT, 1986).

Os valores relacionados à concentração de açúcares totais encontrados no presente estudo foram próximos aos observados por Ferreira et al (2003), que obteve valores entre 3,57 e 3,75 °Brix para frutos da variedade Santa Clara, produzida em campo. No entanto, não houve disparidade na concentração de açúcares entre os frutos do grupo controle, do tratamento de autopolinização e do teste de primeira visita obtidos nesta pesquisa. Possivelmente, essa característica se desenvolve de maneira igualitária, independente do grau de polinização, podendo ser explicada por fatores ambientais (temperatura, umidade, luminosidade, qualidade do solo e tipo de adubação) e genéticos, que podem influenciar diretamente na formação do fruto. As pesquisas com a variedade estudada ainda são escassas, deste modo, não há como estabelecer valores padrões para a concentração de açúcares totais.

Tendo em vista todos os benefícios proporcionados pelas abelhas e a melhora em diversos parâmetros relacionados à qualidade dos frutos mencionados neste estudo, é importante salientar que a abundância e a riqueza dos polinizadores são fortemente influenciadas pela composição da paisagem. As abelhas dependem de pólen e néctar tanto para a alimentação de adultos, quanto para o provisionamento dos ninhos (MCGREGOR, 1976). Como já se sabe, as flores do tomateiro não produzem néctar, sendo o pólen, o único recurso oferecido aos polinizadores (FREE, 1993). Assim, a conservação das áreas de vegetação nativa no entorno dos cultivos se faz extremamente necessária (GREENLEAF; KREMEN, 2006a; HOLZSCHUH; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2008; WINFREE et al., 2007), visto que essas áreas possuem importantes fontes de recursos para alimentação e nidificação de diversas espécies de abelhas.

7. CONCLUSÃO

Embora o tomateiro seja uma planta autógama e não necessite diretamente do auxílio de abelhas para sua reprodução, a polinização realizada pelas mesmas aumenta a qualidade dos

frutos formados. Neste estudo a importância das abelhas nativas na formação de frutos é evidenciada e a contribuição de *A. mellifera* é comprovada. Apesar desta espécie não realizar o *buzz pollination*, ela se mostrou um polinizador efetivo do tomateiro, diferentemente do que se acreditava. Por essa razão, a realização de mais trabalhos sobre a influência de *A. mellifera* na polinização do tomateiro se mostra necessária.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

ABAK, K.; OZDOGAN, A.O.; DASGAN, H.Y.; DERIN, K. & KAFTANOGLU, O. Effectiveness of bumble bees as pollinators for eggplants grown in unheated greenhouses. **Acta Horticulturae** 514: 197-203. 2000.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP. p. 348-491. 2010.

ALVES, K. A.; ROSA, R. Espacialização de dados climáticos do Cerrado mineiro. **Horizonte Científico**, v. 8, p. 1-28. 2008.

AMARAL JÚNIOR, A.T. et al. Melhoramento do tomateiro: II. Procedimento de Gardner e Eberhart na análise heterótica de características morfológicas e da qualidade dos frutos. **Bragantia, Campinas**, v.56, n.1, p.33-46, 1997.

ANAÇ D; ERIUCE N; KILINÇ R. Effect of N, P, K fertilizer levels on yield and quality properties of processing tomatoes in Turkey. **Acta Horticulturae** 376: 243-250, 1994.

ANDRADE, D. C; ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. **Campinas: Instituto de Economia – Unicamp**. 2009. (Texto para Discussão, n. 155).

¹ Normas ABNT

ARAÚJO, J.L.O.; QUIRINO, Z.G.M.; GADELHA NETO, P.C. & ARAÚJO, A.C. Síndromes de polinização ocorrentes em uma área de Mata Atlântica, Paraíba, Brasil. **Biotemas** 22: 83-94. 2009.

BANDA, H.J. & PAXTON, R.J. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. Sixth International Symposium on pollination. **Acta Horticulturae**, 288: 194-198. 1991.

BARRETO, A. A.; FREITAS, L. Atributos florais em um sistema de polinização especializado: *Calathea cylindrica* (Roscoe) K. Schum. (Marantaceae) e abelhas Euglossini. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 421–431, 2007.

BARTELLI, B. F.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. **Pollination services provided by *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in Greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae).** *Sociobiology*, Feirade Santana, v. 61, p. 510-516, 2015.

BAWA KS, PERRY DR, BEACH JH. **Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms.** *American Journal of Botany* 72: 331–345. 1985.

BISPO DOS SANTOS, S. A. **Polinização em culturas de manjeriço, *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae), berinjela, *Solanum melongena* L. (Solanaceae) e tomate *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae) por espécies de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, *Meliponini*).** Dissertation (MSc in Entomology), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

BISPO DOS SANTOS, S.A.; ROSELINO, A.C.; HRNCIR, M.; BEGO, L.R. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellífera* (Hymenoptera, Apidae). **Genetics and Molecular Research**, v. 8, n. 2, p. 751-757. 2009

BOSCH J., KEMP W.P. **Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees.** Bull. Entomol. Res. 92, 3-16. 2002.

BRANCO, R. B. F.; BLAT, S. F. Sistema de cultivo na produção de hortaliças. **Pesquisa e Tecnologia**, Vol. 11, n. 1, Jan-Jun., 2014.

BUCHMANN, S. L. Buzz pollination in angiosperms. In: Handbook of Experimental Pollination (C.E. JONES & R.J. LITTLE, eds.). **Van Nostrand Reinhold**, New York, p.73-113. 1983.

BUCHMANN, S. L.; HURLEY, J. P.. A biophysical model for buzz pollination in Angiosperms. **J. Theor. Biol.** 72: 639-657. 1978.

CARDOSO, S. C.; SOARES, A. C. F.; BRITO, A. S. B.; CARVALHO, L. A.; PEIXOTO, C. C.; PEREIRA, M. E. C.; GOES, E. Qualidade de frutos de tomateiro com e sem enxertia. **Fitotecnia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 269-274, 2006.

CASTRO, M. S.; KOEDAM, D.; CONTRERA, F. A. L.; VENTURIERI, G. C.; PARRA, G. N.; MALAGODI-BRAGA, K. S.; CAMPOS, L. O.; VIANA, M.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; PERUQUETTI, R. C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Stingless bees. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.; DE JONG, D. (Eds.). **Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices.** Ribeirão Preto: Holos Editora, 2006. 114 p.

CASQUET, E. **Principios de economía agraria.** Zaragoza: Acribia, 1998. 368p.

CERVANCIA C.R. E E.A. BERGONHA. 1991. Insect pollination of cucumber (*Cucumis sativus*) in the Philippines. **Acta Hor.**, 288: 278-282.

CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. ESAL/FAEPE, Lavras : 320p. 1990.

COLLINGE, S.K. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. **Landscape and Urban Planning** 36: 59-77. 1996.

COSTANZA, R., DARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., ONEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M.. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. Nature 387, 253–260. 1997.

COSTANZA, R., WILSON, M., TROY, A., VOINOV, A., LIU, S., AND D'AGOSTINO, J. The Value of New Jersey's Ecosystem Services and Natural Capital. **New Jersey Department of Environmental Protection**. 2006.

CRUDEN, R. W. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, v. 31, p. 32-46. 1977.

CRUZ, D. O.; FREITAS, B. M.; SILVA, L. A.; SILVA, E. M. S.; BONFIM, I. G. A. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, p. 1197-1201, 2005.

CRUZ, D. O.; FREITAS, B. M.; SILVA, L. A.; SILVA, E. M. S.; BONFIM, I. G. A. Use of the stingless bee *Melipona subnitida* to pollinate sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in greenhouse. **Proceedings of the 8th IBRA International Conference on Tropical Bees and VI Encontro sobre Abelhas**, p.661. 2004.

DAILY, G. C. **Nature's services**. Societal dependence on natural ecosystems. Island Press, Washington, DC. 392 pp. 1997.

DELAPLANE, K.S., MAYER, D.F. **Crop pollination by bees**. CABI Publishing, New York. p. 344. 2000.

DEL SARTO, M.C.L; PERUQUETTI, R.C; CAMPOS, L.A.O. The neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of plastic house tomatoes. **Proceedings of the 8th IBRA International Conference on Tropical Bees and VI Encontro sobre Abelhas**, p. 664. 2004.

DEMPSEY, W. H.; BOYTON, J. E. Effect of seed number on tomato fruit size and maturity. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 86, p. 575–581, 1965.

FAEGRI, K.; PIJL, V. D. 1979. **The principles of pollination ecology**. Pergamon Press, Oxford, UK, 127pp

FAHRIG, L. Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. **Ecological Applications**, v. 12, n. 2, p.346-353, 2002.

FERNANDES-JR., F.; FURLANI, P.R.; RIBEIRO, I.J.A.; CARVALHO, C.R.L. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, v.61, p.25-34, 2002.

FERNANDES, V. & SAMPAIO, C. A. C. Problemática ambiental ou problemática socioambiental? A natureza da relação sociedade/meio ambiente. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 18, p. 87-94. 2008.

FERREIRA, S.M.R. et al. Avaliação da qualidade do tomate. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO, 1., 2000, Florianópolis. **Anais: História, Ciência e Arte**. Florianópolis : Pró Reitoria de Cultura e Extensão – UFSC, p.437- 441. 2000.

FERREIRA MMM; FERREIRA GB; FONTES PCR; DANTAS JP. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira** 21: 471-476. 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de Olericultura**. Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças. p. 1402. 2000.

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

FONTES, P.C.R.; SAMPAIO, R.A.; FINGER, F.L. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. **Pesq Agropec Bras**, Brasília, v.35, n.1, p.21-25. 2000.

FREE, J. B. **Insect Pollination of Crops**. 2.ed. New York: Academic Press, 684 p. 1993.

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

FREITAS, B.M. A importância relativa de *Apis mellifera* e outras espécies de abelhas na polinização de culturas agrícolas. In: **Anais** encontro sobre abelhas, 3. Ribeirão Preto, USP/FFCL, 1998. p.10-19. 1998.

GARIBALDI L.A, STEFFAN-DEWENTER I., WINFREE R., et al. **Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance**. *Science* 339: 1608–11. 2013.

Global Footprint Network. **Ecological Footprint Assessment**. www.footprintnetwork.org. 2005.

GEMMILL-HERREN, B.; OCHIENG, A.O. Role of native bees and natural habitats in eggplant (*Solanum melongena*) pollination in Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 127, n. 1-2, p. 31-36. 2008.

GIANNINI, T. C.; GARIBALDI, L. A.; ACOSTA, A. L.; SILVA, J. S.; MAIA, K. P.; SARAIVA, A. M.; KLEINERT, A. M. **Native and non-native supergeneralist bee species have different effects on plant-bee networks.** PloS one, San Francisco, v. 10, n. 9, p. e0137198, 2015.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C.; BARBOSA, V. Colheita. In: SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. de B. Tomate para processamento industrial. Brasília, DF: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortaliças**, p. 128-135. 2000.

GREENLEAF SS, KREMEN C. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. **Biol Conserv** 133:81–87 2006a.

GUERRA, A.T. & GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-geomorfológico.** Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 1997.

HARTER, B.; LEISTIKOW, C.; WILMS, W.; TRUYLIO, B. & ENGELS, W. “Bees Collecting Pollen from Flowers with Poricidal Anthers in a South Brazilian Araucaria forest: a Community Study”. **Journal of Apicultural Research**, 41(1-2): 9-16, 2002.

HEARD. T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annu. Rev. Entomol.**, n. 44, pp 183-206, 1999.

HIGUTI, A. R. O.; GODOY, A. R.; SALATA, A. D. C.; CARDOSO, A. I. I. Produção de tomate em função da “vibração” das plantas. **Bragantia**, v.69, n.1, p.87-92, 2010.

HO LC; HEWITT JD. 1986. Fruit development. In: ATHERTON JG; RUDICH J (eds). **The tomato crop**. New York: Chapman & Hall. p. 201-239.

HOGENDOORN K., STEEN Z., SCHWARZ M.P. Native Australian carpenter bees as a potential alternative to introducing bumble bees for tomato pollination in greenhouses, J. **Apic. Res.** 39, 67–74. 2000.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em: 26 de agosto de 2015.

HOLZSCHUH, A., STEFFAN-DEWENTER, I., KLEIJN, D. & TSCHARNTKE, T. (2007) Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. **Journal of Applied Ecology**, 44, 41–49.

JONES JÚNIOR JB. 1999. **Tomato plant culture**: in the field, greenhouse and home garden. Florida: CRC Press. 199p.

JUNQUEIRA, C.N. & AUGUSTO, S.C. **Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality**. *Apidologie* (2016).

KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. **Techniques for pollinations biologists**. Niwot, Colorado: University press of Colorado, 1993. 583 p.

KEARNS C.A, INOUE D.W, WASER N. **Endangered mutualisms: the conservation of plant–pollinator interactions**. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29, 83–112. 1998.

KINET, J. M.; PEET, M. M. Tomato. In: WIEN, H.C. **The physiology of vegetable crops**. Wallingford: CABI Publishing, 2002; chap. 6, p. 207-258.

KING, M.J., BUCHMANN, S.L. Floral sonication by bees: mesosomal vibration by *Bombus* and *Xylocopa*, but not *Apis* (Hymenoptera: Apidae), ejects pollen from poricidal anthers. **Journal of the Kansas Entomological Society** 76, 295-305. 2003.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; BUGG, R. L.; FAY, J. P.; THORP, R. W. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. **Ecology Letters**, v. 7, p. 1109-1119. 2004.

KOTAKA, C.S.; MITSUI, M.H.; VIEIRA, R.E. et al. Polinização por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em cultura de canola (*Brassica napus* e *B. campestris*, Cruciferae) na região de Maringá, PR. 2004. Internet. <http://www.sbz.org.br/anais2000/Pequenos/161.pdf>

KUNZMANN, M. R.; BUCHMANN, S. L.; EDWARDS, J. F.; THOENES, S. C.; ERICKSON, E. H. Africanized Bees in North America. Our living Resources Report, U.S. Government Printing Office, p. 448-451, 1995.

LIMA, C. **Flores e insetos: A origem da entomofilia e o sucesso das angiospermas.** Monografia apresentada em Botânica – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 28p. 2000.

LÚCIO AD; HAESBAERT FM; SANTOS D; SCHWERTNER DV; BRUNES RR. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. **Horticultura Brasileira** 30:660-668. 2012.

MACIAS-MACIAS, O.; CHUC, J.; ANCONA-XIU, P.; CAUICH, O. & QUEZADA-EUÁN, J. J.G. 2009. Contribution of native bees and Africanized honey bees (Hymenoptera:Apoidea) to Solanaceae crop pollination in tropical México. **J. Appl. Entomol**, 133: 456–465.

MACHADO, I.C. & LOPES, A.V. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. **Annals of Botany** 94: 365-376. 2004.

MACHADO, S. S.; TAVARES, J. T. Q.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, C. S.; SOUZA, K. E. P. Caracterização de polpas de frutas tropicais congeladas comercializadas no Recôncavo Baiano. **Revista Ciência Agronômica**. v.38, p.158-163, 2007.

MAETA, Y; TEZUKA, T; NADANO, H; SUZUKI, K. Utilization of the Brazilian stingless bee, *Nannotrigona testaceicornis*, as a pollinator of strawberries. **Honeybee Sci**. 13: 71-78. 1992.

MALAGODI-BRAGA, K. S.; KLEINERT, A. M. P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Abelhas-sem-ferrão e polinização: Stingless bees and pollination. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, v.10, n.2 , p.59-70. 2004.

MALERBO-SOUZA, D.T.; COUTO, L.A.; NOGUEIRACOUTO, R.H. Polinização em café (*Coffea arabica*, var. Mundo novo), com a utilização de atrativos para as abelhas *Apis mellifera*. In: **CONGRESSO IBEROLATINO AMERICANO DE APICULTURA, 4., FORO EXPOCOMERCIAL INTERNACIONAL DE APICULTURA, 1.**, Rio Cuarto, 1994. Anais... Cuarto, Província de Córdoba-Argentina, 1994. p.167-170.

MALERBO-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. 2003b.

MALERBO-SOUZA, D.T., NOGUEIRA-COUTO, R.H., COUTO, L.A. Pollination in orange sweet crop (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-Rio). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 40(4), 237–242. 2003.

MARTINEZ, H. S. et al. Serviços ecossistêmicos para aumento produtivo e de preservação ambiental na cultura de maracujá. In: **SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E INOVAÇÃO DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2**, 2012. Curitiba, PR.

Anais..., Disponível em: http://www.sei.utfpr.edu.br/sei_anais/trabalhos/comunicacao_oral/.

Acesso em: 06 agosto. 2016.

MARTINS, C. F. Comunidade de abelhas (Hym., Apoidea) da caatinga e do cerrado com elementos de campo rupestre do estado da Bahia, Brasil. *Rev. Nordestina Biol.* 9(2): 225-257. 1994.

McGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington, D.C.: USDA, 1976. Agriculture handbook, 496 p.

MELO C. G. de; ALVES E. U.; LORENZON M. C. A e BAPTISTA J. L. Polinizadores de *Malpiglia glabra* L. **Mensagem Doce**, Julho 1997. nº 42, 14-17. 1997.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystem and Human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005. 100 p.

MINAMI, K.; HAAG, H. P. **O tomateiro**. Campinas: Fundação Cargill. 1989, 352 p.

MIRANDA, E. E. de. **A ecologia**. São Paulo: Edições Loyola, 1995.

MONTEMOR, K.A.; SOUZA, D.T.M. Biodiversidade de polinizadores e biologia floral em cultura de berinjela (*Solanum melongena*). **Zootecnia Tropical**. v. 27, n. 1, p. 97-103, 2009.

MORANDIN LA, LAVERTY TM, KEVAN PG. Effect of bumblebee (Hymenoptera: Apidae) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. **Journal of Economic Entomology** 94(1):172-179. 2001a.

NASCIMENTO, W.M.; GOMES, E.M.L.; BATISTA, E.A.; FREITAS, R.A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 494-498. 2012.

NEPI, M; GUARNIERI, M; PACINI, E. Nectar secretion, reabsorption, and sugar composition in male and female flowers of *Cucurbita pepo*. **Int J Plant Sci** 162: 353-358. 2001.

OLIVEIRA, J.L.E.A., FIGUEIREDO, R.A., SALA, F.C. Qualidade de frutos e sementes na polinização natural de três cultivares de pimenta (*Capsicum* spp.). **Revista Verde**, v. 7, n. 3, p. 143-148, 2012.

OLIVEIRA, R., SCHLINDWEIN, C. **Searching for a manageable pollinator for acerola orchards: the solitary flower-constant bee, *Centris analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini)**. Journal of Economic Entomology. 2009.

PAIVA, G.J.; TERADA, Y.; TOLEDO, V.A.A. Avaliação da germinação de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L., Compositae) produzidas em áreas visitadas e não visitadas por abelhas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 4., Ribeirão Preto, 2000. **Anais...** Ribeirão Preto: USP/FFBL, 2000. p. 338.

PARAN I., VAN DER KNAAP E. Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. **J. Exp. Bot.** 58, 3841–3852, 2007.

PASSARELLI L L. Importancia de *Apis mellifera* L. em la producción de *Cucurbita maxima* Duch. (Zapallito de tronco). **Investig Agrar Prod Prot Veg** 17: 5-13. 2002.

PEDRO, S.R.M. & CAMARGO, J.M.F. Interactions on floral resources between the Africanized honey bee *Apis mellifera* L. and the native bee community (Hymenoptera: Apoidea) in a natural cerrado ecosystem in southeast Brazil. **Apidologie**, 22: 397-415. 1991.

PIRES, R.C. et al. Vegetative growth and yield of strawberry under irrigation and soil mulches for different cultivation environments. **Scientia Agricola** v.63, 2006, p.471-425.

PIRES R.C.M., FOLEGATTI M.V., JÚNIOR M.J.P., SAKAI E., PASSOS F.A., ARRUDA F.B. & CALHEIROS R.O. Efeito de níveis de água, coberturas do solo e condições ambientais na temperatura do solo e no cultivo de morangueiros em ambiente protegido e a céu aberto. **Eng. Agric. Jaboticabal**, 24 (3): 663-674. 2004.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**, 7a. ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 2007. 906 p.

RAVINDER-SINGH; KOHLI UK; KANWAR HS; SINGH R. 2001. Tomato fruit quality as influenced by different nutrient regimes. **Himachal Journal of Agricultural Research** 25: 37-42.

RECH, A. R.; BRITO, V. L. G. Mutualismos extremos de polinização: história natural e tendências evolutivas. **Oecologia Australis** , v. 16, p. 297-310, 2012.

RIBEIRO, A. de M.F. **Polinização entomófila em cultivares híbridos de pepino (*Cucumis sativus* L.): pioneiro, safira e yoshinari, no campo e em estufa**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2004. 77 f. Tese de Doutorado.

RICKLEFS, Robert E. **A Economia da Natureza**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 546p.

RUTTNER, F. Honeybees of the tropics; their variety and characteristics of importance for apiculture. Apiculture in Tropical Climates. **Int. Bee Res. Assoc.**, London, p.41-46, 1976.

SANCHEZ-JUNIOR J. L. B. e MALERBO-SOUZA D. T. Frequência dos insetos na polinização e produção de algodão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, nº 4, p. 461-465. 2004.

SANTOS A.O.R.; BARTELLI, B. F; NOGUEIRA-FERREIRA F. H. Potential Pollinators of Tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in Open Crops and the Effect of a Solitary Bee in Fruit Set and Quality. **Journal of Economic Entomology**, 107(3):987-994. 2014.

SANTOS, F. M. dos; CARVALHO, C. A. L. de; SILVA, R. F. diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma área de transição Cerrado-Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 2, p. 319-328, 2004.

SERRANO, A.R.; GUERRA-SANZ, J.M. Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumble bee pollination. **Scientia Horticulturae**, n.110, p.160-166, 2006.

SILVA-NETO, C.; LIMA, F. G.; GONÇALVES, B. B.; BERGAMINI, L. L.; BERGAMINI, B. A. R.; ELIAS, M. A. S.; FRANCESCHINELLI, E. V. **Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production**. Journal of Pollination Ecology, Guelph, v. 11, n. 6, p. 41- 45, 2013.

SINGH AK; SHARMA JP; SINGH RK. Effect of variety and level of nitrogen on fruit quality of tomato hybrid (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Research-Birsa Agricultural University** 12: 205-208. 2000.

SHAMI, N. J. I. E., e E. A. M. Moreira. Licopeno como agente antioxidante. **Rev. Nutr.**17: 227-236. 2004.

SILVA, C. A. et al. Variação na arquitetura floral e sucesso reprodutivo de duas espécies de *Helicteres* (Malvaceae), na região sudoeste de Mato Grosso. **Acta Botanica Brasilica**, v.24, n.2, 2010.

SLAA, E. J. L. A; SÁNCHEZ CHAVES, K. S; MALAGODI-BRAGA, K. S; HOFSTEDE, F. E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, vol. 37, no. 2, pp. 293–315, 2006.

SMITH, F.G. Beekeeping observations in Tanganyika, 1949-1957. **Bee World**, v.39, p.29-36, 1958.

SOUZA, D. L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; PINTO, M.S.C. As Abelhas Como Agentes Polinizadores (The Bees Agents Pollinizer's). **Revista Eletrônica de Veterinária** Volume VIII, Número 3, p 1695-7504, 2007.

STEBBINS, G.L. Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms. I: Pollination mechanisms. **Annual Review of Ecology and Systematics** 1:307-326. 1970.

TANKSLEY SD. The genetic, developmental, and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. **The Plant Cell**, 16:S181-189. 2004.

TREVIZOR, Ana Mayumi Hayashi. **Influência da área de reserva legal sobre a biologia da polinização de SOLANUM LYCOPERSICUM L. híbrido pizzadoro (SOLANACEAE)**. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2014.

VIANNA M.R., DE-MARCO P., CAMPOS L. A.O. Manejo de polinizadores e o incremento da produtividade agrícola: uma abordagem sustentável dos serviços do ecossistema. **Rev Bras Agroecol** 2(1):144–147, 2007.

VIEJO MONTESINOS, J. L. Coevolución de plantas e insectos. En: **Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa**, 13; 1996.

WARNER J; ZHANG TQ; HAO X. Effects of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing tomatoes. **Canadian Journal of Plant Science** 84: 865-871. 2004.

WINFREE, R., GRISWOLD, T. & KREMEN, C. Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. **Conservation Biology**, 21, 213–223. 2007a.

WOODWARD, D.; SIMMS. A. **Growth isn't working**: the unbalanced distribution of benefits and costs from economic growth. London, UK: New Economics Foundation, 2006. 26p.

WUNDERLEE Jr., J.M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management** 99: 223-235. 1997.

YAMAMOTO, L.F.; KINOSHITA, L.S. & MARTINS, F.R. Síndromes de polinização e dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 21(3): 553-567. 2007.

YAMAMOTO, M. et al. **The role of bee diversity in pollination and fruit set of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* forma *flavicarpa*, Passifloraceae) crop in Central Brazil.** *Apidologie*, v. 43, p. 515–526, 2012.

YOUSSEF AM; EI-FOULY AHM; YOUSSEF MS; MOHAMEDIEN SA. Effect of using organic and chemical fertilizers in fertigation system on yield and fruit quality of tomato. **Egyptian Journal of Horticulture** 28: 59-77. 2001.

ZANELLA, F. C. Sobre a meliponicultura, a apicultura e a preservação de nossas abelhas nativas. 1999. Disponível em: <http://rgm.fmrp.usp.br/beescience/principal.htm>. Acesso em: 10. 07.2016.