

RECURSOS ALIMENTARES DE ABELHAS VIBRADORAS EM UMA PAISAGEM
AGRÍCOLA

ANNA PAZINI HAUTEQUESTT

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
AGOSTO DE 2017

RECURSOS ALIMENTARES DE ABELHAS VIBRADORAS EM UMA PAISAGEM
AGRÍCOLA

ANNA PAZINI HAUTEQUESTT

Dissertação apresentada ao Programa de Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos e Naturais.

Orientadora: Dra. Maria Cristina Gaglianone

Campos dos Goytacazes – RJ

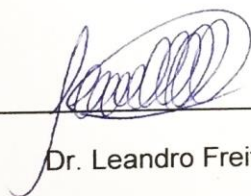
Agosto de 2017

ANNA PAZINI HAUTEQUESTT

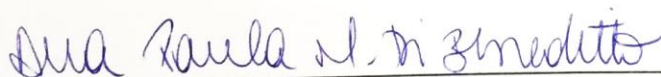
Dissertação apresentada ao Programa de Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos e Naturais.

Aprovada em: 05/09/17

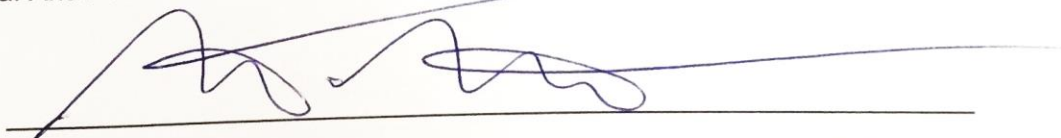
Comissão Examinadora:



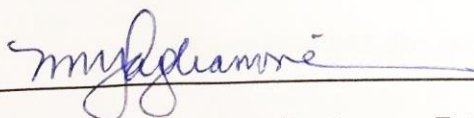
Dr. Leandro Freitas (Doutor em Biologia Vegetal) – IP/JBRJ



Dra. Ana Paula Madeira Di Benedetto (Doutor em Biociência e Biotecnologia) – UENF



Dr. Marcelo Trindade Nascimento (Doutor em Ecologia) – UENF



Dr.ª. Maria Cristina Gaglianone (Doutora em Entomologia) – UENF

(Orientadora)

*Dedico este trabalho aos meus pais, Edson e Lúcia,
pelo amor incondicional.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Laboratório de Ciências Ambientais (LCA) pelo apoio logístico para a realização deste trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

À FAO/GEF/FUNBIO/CNPq: Projeto de Conservação e Manejo de Polinizadores para uma Agricultura Sustentável através de uma Abordagem Ecosistêmica / Projeto Polinizadores.

À Secretaria de Agricultura Pecuária Pesca e Abastecimento do Rio de Janeiro (SEAPPA): Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas / Rio-Rural.

À Prof^a. Maria Cristina Gaglianone pela oportunidade de orientação e por sempre acreditar no meu trabalho.

Às Profs. Vânia Esteves e Cláudia Barbieri do Museu Nacional/UFRJ pela identificação dos tipos polínicos.

À Prof^a. Karla Maria Pedra pelas imagens de satélite cedidas para análise, e ao Prof. Guilherme do Carmo Silveira por ceder os dados das métricas da paisagem.

Aos doutorandos e amigos, Mariana Scaramussa Deprá e Inácio Abreu Pestana pelo auxílio nas análises deste estudo.

Aos membros da banca, Vânia G. Lourenço Esteves, Leandro Freitas e Ana Paula Madeira Di Benedetto, Marcelo Trindade Nascimento por terem aceitado o convite.

À Deus e a Mãe Aparecida por mais essa conquista, fruto de muito trabalho e dedicação. Pelo apoio e guia em todos os momentos difíceis, e quando as pedras no

caminho tentaram me fazer cair suas forças nunca me abandonaram, não me deixando esquecer que sou mais forte do que acredito ser.

Aos meus pais, Edson e Lúcia, por todo o amor, toda a confiança depositada em mim desde o início dessa jornada, investindo no meu crescimento, apoiando minhas decisões, acreditando em mim e me ensinando sempre que a educação e o conhecimento são as únicas coisas que ninguém poderá me roubar. Essa vitória só foi possível através de vocês! Amo vocês!

Ao meu irmão Lucas, a toda minha família e amigos que torceram e rezaram por mim, comemorando comigo cada vitória.

À Priscila Freitas, pelo carinho e atenção em todas as idas ao Museu Nacional, e claro, pela amizade construída ao longo desse tempo.

Aos amigos de laboratório, Caíque Barcellos, Carolina Rabelo, Ellen Pessoa, Fernanda Del Penho, Fernanda Werneck, Júlio Araújo, Maira Coelho, Marcelita Marques, Mariana Deprá, Sônia Alves, Ulli Barros pela amizade, aprendizado ao longo de todos esses anos, ideias e pela ajuda na realização deste trabalho. E à Maria de Fátima pelo carinho e pelos cafés na hora de desespero.

Aos eternos amigos da CBio09, especialmente Luísa Sorrentino e Inácio Pestana que foram essenciais durante toda essa jornada, mas principalmente na finalização deste trabalho, me apoiando, torcendo por mim e nunca me deixando desistir. Amo vocês!

“Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu, é sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu” – Trem bala, Ana Vilela.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1 - Recursos utilizados por <i>Bombus morio</i> (Swederus, 1787) (Apidae, Bombini) e <i>Exomalopsis analis</i> Spinola, 1853 (Apidae, Exomalopsini) em uma paisagem agrícola.....	4
1.1- INTRODUÇÃO	4
1.2-OBJETIVO	7
1.3-HIPÓTESE.....	8
1.4-METODOLOGIA	8
1.4.1- Área de estudo e planta focal.....	8
1.4.2- Delineamento amostral e obtenção das amostras.....	10
1.4.3- Coleta de material botânico e confecção das lâminas de referência.....	12
1.4.4- Análise polínica.....	13
1.4.5- Análise de dados.....	13
1.5-RESULTADOS.....	15
1.5.1- Material botânico de referência.....	15
1.5.2- Material polínico transportado pelas abelhas	16
1.5.3 – Comparação entre <i>Bombus morio</i> e <i>Exomalopsis analis</i>	24
1.6-DISCUSSÃO	26
1.7-CONCLUSÕES.....	30
CAPÍTULO 2 – Relação entre riqueza e diversidade de tipos polínicos com as métricas da paisagem (cobertura florestal, distância do fragmento mais próximo)	31
2.1- INTRODUÇÃO	31
2.2-OBJETIVO	32
2.3-HIPÓTESE.....	33
2.4-METODOLOGIA	33
2.4.1- Área de estudo e planta focal.....	33
2.4.2- Delineamento amostral e obtenção das amostras.....	33
2.4.3- Obtenção das métricas da paisagem - cobertura florestal e distância ao fragmento mais próximo.....	33
2.4.4- Análise de dados.....	34

2.5-RESULTADOS.....	34
2.6-DISCUSSÃO	39
2.7-CONCLUSÕES.....	41
Apêndice I – Código de identificação, número do plantio e data de coleta dos indivíduos de <i>Bombus morio</i> e <i>Exomalopsis analis</i> coletados em plantios de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ	59
Apêndice II – Fotomicrografias dos grãos de pólen das plantas coletadas no entorno dos plantios localizados em São José de Ubá, RJ (números correspondentes à tabela 1.2).....	62
Apêndice III – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de <i>Bombus morio</i> associados ao laminário de referência.....	64
Apêndice VI – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de <i>Exomalopsis analis</i> associados ao laminário de referência.	66
Apêndice V - Área (ha), porcentagem de cobertura florestal e distância do fragmento mais próximo (m) dos plantios de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ dentro do buffer de 700m.....	67
Apêndice VI - Área (ha), porcentagem de cobertura florestal e distância do fragmento mais próximo (m) dos plantios de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ dentro do buffer de 1200m.....	67

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1:** *Bombus morio* sem (A) e com carga polínica na corbícula das pernas posteriores (B) 6
- Figura 1.2:** *Exomalopsis analis* com escopa limpa (A) e carregada de pólen (B) 7
- Figura 1.3:** Localização geográfica do município de São José de Ubá – RJ (A) e área de cultivo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) com fragmento florestal ao fundo. Fonte: Almeida (2015) (A) e Deprá (2012) (B) 9
- Figura 1.4:** Flor do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) em área de cultivo em São José de Ubá 10
- Figura 1.5:** Áreas de plantios de tomate (P01 a P12), em São José de Ubá (RJ), onde as abelhas foram amostradas neste estudo 11
- Figura 1.6:** Tipos polínicos mais abundantes encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de *Bombus morio* coletados em plantios de tomate localizados no município de São José de Ubá, RJ (B01, B39, B24, B46 e B81, respectivamente) 17
- Figura 1.7:** Curva de rarefação da riqueza de tipos polínicos (com intervalo de confiança a 95%) para cada fêmea de *Bombus morio* capturada nos plantios em São José de Ubá, RJ 18
- Figura 1.8:** Rede qualitativa de interações entre fêmeas de *Bombus morio* capturadas em plantios de tomateiro (P2, P3, P4, P7 e P8, descritos na tabela 1.1) e os tipos polínicos encontrados nas corbículas. Tipos polínicos representados com círculos de mesma cor pertencem à mesma família botânica. Tipos polínicos em amarelo não foram identificados 19
- Figura 1.9:** Tipos polínicos mais abundantes encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de *Exomalopsis analis* coletados em plantios de tomate localizados no município de São José de Ubá, RJ (E01, E03, E09, E32 e E07, respectivamente) 21
- Figura 1.10:** Curva de rarefação da riqueza de tipos polínicos (com intervalo de confiança a 95%) para cada fêmea de *Exomalopsis analis* capturada nos plantios em São José de Ubá, RJ 22
- Figura 1.11:** Rede qualitativa de interações entre fêmeas de *Exomalopsis analis* capturadas em plantios de tomateiro (P1, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11 e P12, descritos na tabela 1.1) e os tipos polínicos encontrados nas escopas. Tipos polínicos representados com círculos de mesma cor pertencem à mesma família botânica. Tipos polínicos em amarelo não foram identificados 23
- Figura 2.1:** Relação entre riqueza e diversidade de tipos polínicos coletados por *B. morio* e as métricas da paisagem no *buffer* de 1200m ao redor dos plantios de tomate em São José de Ubá, RJ: (A) riqueza e diversidade x cobertura florestal (m²) e (B) riqueza e diversidade x distância do fragmento mais próximo 36
- Figura 2.2:** Relação entre riqueza/diversidade de tipos polínicos coletados por *E. analis* e as métricas da paisagem no *buffer* de 700m ao redor dos plantios de tomate em São José de Ubá, RJ: riqueza e diversidade x cobertura florestal (m²) (A) e riqueza e diversidade x distância do fragmento mais próximo (B) 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Localização e descrição das áreas de tomateiro avaliadas nos anos de 2010 e 2011 em São José de Ubá, RJ (modificado de Deprá, 2012)	12
Tabela 1.2: Tipos polínicos identificados em plantas de referência coletadas em uma paisagem agrícola em São José de Ubá, RJ (fotografias correspondentes estão apresentadas no Apêndice I)	16
Tabela 1.3: Tipos polínicos mais abundantes encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de <i>Bombus morio</i> coletados em plantios de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ (FO= calculada relativa aos indivíduos)	17
Tabela 1.4: Riqueza e diversidade de tipos polínicos encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de <i>Bombus morio</i> por plantio de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ	18
Tabela 1.5: Tipos polínicos mais abundantes encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de <i>Exomalopsis analis</i> coletados em plantios de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ (FO= calculada relativa aos indivíduos)	20
Tabela 1.6: Riqueza e diversidade de tipos polínicos encontrados nas amostras provenientes de <i>Exomalopsis analis</i> por plantio de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ	21
Tabela 1.7: Métricas das redes qualitativas para <i>B. morio</i> e <i>E. analis</i> : número de vértices, número médio de ligações por plantio, número de compartimentos e conectância	24
Tabela 1.8: Índice de sobreposição de nicho trófico (Pianka) baseado nas abundâncias relativas dos tipos polínicos coletados por <i>B. morio</i> e <i>E. analis</i> nos plantios localizados em São José de Ubá, RJ, considerando todos os plantios analisados e somente os plantios onde as duas espécies ocorreram	24
Tabela 1.9: Frequência dos tipos polínicos nas categorias propostas por Barth (1970 a,b,c; 1989) entre as áreas de plantios de tomateiro localizadas no município de São José de Ubá, RJ	25
Tabela 2.1: Valores de R ² parciais para modelos para predição da riqueza e diversidade polínica para <i>Bombus morio</i> considerando o <i>buffer</i> de 1200m. Valores em negrito indicam significância <0,05. (Riqueza= CoberturaFlorestal ₁₂₀₀ + DistânciaFragmentoPróx ₁₂₀₀ ; Diversidade= CoberturaFlorestal ₁₂₀₀ + DistânciaFragmentoPróx ₁₂₀₀)	38
Tabela 2.2: Valores de R ² parciais para modelos para predição da riqueza e diversidade polínica para <i>Exomalopsis analis</i> considerando o <i>buffer</i> de 700m. Valores em negrito indicam significância <0,05. (Riqueza= CoberturaFlorestal ₇₀₀ + DistânciaFragmentoPróx ₇₀₀ ; Diversidade= CoberturaFlorestal ₇₀₀ + DistânciaFragmentoPróx ₇₀₀)	38

RESUMO

As abelhas polinizam plantas silvestres e cultivadas e o estudo dos grãos pólen pode auxiliar no conhecimento das fontes alimentares utilizadas pelas abelhas em áreas agrícolas. O objetivo deste estudo foi quantificar os recursos polínicos utilizados por *Bombus morio* e *Exomalopsis analis*, e verificar a relação entre riqueza e diversidade de tipos polínicos com métricas da paisagem. O estudo foi realizado em áreas com plantios de tomateiro em São José de Ubá (RJ) durante o ano de 2011, no período de maior floração (maio a setembro). A partir da amostragem das plantas em florescimento próximas aos plantios, foi confeccionado um laminário de referência. As abelhas foram coletadas individualmente com rede entomológica, em visita às flores durante o período de maior floração. O material polínico das corbículas e escopas de fêmeas foi submetido à acetólise e montado em gelatina glicerinada. A riqueza e diversidade de tipos polínicos foram relacionados com métricas da paisagem (cobertura florestal (CF) e distância do fragmento mais próximo (DFMP)). O laminário de referência foi construído com 156 espécies de plantas de 35 famílias. Para *B. morio* foram amostrados 188 tipos polínicos (52 no laminário de referência) e para *E. analis* 189 tipos (54). Os tipos polínicos mais abundantes, além do tomateiro, foram Fabaceae Tipo 4 (6,5%) e Fabaceae Tipo 1 (1,5%) para *B. morio* e *Hyptis* sp. (5,9%) e *Solanum* sp. (3,1%) para *E. analis*. A relação entre riqueza e diversidade de tipos polínicos foi positiva para a CF e negativa para DFMP para *B. morio*. Já para *E. analis*, CF e DFMP contribuíram para a riqueza de tipos polínicos, embora os resultados não tenham sido significativos. Os resultados indicam que os principais polinizadores do tomateiro são generalistas, coletam pólen e néctar além das áreas de cultivo, onde os recursos florais não são suficientes para o seu forrageio. O uso de diversas plantas no pico de floração do tomateiro ressalta a importância dos recursos florais no entorno dos plantios. Os resultados indicam a necessidade de conservação do habitat nas áreas adjacentes aos cultivos de tomateiro para manter o serviço de polinização nos plantios, visto que a paisagem contribui para a riqueza de tipos polínicos.

Palavras-chave: *Bombus morio*, *Exomalopsis analis*, tomateiro, *Solanum lycopersicum*, pólen, conservação

ABSTRACT

Bees pollinate wild and cultivated plants and the study of pollen grains can help in understanding the food sources used by bees in agricultural areas. The aim of this study was to quantify the pollinic resources used by *Bombus morio* and *Exomalopsis analis*, and to verify the relation between richness and diversity of pollen types with landscape metrics. The study was carried out in areas with tomato plants in São José de Ubá (RJ) during 2011, on the high blooming period (May to September). From the sampling of the flowering plants close to the plantations, a reference slide was made. The bees were collected individually with entomological net, visiting the flowers during the period of greatest flowering. The pollen material of the corbiculae and scopas of females was subjected to acetolysis and assembled on glycerinated jelly. The richness and diversity of pollen types were related to landscape metrics (forest cover (FC) and distance of the nearest fragment (DNF)). The reference slide was constructed with 156 plant species from 35 families. For *B. morio* 188 pollen types were sampled (52 in the reference slide) and for *E. analis* 189 types (54). The most abundant pollen types, besides the tomato, were Fabaceae Type 4 (6.5%) and Fabaceae Type 1 (1.5%) for *B. morio* and *Hyptis* sp. (5.9%) and *Solanum* sp. (3.1%) for *E. analis*. The relation between richness and diversity of pollen types was positive for FC and negative for DNF for *B. morio*. For *E. analis*, FC and DNF contributed to the richness of pollen types, although the results were not significant. The results indicate that the main pollinators of the tomato plants are generalists, collecting pollen and nectar beyond the cultivated areas, where the floral resources are not sufficient for their foraging. The use of several plants in the peak flowering of the tomato plants underscores the importance of the floral resources in the surroundings of the plantations. The results indicate the need of habitat conservation of adjacent areas to the tomato crops to maintain the service of pollination in the plantations, since the landscape contributes to the richness of pollen types.

Keywords: *Bombus morio*, *Exomalopsis analis*, Tomato plants, *Solanum lycopersicum*, pollen, conservation.

INTRODUÇÃO GERAL

O processo de polinização é considerado um serviço ecossistêmico importante para a manutenção da diversidade de plantas (Richards, 1997), pois é através deste processo que ocorre a reprodução cruzada dos vegetais superiores (Faegri & van Der Pijl, 1971). Os grãos de pólen são, em essência, os elementos que contêm os gametas masculinos e podem ser transportados por agentes abióticos como a água ou, em sua maioria, por agentes bióticos. Neste caso, os animais são atraídos às flores onde buscam o pólen, um dos recursos que serve à alimentação de visitantes florais especialmente as abelhas, além de outros insetos, aves e mamíferos (Rech *et al.*, 2014). Sua natureza é principalmente proteica, possuindo ainda lipídeos, amido, outros açúcares, além de fósforo, vitaminas e água (Wilmer, 2011).

Dentre os animais polinizadores, as abelhas atuam na polinização de cerca de 80% das plantas em ecossistemas tropicais (Michener, 1974; Kevan & Baker, 1983; Bawa, 1990) e em relação às plantas cultivadas, onde mais de 73% são polinizadas por animais, a maior parte é realizada também pelas abelhas (FAO, 2004; Klein *et al.*, 2007). Mesmo em cultivos que não necessitam de polinizadores, a ação das abelhas pode aumentar a quantidade e a qualidade dos frutos (Kremer *et al.*, 2002; Freitas, 2010; Yamamoto *et al.*, 2010; Silva Neto *et al.*, 2013; Deprá *et al.*, 2014). Por isso, o conhecimento das fontes alimentares utilizadas pelas abelhas em áreas agrícolas é essencial para promover medidas de conservação destes polinizadores e contribuir com a produção nas áreas de cultivo.

Com o avanço da agricultura, grandes extensões de vegetação natural estão sendo devastadas e a resultante fragmentação do habitat natural é uma das maiores ameaças à biodiversidade terrestre em todo o mundo (Benton *et al.*, 2003; Harris & Johnson, 2004). Essas alterações na paisagem podem afetar as populações de abelhas e, conseqüentemente, prejudicar a reprodução das plantas, em especial aquelas que possuem polinizadores específicos (Aizen & Feinsinger, 1994; Aguilar & Galetto, 2004; Rodríguez-Cabal *et al.*, 2007; Williams & Winfree, 2013; Carvalho *et al.*, 2016).

A distribuição espacial de recursos florais como pólen, néctar, óleos e resinas influenciam a composição da comunidade de abelhas (Kremen *et al.*, 2007) enquanto que a duração e intensidade da floração ao longo do tempo influenciam a abundância e riqueza de espécies. Em áreas fragmentadas, a distribuição espacial dos recursos

pode se tornar fortemente agregada e disjunta devido à presença das matrizes, afetando diretamente as populações de abelhas. Além dos recursos alimentares, locais e recursos de nidificação também podem ser fortemente reduzidos, diminuindo ainda mais as populações (Winfree *et al.*, 2009). Os locais de nidificação são determinantes para a composição da comunidade de abelhas (Kremen *et al.*, 2007), pois estes insetos utilizam diferentes estratégias para construir seus ninhos, escavando-os no solo, construindo galerias em plantas vivas ou mortas, utilizando cavidades preexistentes ou construindo ninhos livres e expostos (Roubik, 1989). Sendo assim, mudanças no habitat que alteram a distribuição dos recursos florais ou a qualidade dos recursos para nidificação, podem afetar o comportamento individual, a dinâmica da população e a composição da comunidade de abelhas (Kremen *et al.*, 2007; Potts *et al.*, 2010).

A perda de habitat tem sido discutida como uma das principais causas para o declínio na riqueza e abundância de polinizadores em todo mundo (Winfree *et al.*, 2009; Potts *et al.*, 2010; Williams *et al.*, 2010). Estudos mostram que regiões com a presença de fragmentos florestais maiores e mais preservados disponibilizam mais recursos essenciais para a manutenção das populações de polinizadores, incluindo substratos para construção dos ninhos e fontes de pólen e néctar (Morato, 2004; Winfree *et al.*, 2009). Por isso, em paisagens agrícolas é urgente a necessidade de manter áreas de florestas nativas próximas às áreas de cultivos, pois desta forma pode-se manter algum fluxo de polinizadores entre áreas silvestres e agrícolas, aumentando a frequência de polinizadores e a eficiência na polinização e, conseqüentemente, aumentando a taxa de frutificação e qualidade dos frutos (Kremen *et al.*, 2004; Klein *et al.*, 2007; Deprá *et al.*, 2011; Garibaldi *et al.*, 2011; Garibaldi *et al.*, 2016).

Neste contexto, é fundamental entendermos como as populações de polinizadores se comportam em paisagens mais amplas, que extrapolam os limites das áreas naturais e das áreas agrícolas, e consideram uma escala de interação entre estes sistemas.

O estudo dos recursos alimentares e nicho trófico das abelhas em áreas agrícolas possibilita a avaliação do modo como esses polinizadores interagem com a flora na paisagem e pode ser feito através da análise do pólen aderido ou armazenado pelas abelhas, que constitui um testemunho da visita destes insetos às flores. Neste

contexto, estudos palinológicos são uma ferramenta importante para o entendimento das interações polinizador-planta em uma escala da paisagem.

A palinologia, definida como a ciência botânica que estuda os esporos das criptógamas e os grãos de pólen das fanerógamas, foi reconhecida no século XX e desde então vem sendo aplicada em várias áreas de estudo (Hyde & Williams, 1944; Erdtman, 1952; Barth & Melhem, 1988). O avanço nos estudos em palinologia deu-se a partir do método da acetólise dos grãos de pólen proposto por Erdtman (1960), o que permitiu uma melhor descrição da exina (camada mais externa) quanto a sua ornamentação, posição e número das aberturas. Estas características fazem com que cada espécie de planta apresente morfologia própria do grão de pólen e particularmente da exina e, com isso, é possível estudar a taxonomia vegetal através da palinotaxonomia (Erdtman, 1952). A partir de estudos com a palinotaxonomia é possível a elaboração de glossários ou catálogos polínicos (Melhen *et al.*, 2003; Punt *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2014) e com isso a identificação através dos grãos de pólen, o que pode auxiliar nos estudos sobre interação planta-polinizador e no planejamento de ações de manejo visando a conservação de recursos florais para polinizadores.

Devido à intensa degradação dos fragmentos florestais no noroeste do estado do Rio de Janeiro, o conhecimento das fontes de pólen necessárias para populações de importantes polinizadores na região, como abelhas *Bombus morio* e *Exomalopsis analis* justifica-se pela necessidade de propor medidas para a manutenção do habitat e recursos florais visando à conservação dos polinizadores nas áreas florestais e nas áreas de cultivos agrícolas na região. Diante disso, o objetivo deste estudo foi identificar e quantificar as fontes de recursos polínicos utilizadas por essas abelhas e verificar se existe relação entre a riqueza e diversidade de tipos polínicos com as métricas da paisagem.

Este estudo foi dividido em dois capítulos: o primeiro, sendo mais descritivo, tratando dos recursos utilizados por *B. morio* e *E. analis* em uma paisagem agrícola com plantios de tomateiro; e o segundo, onde foi analisada a relação entre riqueza e diversidade de tipos polínicos com as métricas da paisagem (cobertura florestal e distância do fragmento mais próximo).

CAPÍTULO 1 - Recursos utilizados por *Bombus morio* (Swederus, 1787) (Apidae, Bombini) e *Exomalopsis analis* Spinola, 1853 (Apidae, Exomalopsini) em uma paisagem agrícola

1.1- INTRODUÇÃO

A polinização por vibração, também conhecida como *buzz pollination*, acontece quando a abelha utiliza sua musculatura torácica para vibrar as anteras e liberar o pólen (Buchmann & Hurley, 1978). Apesar desse comportamento estar associado principalmente a plantas com anteras poricidas, abelhas vibradoras podem vibrar flores com anteras de deiscência longitudinal atuando na sua polinização, como acontece com espécies de Myrtaceae e Leguminosae, como *Swartzia pickelii* (Michener, 1962; Buchmann & Hurley, 1978; Buchmann, 1983; Proença, 1992; Lopes & Machado, 1996).

Dentre as abelhas que possuem capacidade vibratória estão as espécies das tribos Augochlorini, Bombini, Centridini, Exomalopsini e Xylocopini (Buchmann, 1983; Nunes-Silva *et al.*, 2010). As fêmeas pousam sobre as anteras, agarram os estames e através de contrações da musculatura torácica produzem, por meio de ressonância, uma vibração, que energiza o pólen provocando a sua expulsão das anteras. Desta maneira, os grãos atingem a região do corpo das abelhas direcionada à abertura das anteras. A partir deste local de deposição, o pólen é transferido através de movimentos das pernas anteriores e médias para as escopas ou corbículas, localizadas nas pernas posteriores (Buchmann & Hurley, 1978; Buchmann, 1983; Nunes-Silva *et al.*, 2010).

As flores do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) possuem anteras poricidas e oferecem somente pólen como recurso floral aos seus visitantes (McGregor, 1976). Apesar das flores exibirem características que permitem a autopolinização (autocompatibilidade, flores hermafroditas, ausência de hercogamia em alguns cultivares), a transferência do pólen realizada por abelhas aumenta a produtividade (em média 7%, Deprá *et al.*, 2014) e a qualidade dos frutos (20%, Macias-Macias *et al.*, 2009). A ausência de néctar nas flores é uma característica comum em flores de Solanaceae, por isso, apesar de ser uma fonte importante de pólen (Silva-Neto *et al.*, 2013), as flores do tomateiro não são suficientes para as

necessidades de recursos alimentares das abelhas. Visitantes florais do tomateiro necessitam de outros recursos, como néctar, óleos ou resinas florais retirados de outros tipos florais, para funções vitais como alimentação da prole e construção dos ninhos e de células de cria (Faegri & van Der Pijl, 1971; Rech *et al.*, 2014).

As fêmeas de espécies de *Bombus* e de *Exomalopsis* já foram constatadas como polinizadores eficientes do tomateiro (Banda & Paxton, 1991; Delaplane & Mayer, 2000; Greenleaf & Kremen, 2006; Palma *et al.*, 2008; Macias-Macias *et al.* 2009; Santos, 2013) e são os principais polinizadores desta planta na região norte do estado do Rio de Janeiro (Deprá *et al.*, 2014). O conhecimento das fontes de recursos para estas espécies de abelhas é importante para o manejo da paisagem nas áreas agrícolas, de modo a possibilitar a conservação das suas populações. Desta forma, busca-se neste trabalho utilizar as flores de *Solanum lycopersicum* como plantas alvo para a captura dessas abelhas vibradoras que trazem no seu corpo grãos de pólen que podem servir como testemunho das suas visitas a outras fontes de recursos na paisagem.

Abelhas do gênero *Bombus* (conhecidas popularmente como mamangavas-de-chão) são robustas e pilosas, com tamanho corporal relativamente grande com comprimento variando de 9 a 22 mm (Michener, 2000) (Figura 1.1A). São conhecidas aproximadamente 250 espécies distribuídas pela Ásia, Europa e Américas (Williams, 1985; Williams, 1998; Michener, 2000), sete delas no Brasil (Moure & Melo, 2012).

Bombus morio possui distribuição desde o noroeste da América do Sul até o sudeste do Brasil, Uruguai e Norte da Argentina (Moure & Melo, 2012). A ampla distribuição geográfica latitudinal, e também a atividade em horários mais cedo do dia, é facilitada pela capacidade de manter a temperatura corporal, podendo forragear em temperaturas que variam de 10 a 32°C (Heinrich, 2000).

Esta espécie, assim como outras espécies do gênero, constroi seus ninhos no solo e em cavidades preexistentes, onde formam colônias de 500 a 600 indivíduos em média (Garófalo, 1976, 1978). Seu comportamento é primitivamente eussocial, em que a rainha é responsável pela postura dos ovos e as operárias coletam o alimento, cuidam da prole e executam outras funções dentro da colônia como construção de células, limpeza e alimentação das larvas (Prys-Jones & Corbet, 1991; Heinrich, 2000; Michener, 2000). Estas abelhas apresentam raio de voo de até 10 km, são rápidas e, além disso podem transportar cargas polínicas pesadas (Heinrich, 2000; Kraus *et al.*,

2009). As abelhas da tribo Bombini são corbiculadas visto que o pólen coletado é armazenado em uma estrutura de transporte localizada na face externa da tíbia da perna posterior, ligeiramente côncava e rodeada por cerdas longas, chamada de corbícula (Thorp, 1979) (Figura 1.1B).

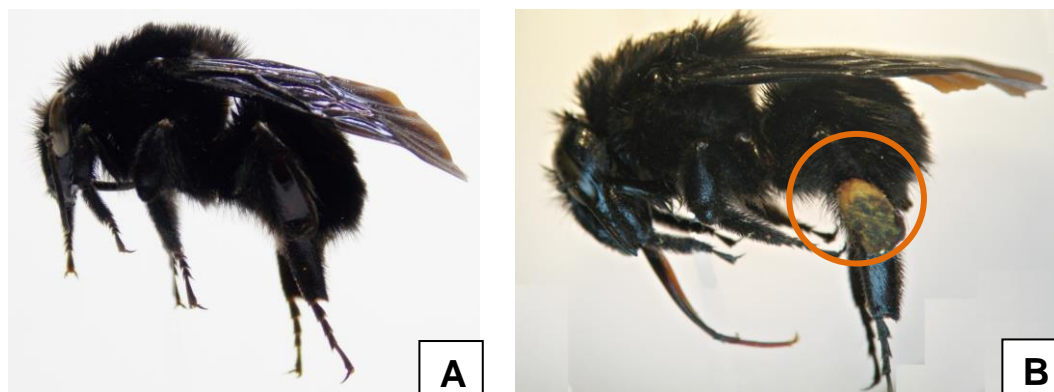


Figura 1.1– *Bombus morio* sem (A) e com carga polínica na corbícula das pernas posteriores (B).

As abelhas do gênero *Exomalopsis* possuem pequeno porte corporal podendo medir até 8 mm de comprimento (Michener, 2000) (Figura 1.2A). São conhecidas 90 espécies (Michener, 2000), com distribuição no hemisfério ocidental, sendo a maior parte encontrada na região neotropical (Velez-Ruiz & Smith-Pardo, 2013). *Exomalopsis analis* possui distribuição na América do Sul, incluindo Argentina, Paraguai, Bolívia, Peru e Brasil (Silveira, 2012).

Constroem ninhos no solo, geralmente em ambientes abertos (Zucchi, 1973; Michener, 2000). Possuem comportamento solitário de construção dos ninhos, mas várias fêmeas podem compartilhar a mesma entrada do túnel que leva ao ninho, caracterizando-a como de comportamento comunal (Zucchi, 1973; Michener, 2000). Não foram encontradas estimativas de raio de vôo para estas abelhas; porém acredita-se que possam voar de 250 a 800 m ao redor do ninho, semelhante ao estimado para outras abelhas pequenas (Gathmann & Tschardt, 2002).

Essas abelhas frequentemente coletam recursos em plantas herbáceas das famílias Solanaceae, Leguminosae e Asteraceae (Silva-Neto, 2008) e transportam os grãos de pólen na escopa da tíbia da perna posterior formada de cerdas muito ramificadas, que permitem o carregamento de grande quantidade de grãos pequenos e secos (Thorp, 1979; Michener, 2000) (Figura 1.2B).



Figura 1.2 – *Exomalopsis analis* com escopa limpa (A) e carregada de pólen (B).

O uso da palinologia é considerado de fundamental importância em estudos na área de ecologia de abelhas (Cortopassi-Laurino & Ramalho, 1988; Ramalho *et al.*, 1990). Através da análise palinológica, é possível fazer identificar qualitativa e quantitativamente as fontes de recursos para abelhas, identificar espécies de plantas preferenciais, avaliar o comportamento alimentar das abelhas, e construir redes de interações. Entretanto, a maioria dos trabalhos que utilizaram essa técnica de análises polínica foi feita principalmente com espécies sociais (Cortopassi-Laurino & Ramalho, 1988; Wilms & Wiechers, 1997; Alves *et al.*, 2006; Ramalho *et al.*, 2007; Kleinert *et al.*, 2009; Estevinho *et al.*, 2012), sendo raros os trabalhos que analisaram espécies solitárias e parassociais (Bosch *et al.*, 2009; Cortopassi-Laurino *et al.*, 2009; Dórea *et al.*, 2009; Silva, 2009; Eckhardt *et al.*, 2014), que podem ter nichos muito mais restritos no tempo e no espaço.

1.2-OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi identificar e quantificar os recursos polínicos coletados por *Bombus morio* (Swederus, 1787) e *Exomalopsis analis* Spinola, 1853 em paisagens agrícolas localizadas na região noroeste do estado do Rio de Janeiro.

1.3-HIPÓTESE

Na comparação entre as duas espécies, espera-se que *Bombus morio* transporte maior riqueza e diversidade de tipos polínicos do que *Exomalopsis analis* devido ao maior porte corporal. Esta hipótese está baseada no fato de que abelhas maiores possuem maior raio de voo e, conseqüentemente, podem buscar recursos em áreas mais distantes.

1.4-METODOLOGIA

1.4.1- Área de estudo e planta focal

O estudo foi realizado no município de São José de Ubá, noroeste do estado do Rio de Janeiro, onde a vegetação predominante era composta por Floresta Estacional Semidecidual Submontana. A área tem sido afetada por processos de fragmentação florestal que ocorreram desde os ciclos do café, arroz e da agropecuária e mais recentemente pela tomaticultura (Dan *et al.* 2010) e restam apenas 4% desta cobertura florestal, restritos a pequenos fragmentos localizados nos topos de morros (Fundação SOS Mata Atlântica, 2008, Figura 1.3). O clima é do tipo Aw tropical subúmido (segundo Köppen), com invernos secos e verões úmidos, temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual em torno de 1200 mm.

A maior parte dos fragmentos florestais da região possuem área menor do que 5ha (Nascimento *et al.* 2007). No contexto da conservação de polinizadores, este fato é preocupante pois são nessas áreas que se encontram os recursos que podem ser utilizados tanto para forrageamento quanto para local de nidificação pelas abelhas da região. Mesmo o maior e mais conservado fragmento da região, a Fazenda Prosperidade (730 ha), sofreu retirada da vegetação no passado, para plantios de café (Dan *et al.*, 2010).

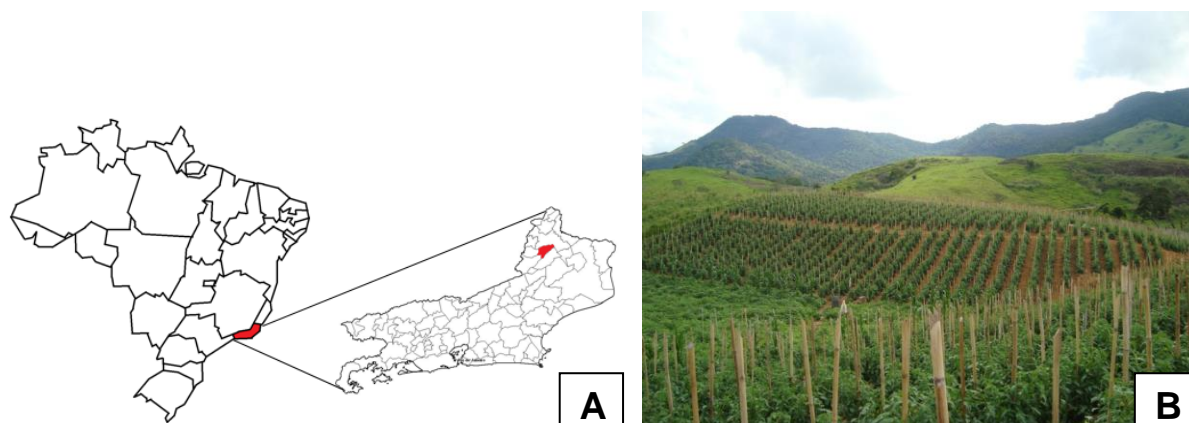


Figura 1.3 – Localização geográfica do município de São José de Ubá – RJ (A) e área de cultivo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) com fragmento florestal ao fundo. Fonte: Almeida (2015) (A) e Deprá (2012) (B).

O estudo abrangeu áreas de cultivo de tomateiro, principal atividade econômica da região, e que se destaca como um dos principais produtores de tomate do país (IBGE, 2013). O tomateiro cultivado (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) é uma espécie herbácea anual originária da região oriental da América do Sul (Peralta, 2008). Possui flores hermafroditas, pequenas (1-2 cm de diâmetro), com pétalas e anteras amarelas, simetria radial, cinco estames livres que se unem formando um cone com abertura central, funcionalmente porocida, que envolve o estigma (Minami & Haag, 1989; Deprá, 2012; Gaglianone *et al.*, 2015) (Figura 1.4). Abelhas são polinizadores eficientes do tomateiro (Free, 1993; Roubik, 1995) e para que ocorra a liberação dos grãos de pólen, as anteras necessitam ser vibradas através de um comportamento conhecido como *buzz pollination* (Buchmann & Hurley, 1978).

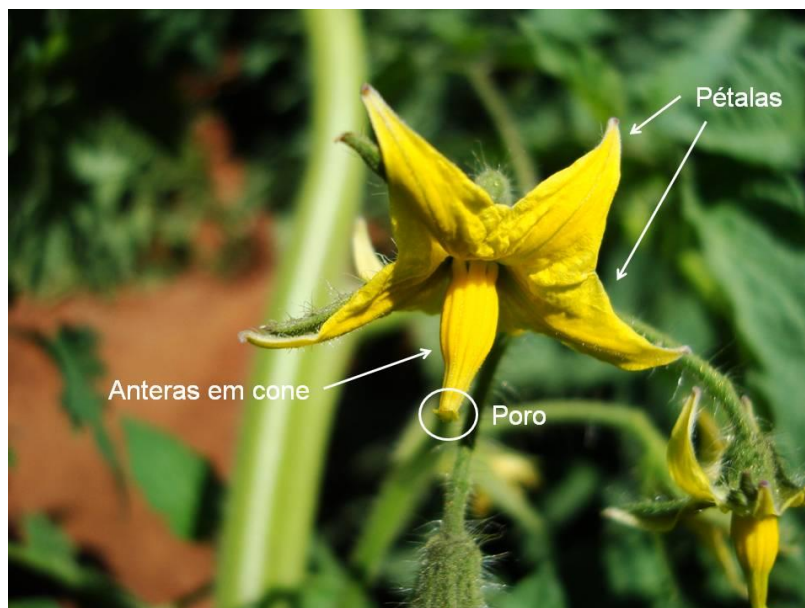


Figura 1.4 – Flor do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) em área de cultivo em São José de Ubá.

1.4.2- Delineamento amostral e obtenção das amostras

As amostras polínicas utilizadas para este estudo foram retiradas das corbículas ou escopas das abelhas coletadas por Deprá (2012) com rede entomológica sobre flores de tomateiro (*Solanum lycopersicum* variedades Dominador, Sofia e Carmem), em áreas de plantios no ano de 2011, entre maio a setembro que corresponde ao período de maior floração do tomateiro na região. Foram avaliados 12 plantios no município de São José de Ubá, próximos a fragmentos florestais de diferentes tamanhos, como alvo para as amostragens das abelhas (Figura 1.5; Tabela 1.1).

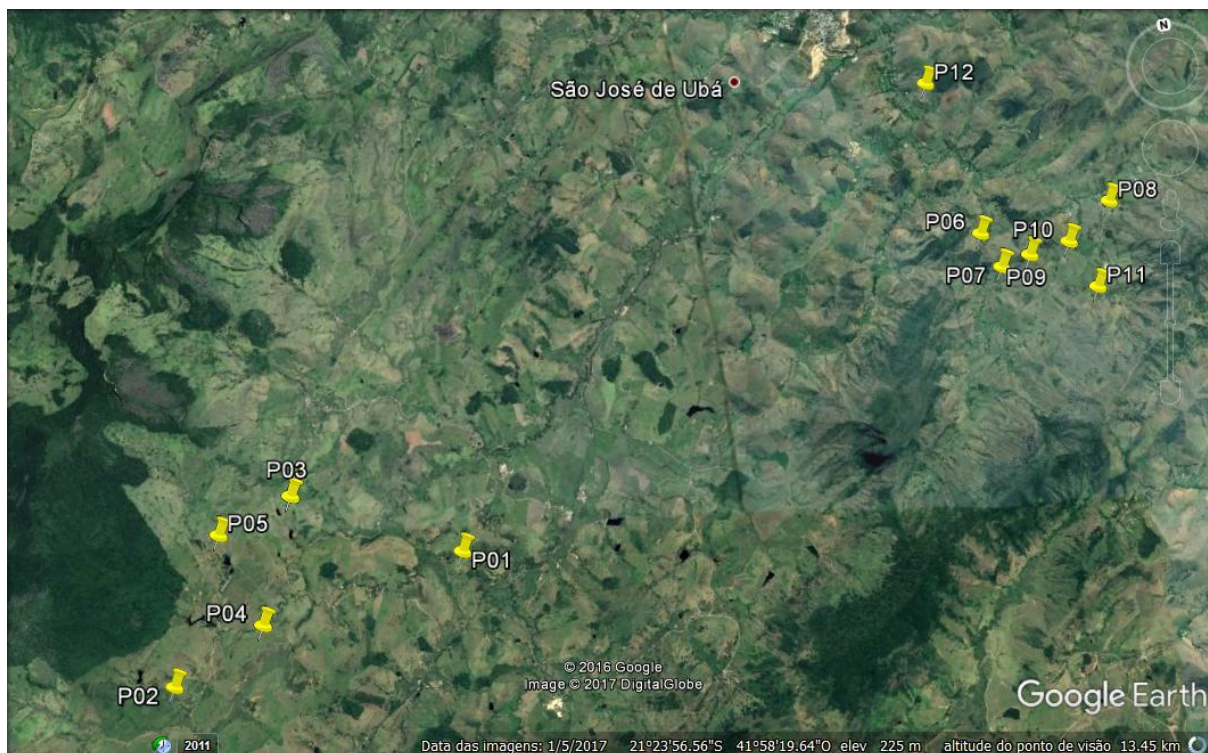


Figura 1.5 – Áreas de plantios de *Solanum lycopersicum*, tomateiro (P01 a P12), em São José de Ubá (RJ), onde as abelhas foram amostradas neste estudo.

Durante o trabalho de Deprá (2012), os indivíduos foram coletados das 8 às 14h, em três intervalos de 15 minutos a cada hora (total de 45 minutos por hora de amostragem) ao longo das fileiras dos plantios. As abelhas coletadas em cada área foram capturadas separadamente para que não houvesse a contaminação do material polínico presente no corpo de cada indivíduo por material de outros indivíduos. Todas as abelhas foram montadas em alfinetes entomológicos, identificadas, etiquetadas e depositadas na Coleção de Entomologia do Laboratório de Ciências Ambientais (UENF).

Para este estudo, foi realizada uma avaliação da presença de massa de aprovisionamento nas escopas ou corbículas das pernas posteriores das abelhas, e logo após foram selecionados oito indivíduos de cada espécie por plantio (cinco plantios para *Bombus morio* e nove plantios para *Exomalopsis analis*) para a obtenção das amostras de massa polínica para análise microscópica, totalizando 40 amostras para *Bombus morio* e 72 amostras para *Exomalopsis analis*. Os indivíduos selecionados apresentavam carga polínica na corbícula/escopa completa.

Tabela 1.1 – Localização e descrição das áreas de tomateiro avaliadas nos anos de 2010 e 2011 em São José de Ubá, RJ (modificado de Deprá, 2012)

Plantio	Localização		Espécies coletadas
P01	21°24'59,86" S	41°59'38,55"O	<i>E. analis</i>
P02	21°25'35,45"S	42°01'49,22"O	<i>B. morio</i>
P03	21°24'27,31"S	42°00'48,47"O	<i>B. morio</i>
P04	21°25'16,71"S	42°01'08,18"O	<i>B. morio</i>
P05	21°24'38,37"S	42°01'21,92"O	<i>E. analis</i>
P06	21°23'23,91"S	41°55'31,03"O	<i>E. analis</i>
P07	21°23'38,91"S	41°55'24,12"O	<i>B. morio/ E. analis</i>
P08	21°23'18,38"S	41°54'31,10"O	<i>B. morio/ E. analis</i>
P09	21°23'35,89"S	41°55'11,59"O	<i>E. analis</i>
P10	21°23'32,58"S	41°54'52,29"O	<i>E. analis</i>
P11	21°23'53,05"S	41°54'43,68"O	<i>E. analis</i>
P12	21°22'17,37"S	41°55'42,71"O	<i>E. analis</i>

1.4.3- Coleta de material botânico e confecção das lâminas de referência

No mesmo período da coleta das abelhas realizada por Deprá (2012), também foram realizadas amostragens das plantas em florescimento no entorno dos plantios e nos fragmentos florestais mais próximos dos plantios. Esse material foi montado em exsicatas, identificado e depositado no Herbário HUENF; amostras de flores em pré-antese foram fixadas em FAA.

A partir das exsicatas e das amostras em meio líquido, durante este estudo foram confeccionadas lâminas de referência de pólen, para comparação com o material retirado das corbículas e escopas das abelhas. Para isso, o pólen foi retirado das anteras das flores em pré-antese, acondicionado em tubos de 15 ml com 2 ml de ácido acético glacial e posteriormente submetido ao processo de acetólise (Erdtman, 1960).

O protocolo utilizado está descrito a seguir: o material nos tubos era submetido à centrifugação (1500 rpm por 15 min), logo após retirado o sobrenadante e acrescentado 5 ml da mistura acetolítica (9 partes de anidrido acético para 1 parte de ácido sulfúrico). Era colocado um bastonete de vidro em cada tubo e levado ao banho-maria (80°C por 3 min). Após início da fervura, os bastonetes eram agitados para

tentar desintegrar os tecidos que compõem o material. Em seguida, o material era centrifugado (3000 rpm por 3 min) e novamente retirado o sobrenadante. Após essa etapa, eram acrescentados 10 ml de água destilada, o tubo agitado até formar espuma e depois acrescentadas 1 a 2 gotas de álcool 70%. Novamente o material era centrifugado (3000 rpm por 3 min), o sobrenadante retirado e acrescentados 2 ml de uma mistura de 1:1 de água e glicerina (deixando por 30 min ou até o dia seguinte). As etapas deste processo eliminam a intina, o citoplasma e outras substâncias que estão aderidas ao grão, isolando a exina para a análise detalhada.

Após a acetólise, o material foi montado em lâminas com gelatina preparada utilizando o método de Kisser (Kearns & Inouye, 1993). Os tipos polínicos foram fotografados com auxílio de um microscópio óptico e a partir das fotografias foram realizadas as comparações com o material retirado das abelhas.

1.4.4- Análise polínica

As amostras das cargas polínicas das abelhas, depois de passar pela acetólise, foram preparadas em triplicata para cada abelha, totalizando 336 lâminas. Foram contados 400 grãos de pólen por lâmina, totalizando 1200 grãos de pólen por abelha. Os diferentes tipos polínicos foram fotografados sob microscópio óptico. Em uma análise qualitativa, os tipos polínicos foram identificados a partir da comparação com o laminário de referência confeccionado com material botânico do local de estudo. Na análise quantitativa foi avaliado o número de grãos de cada tipo polínico existente. As abundâncias total e relativa dos tipos polínicos foram calculadas e utilizadas nas análises comparativas. As frequências relativas dos tipos polínicos nas amostras foram classificadas nas categorias propostas por Barth (1970 a,b,c; 1989).

1.4.5- Análise de dados

Após a identificação dos tipos polínicos, foram procedidas análises utilizando-se ferramentas da ecologia de comunidades, considerando-se tipos polínicos como unidades biológicas. Neste sentido, foram calculados os seguintes parâmetros ecológicos: riqueza (número de tipos polínicos encontrados nas amostras), frequência relativa (porcentagem de grãos de cada tipo em relação ao total de 1200 grãos por

amostra), e índices de diversidade, equitabilidade e similaridade entre as áreas de plantio.

A diversidade de tipos polínicos em cada área foi calculada a partir do índice de Shannon-Wiener ($H = -\sum p_i \log p_i$, onde p_i = proporção de grãos de pólen do tipo i e \ln = logaritmo neperiano) (Magurran, 2004). Para o cálculo da diversidade foi utilizado o programa PAST versão 1.91 (Hammer *et al.*, 2001).

A equitabilidade ($e = H'/\log S$, onde H' = índice de Shannon e S = riqueza de tipos polínicos), derivada do índice de Shannon, permite representar a uniformidade da distribuição dos grãos de pólen em abelhas coletadas nos diferentes plantios (amplitude de 0 a 1) (Pielou, 1966).

A similaridade na utilização das fontes de recursos florais entre as áreas de cultivo foi calculada através de: $PS_{ij} = \sum \min(p_{ih}, p_{jh})$, onde PS = somatório dos menores valores de abundância relativa dos tipos polínicos comuns às duas áreas comparadas (Krebs, 1989).

A rede de interações qualitativa foi construída a partir de uma matriz de adjacência com dados de presença (1) e ausência (0) dos tipos polínicos encontrados nas corbículas/escopas das espécies estudadas. As redes foram geradas no programa Pajek (Program for Large Network Analysis – Batagelj & Mrvar, 1998), considerando as abelhas capturadas em um mesmo fragmento e suas associações com as plantas naquele fragmento. As métricas das redes foram calculadas no programa R, pelo pacote bipartite (R Core Team, 2016).

Curvas de rarefação foram aplicadas para comparar a riqueza de tipos polínicos obtida por indivíduo coletado de cada espécie, através de 1000 aleatorizações dos dados amostrados. Essas curvas foram calculadas com auxílio do programa Past versão 2.14 e o gráfico construído no Excel.

A sobreposição do nicho trófico entre as espécies foi calculada utilizando o índice de Pianka no algoritmo Rosario. O valor do índice varia de 0 a 1, sendo 0 o valor correspondente a nenhuma sobreposição e 1 máxima sobreposição. Para esta análise foi utilizada uma matriz com a frequência dos tipos polínicos (colunas) coletados por cada espécie (linhas). A matriz foi analisada no programa TimeOverlap (Castro-Arellano *et al.*, 2010).

1.5-RESULTADOS

1.5.1- Material botânico de referência

Foram coletadas 155 plantas que estavam no período de florescimento no entorno dos plantios. A partir desse material foram identificados 117 tipos polínicos pertencentes a pelo menos 33 famílias botânicas (Tabela 1.2; Apêndice I). As famílias com maior riqueza de tipos polínicos foram Fabaceae (18), Solanaceae (16), Convolvulaceae (12) e Malvaceae (12). O gênero com maior representatividade foi *Solanum*, com 10 tipos polínicos.

Tabela 1.2 - Tipos polínicos identificados em plantas de referência coletadas em uma paisagem agrícola em São José de Ubá, RJ (fotografias correspondentes estão apresentadas no Apêndice I)

Família/Tipo polínico		
Acanthaceae	Fabaceae	84. <i>Bougainvillea</i>
1. <i>Teliostachya</i>	40. <i>Chamaecrista ensiformis</i> (Vell.)	Onagraceae
Amaranthaceae	41. <i>Paubrasilia echinata</i> Lam.	85. <i>Ludwigia</i>
2. <i>Amaranthus</i> – Tipo 1	42. <i>Senna macranthera</i> (Collad.) Irwin et Barneby	Passifloraceae
3. <i>Amaranthus</i> – Tipo 2	43. <i>Bauhinia</i>	86. Passifloraceae – Tipo 1
4. <i>Gomphrena</i>	44. <i>Caesalpinia</i>	Rubiaceae
Amaryllidaceae	45. <i>Cajanus</i>	87. <i>Borreria</i>
5. Amaryllidaceae – Tipo 1	46. <i>Desmodium</i> – Tipo 1	88. <i>Diodella</i>
Anacardiaceae	47. <i>Desmodium</i> – Tipo 2	89. <i>Faramea</i>
6. Anacardiaceae – Tipo 1	48. <i>Galactia</i>	90. <i>Manettia</i>
7. Anacardiaceae – Tipo 2	49. <i>Inga</i>	91. <i>Psychotria</i>
Apocynaceae	50. <i>Senna</i>	Rutaceae
8. Apocynaceae – Tipo 1	51. <i>Stylosanthes</i>	92. <i>Citrus</i>
Arecaceae	52. Fabaceae – Tipo 1	Sapindaceae
9. Arecaceae – Tipo 1	53. Fabaceae – Tipo 2	93. <i>Cupania</i>
Asteraceae	54. Fabaceae – Tipo 3	94. <i>Serjania</i>
10. <i>Ambrosia</i>	55. Fabaceae – Tipo 4	Sapotaceae
11. <i>Elephantopus</i>	56. Fabaceae – Tipo 5	95. Sapotaceae – Tipo 1
12. <i>Lepidaploa</i>	57. Fabaceae – Tipo 6	Solanaceae
13. <i>Mikania</i> – Tipo 1	Gentianaceae	96. <i>Solanum lycopersicum</i> L.
14. <i>Mikania</i> – Tipo 2	58. Gentianaceae – Tipo 1	97. <i>Brunfelsia</i>
15. <i>Mikania</i> – Tipo 3	Gesneriaceae	98. <i>Cestrum</i> – Tipo 1
16. Tribo Eupatorieae – Tipo 1	59. <i>Sinningia</i>	99. <i>Cestrum</i> – Tipo 2
17. Tribo Heliantheae – Tipo 1	Lamiaceae	100. <i>Datura</i>
18. Tribo Vernonieae – Tipo 1	60. <i>Hyptis</i> – Tipo 1	101. <i>Solanum</i> – Tipo 1
19. Tribo Vernonieae – Tipo 2	61. <i>Hyptis</i> – Tipo 2	102. <i>Solanum</i> – Tipo 2
20. Asteraceae – Tipo 1	62. <i>Hyptis</i> – Tipo 3	103. <i>Solanum</i> – Tipo 3
Bigoniaceae	Malpighiaceae	104. <i>Solanum</i> – Tipo 4
21. <i>Tabebuia</i>	63. <i>Byrsonima</i> – Tipo 1	105. <i>Solanum</i> – Tipo 5
Boraginaceae	64. <i>Byrsonima</i> – Tipo 2	106. <i>Solanum</i> – Tipo 6
22. <i>Cordia</i>	65. <i>Byrsonima</i> – Tipo 3	107. <i>Solanum</i> – Tipo 7
Bromeliaceae	66. <i>Byrsonima</i> – Tipo 4	108. <i>Solanum</i> – Tipo 8
23. Bromeliaceae – Tipo 1	67. Malpighiaceae – Tipo 1	109. <i>Solanum</i> – Tipo 9
Cactaceae	68. Malpighiaceae – Tipo 2	110. Solanaceae – Tipo 1
24. Cactaceae – Tipo 1	69. Malpighiaceae – Tipo 3	111. Solanaceae – Tipo 2
Convolvulaceae	Malvaceae	Verbenaceae
25. <i>Ipomoea</i> – Tipo 1	70. <i>Pavonia</i> – Tipo 1	112. <i>Lantana</i>
26. <i>Ipomoea</i> – Tipo 2	71. <i>Pavonia</i> – Tipo 2	113. <i>Lippia</i>
27. <i>Ipomoea</i> – Tipo 3	72. <i>Pavonia</i> – Tipo 3	114. Verbenaceae – Tipo 1
28. <i>Ipomoea</i> – Tipo 4	73. <i>Pavonia</i> – Tipo 4	Vitaceae
29. <i>Ipomoea</i> – Tipo 5	74. <i>Pavonia</i> – Tipo 5	115. Vitaceae – Tipo 1
30. <i>Ipomoea</i> – Tipo 6	75. <i>Sida</i> – Tipo 1	Vochysiaceae
31. <i>Jacquemontia</i>	76. <i>Sida</i> – Tipo 2	116. <i>Vochysia</i> – Tipo 1
32. <i>Merremia</i> – Tipo 1	77. Malvaceae – Tipo 1	117. <i>Vochysia</i> – Tipo 2
33. <i>Merremia</i> – Tipo 2	78. Malvaceae – Tipo 2	Não identificado
34. <i>Merremia</i> – Tipo 3	79. Malvaceae – Tipo 3	118 a 155. Tipo 01 a Tipo 38
35. Convolvulaceae – Tipo 1	80. Malvaceae – Tipo 4	
36. Convolvulaceae – Tipo 2	81. Malvaceae – Tipo 5	
Cucurbitaceae	Melastomataceae	
37. <i>Cayaponia</i> – Tipo 1	82. Melastomataceae – Tipo 1	
38. <i>Cayaponia</i> – Tipo 2	Myrtaceae	
Euphorbiaceae	83. Myrtaceae – Tipo 1	
39. <i>Croton</i>	Nyctaginaceae	

1.5.2- Material polínico transportado pelas abelhas

- ***Bombus morio***

Os quarenta indivíduos de *Bombus morio* coletaram 188 tipos polínicos, pertencentes a pelo menos 32 famílias de plantas (43 tipos não identificados). As

famílias com maior riqueza de tipos polínicos foram Solanaceae com 23 tipos polínicos, Fabaceae (13), Asteraceae (11), Lamiaceae (9) e Rubiaceae (9) e as com maior abundância relativa nas amostras foram Solanaceae (89,1%), Fabaceae (8,4%) e Malpighiaceae (0,6%).

Dentre os tipos polínicos coletados por *Bombus morio*, 52 foram associados com o laminário de referência (Apêndice II). Nas amostras, foram encontradas cinco famílias que não estavam presentes no laminário de referência, são elas: Araceae (1 tipo), Burseraceae (1), Loranthaceae (2), Piperaceae (7) e Polygalaceae (1).

O tipo polínico mais abundante nas amostras foi *Solanum lycopersicum* (88,1% dos grãos nas amostras), seguido de Fabaceae Tipo 4, Fabaceae Tipo 1, *Byrsonima* Tipo 2 (Malpighiaceae) e *Solanum* Tipo 4 (Solanaceae) (respectivamente 6,5%, 1,5%, 0,6% e 0,5% dos grãos nas amostras) (Tabela 1.3; Figura 1.6). O plantio com maior riqueza de tipos polínicos foi o P7 (30), sendo que o plantio com maior diversidade foi P8 (Tabela 1.4). A similaridade na composição de plantas usadas por *Bombus morio* entre os plantios foi alta, variando de 70 a 98%.

Tabela 1.3 – Tipos polínicos mais abundantes encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de *Bombus morio* coletados em plantios de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ (FO= calculada relativa aos indivíduos)

Tipo polínico	Táxon	Abundância Total	Abundância Relativa Total (%)	Varição da AR (%)	Frequência de ocorrência (%)
B01	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	42327	88,18	2,2 - 100	100
B39	Fabaceae	3123	6,50	0,08 - 97,7	60
B24	Fabaceae	763	1,58	0,1 – 62,6	10
B46	<i>Byrsonima</i>	294	0,61	0,08 – 24,4	5
B81	<i>Solanum</i>	284	0,59	0,8 – 22,8	5

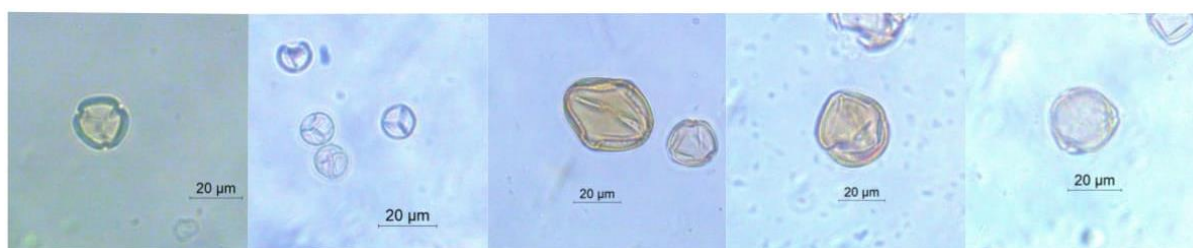


Figura 1.6 – Tipos polínicos mais abundantes encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de *Bombus morio* coletados em plantios de tomate localizados no município de São José de Ubá, RJ (B01, B39, B24, B46 e B81, respectivamente).

Tabela 1.4 – Riqueza e diversidade de tipos polínicos encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de *Bombus morio* por plantio de tomateiro localizados no município São José de Ubá, RJ

Plantio	Riqueza	Diversidade	Equitabilidade
P7	30	0,4264	0,1254
P8	26	1,08	0,3316
P2	20	0,5249	0,1752
P4	16	0,1492	0,0538
P3	15	0,1145	0,0422

A curva de rarefação apresentou estabilização da riqueza de tipos polínicos para a abundância de indivíduos de *B. morio* amostrados, indicando que amostragem foi suficiente (Figura 1.7).

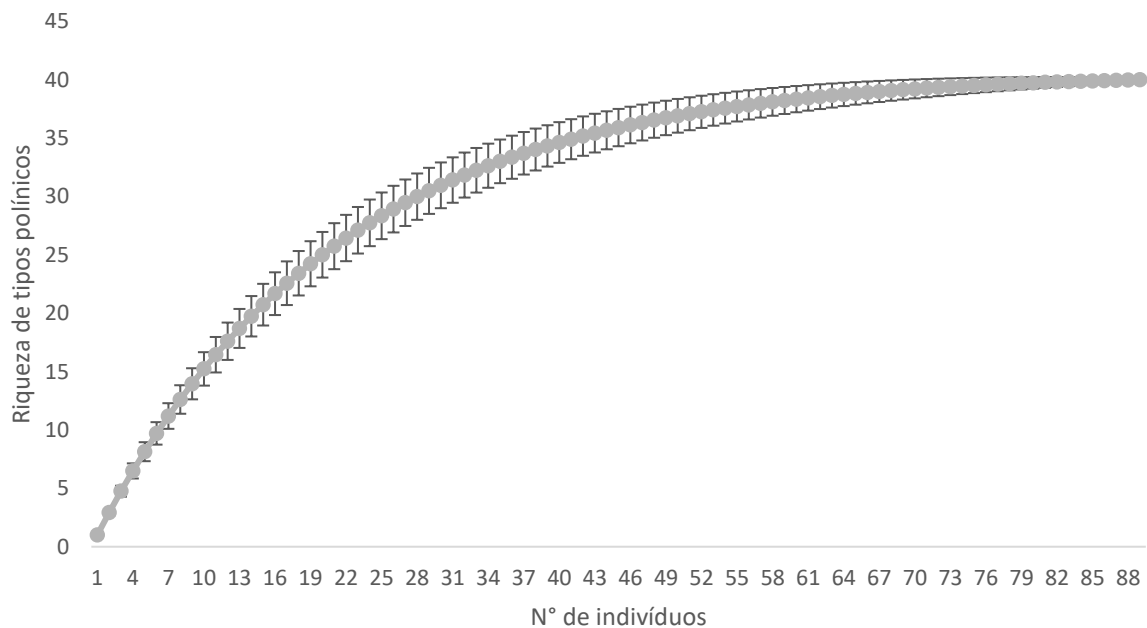


Figura 1.7 – Curva de rarefação da riqueza de tipos polínicos (com intervalo de confiança a 95%) para cada indivíduo de *Bombus morio* coletados nos plantios em São José de Ubá, RJ.

A rede de interações qualitativa, obtida a partir da identificação dos tipos polínicos encontrados nas corbículas das fêmeas de *B. morio* coletados em diferentes plantios está representada na figura 1.8. A rede apresentou 5 (plantios) e 78 (tipos polínicos) vértices, com um número médio de ligações por plantio de 1,28 e conectância de 0,27.

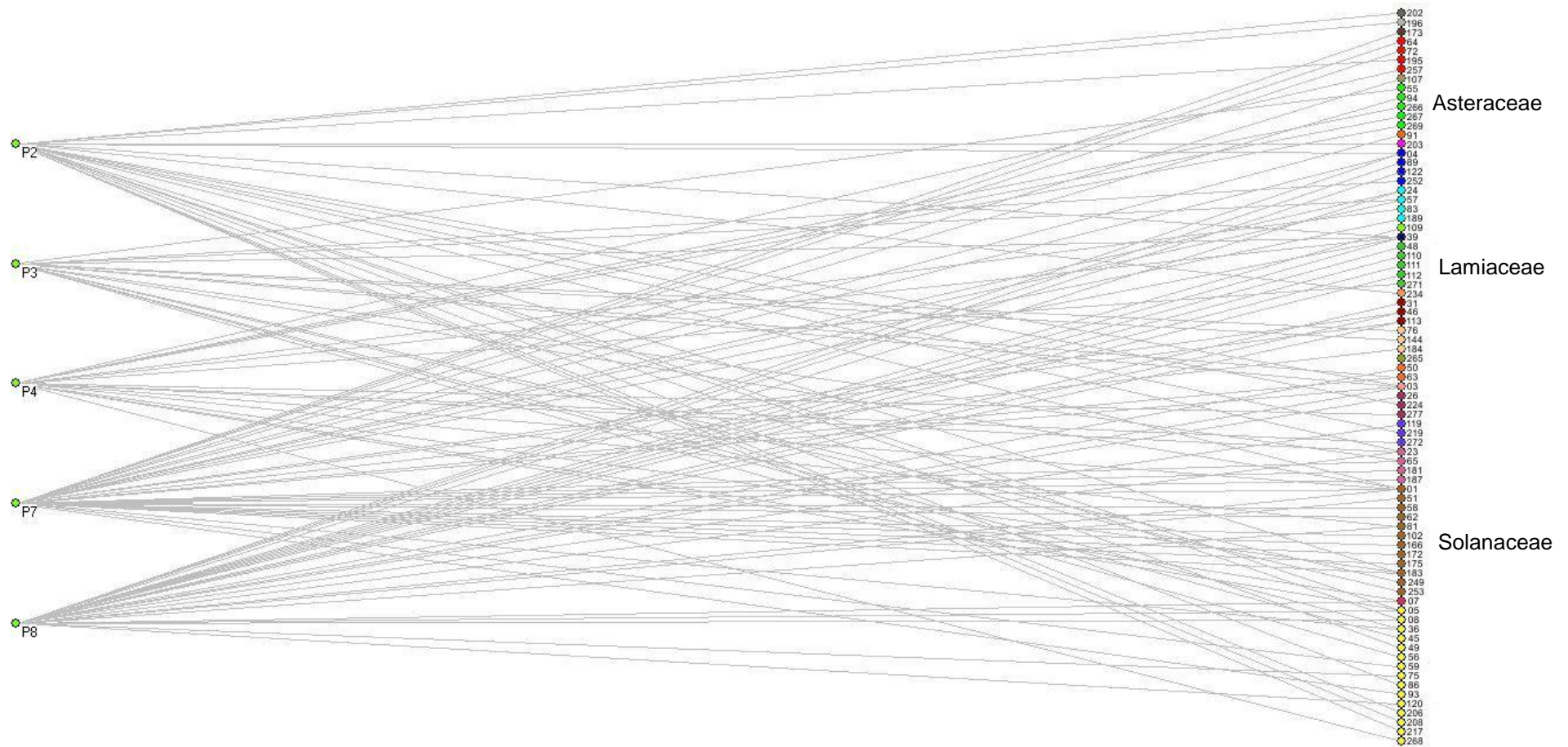


Figura 1.8 – Rede qualitativa de interações entre fêmeas de *Bombus morio* capturadas em plantios de tomateiro (P2, P3, P4, P7 e P8, descritos na tabela 1.1) e os tipos polínicos encontrados nas corbículas. Tipos polínicos representados com círculos de mesma cor pertencem à mesma família botânica. Tipos polínicos em amarelo não foram identificados.

- ***Exomalopsis analis***

A partir da análise dos 72 indivíduos de *Exomalopsis analis*, foram encontrados 189 tipos polínicos pertencentes a 28 famílias de plantas (45 tipos não foram identificados). As famílias com maior riqueza foram Asteraceae com 36 tipos polínicos e Lamiaceae com 25 tipos e as com maior abundância relativa nas amostras foram Solanaceae (86,73%), Lamiaceae (7,83%) e Acanthaceae (1,36%).

Dentre os tipos polínicos coletados por *Exomalopsis analis*, 54 foram associados com o laminário de referência (Apêndice III). Nas amostras, foram encontradas cinco famílias que não estavam presentes no laminário, são elas: Apiaceae, Celastraceae, Cyperaceae, Lauraceae e Rosaceae, todas com apenas um tipo polínico amostrado.

O tipo polínico mais abundante nas amostras foi *Solanum lycopersicum* (83,5% dos grãos nas amostras), seguido de *Hyptis* Tipo 1 (Lamiaceae), *Solanum* Tipo 1 (Solanaceae), Não identificado Tipo 8 e Acanthaceae Tipo 1 (respectivamente 5,6%, 3,1%, 1,6% e 1,3% dos grãos nas amostras) (Tabela 1.5; Figura 1.9). O plantio com maior riqueza de tipos polínicos foi o P5, sendo que o plantio com maior diversidade foi P9 (Tabela 1.6). A similaridade na composição de plantas usadas por *Exomalopsis analis* entre os plantios foi alta, variando 78 a 95%.

Tabela 1.5 – Tipos polínicos mais abundantes encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de *Exomalopsis analis* coletados em plantios de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ (FO = calculada relativa aos indivíduos)

Tipo polínico	Táxon	Abundância Total	Abundância Relativa Total (%)	Varição da AR (%)	Frequência de ocorrência (%)
E01	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	72218	83,58	34,7 – 99,2	100
E03	<i>Hyptis</i>	4924	5,69	0,08 – 44,4	36,1
E09	<i>Solanum</i>	2715	3,14	0,1 – 28,9	72,2
E32	Não identificado	1452	1,68	0,08 – 10,2	65,2
E07	Acanthaceae	1130	1,30	0,08 – 32,1	13,8



Figura 1.9 – Tipos polínicos mais abundantes encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de *Exomalopsis analis* coletados em plantios de tomate localizados no município de São José de Ubá, RJ (E01, E03, E09, E32 e E07, respectivamente).

Tabela 1.6 – Riqueza e diversidade de tipos polínicos encontrados nas amostras provenientes de *Exomalopsis analis* por plantio de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ

Plantio	Riqueza	Diversidade	Equitabilidade
P5	33	0,6531	0,1868
P6	26	0,7118	0,2185
P10	24	0,5285	0,1663
P9	22	1,08	0,3493
P11	22	0,5307	0,1717
P8	16	0,8492	0,3063
P12	16	0,4601	0,1659
P1	13	0,8385	0,3269
P7	11	0,7572	0,3158

A curva de rarefação apresentou estabilização da riqueza de tipos polínicos para a quantidade de indivíduos de *E. analis* amostrados, indicando que amostragem foi suficiente (Figura 1.10).

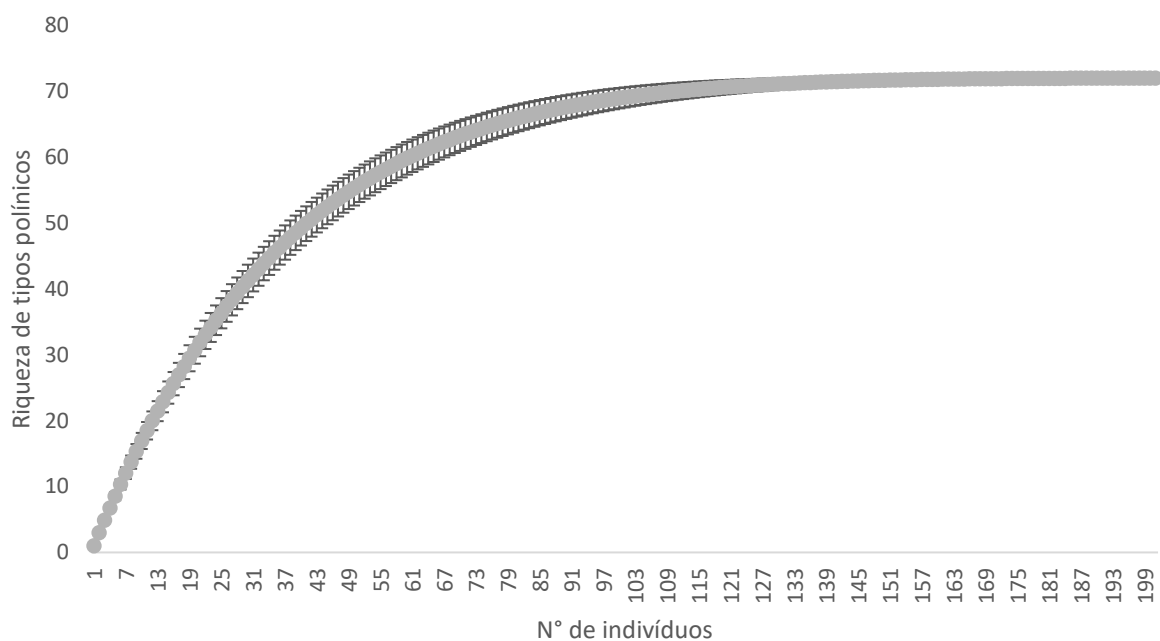


Figura 1.10 – Curva de rarefação da riqueza de tipos polínicos (com intervalo de confiança a 95%) para cada indivíduo de *Exomalopsis analis* coletado nos plantios em São José de Ubá, RJ.

A rede de interações qualitativa, obtida a partir da identificação dos tipos polínicos encontrados nas escolas dos indivíduos de *E. analis* coletados em diferentes plantios, está representada na figura 1.11. A rede apresentou 9 (plantios) e 119 (tipos polínicos) vértices, com um número médio de ligações por plantio de 1,42 e conectância de 0,17.

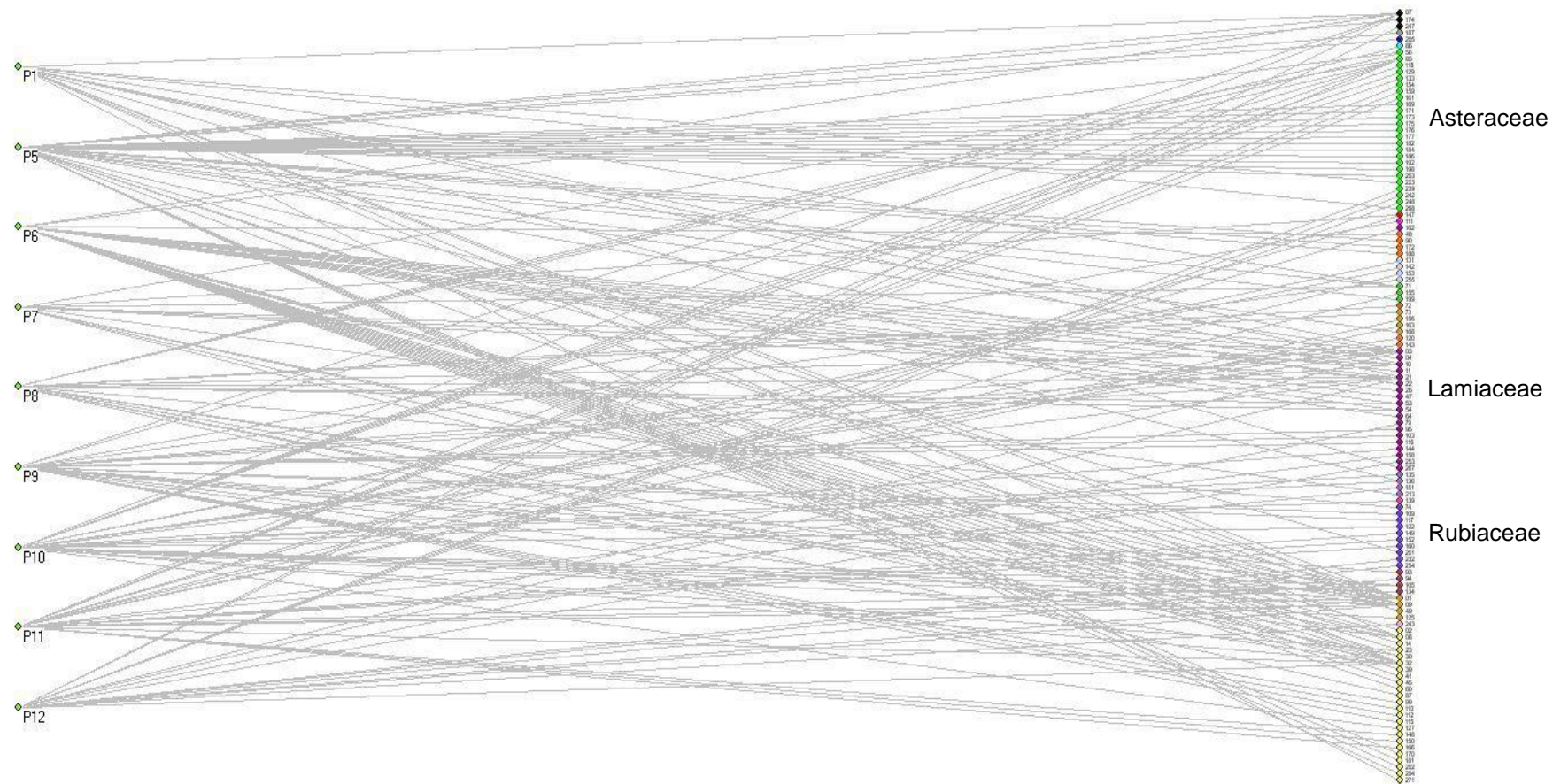


Figura 1.11 – Rede qualitativa de interações entre fêmeas de *Exomalopsis analis* capturadas em plantios de tomateiro (P1, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11 e P12, descritos na tabela 1) e os tipos polínicos encontrados nas escovas. Tipos polínicos representados com círculos de mesma cor pertencem à mesma família botânica. Tipos polínicos em amarelo não foram identificados.

1.5.3 – Comparação entre *Bombus morio* e *Exomalopsis analis*

Fêmeas de *E. analis* utilizaram maior quantidade de tipos polínicos (n=119) do que *B. morio* (n=78) e também tiveram uma maior densidade de ligações na rede. Já a conectância, que é a proporção de interações estabelecidas na rede em relação ao número de interações que seriam possíveis, foi maior na rede para *B. morio* (Tabela 1.7).

Tabela 1.7 – Métricas das redes qualitativas para *B. morio* e *E. analis*: número de vértices, número médio de ligações por plantio, número de compartimentos e conectância

	Nº de vértices	Densidade de ligações	Nº de compartimentos	Conectância
<i>B. morio</i>	Plantios: 5 Tipos polínicos: 78	12,42	1	0,27
<i>E. analis</i>	Plantios: 9 Tipos polínicos: 119	12,88	1	0,17

A sobreposição de nicho trófico de acordo com o índice de Pianka variou de 0,99 a $2 \cdot 10^{-6}$ (Pianka) quando analisados todos plantios incluindo e excluindo o tipo polínico do tomateiro, respectivamente. Já quando foram analisados somente os plantios P7 e P8, que foram os plantios comuns entre as duas espécies de abelhas, esses valores variaram de 0,97 (Pianka) a 0 (Pianka) (Tabela 1.8).

Tabela 1.8 – Índice de sobreposição de nicho trófico (Pianka) baseado nas abundâncias relativas dos tipos polínicos coletados por *B. morio* e *E. analis* nos plantios localizados em São José de Ubá, RJ, considerando todos os plantios analisados e somente os plantios onde as duas espécies ocorreram

	Todos os tipos polínicos	Exceto tipo polínico do tomateiro
Todos os plantios	0,993	$2 \cdot 10^{-6}$
P7 e P8	0,979	0

Na tabela 1.9 estão listados a frequência dos tipos polínicos coletadas por *B. morio* e *E. analis* em cada plantio, divididos nas categorias propostas por Barth (1970 a,b,c; 1989). Nas amostras de *B. morio*, no P2 dois tipos polínicos foram classificados como dominante (>45%). O tomate foi pólen dominante nas amostras de 7 indivíduos neste plantio, em 1 indivíduo ele foi classificado como pólen acessório (16 a 45%), além disso o tipo B39 (Fabaceae Tipo 4) também foi classificado como pólen dominante. No P8, 3 tipos polínicos foram classificados como dominante nas amostras. O tomate foi pólen dominante nas amostras de 6 indivíduos, em 1 indivíduo ele foi classificado como pólen isolado importante (3 a 15%) e em 1 indivíduo classificado como pólen isolado ocasional (<3%). O B39 e o B24 (Fabaceae Tipo 4 e Tipo 1, respectivamente) também foram dominantes. Já nas amostras de *E. analis*, o tomate foi o único pólen dominante em todos os plantios. No P8 o tomate foi pólen dominante nas amostras de 7 indivíduos, em 1 indivíduo ele foi classificado como pólen acessório.

Tabela 1.9 – Frequência dos tipos polínicos nas categorias propostas por Barth (1970 a,b,c; 1989) entre as áreas de plantios de tomateiro localizadas no município de São José de Ubá, RJ

	Dominante >45%	Acessório 16 a 45%	Isolado Importante 3 a 15%	Isolado ocasional <3%
<i>B. morio</i>	P2 = 2 tipos	P2 = 2 tipos	P2 = 1 tipo	P2 = 19 tipos
	P3 = 1 tipo	P3 = 0	P3 = 1 tipo	P3 = 14 tipos
	P4 = 1 tipo	P4 = 0	P4 = 1 tipo	P4 = 14 tipos
	P7 = 1 tipo	P7 = 0	P7 = 7 tipos	P7 = 22 tipos
	P8 = 3 tipos	P8 = 2 tipos	P8 = 4 tipos	P8 = 21 tipos
<i>E. analis</i>	P1 = 1 tipo	P1 = 1 tipo	P1 = 6 tipos	P1 = 10 tipos
	P5 = 1 tipo	P5 = 1 tipo	P5 = 5 tipos	P5 = 29 tipos
	P6 = 1 tipo	P6 = 3 tipos	P6 = 3 tipos	P6 = 21 tipos
	P7 = 1 tipo	P7 = 1 tipo	P7 = 5 tipos	P7 = 9 tipos
	P8 = 1 tipo	P8 = 3 tipos	P8 = 6 tipos	P8 = 13 tipos
	P9 = 1 tipo	P9 = 3 tipos	P9 = 7 tipos	P9 = 15 tipos
	P10 = 1 tipo	P10 = 0	P10 = 4 tipos	P10 = 21 tipos
	P11 = 1 tipo	P11 = 2 tipos	P11 = 3 tipos	P11 = 21 tipos
P12 = 1 tipo	P12 = 1 tipo	P12 = 4 tipos	P12 = 14 tipos	

1.6-DISCUSSÃO

Bombus morio e *Exomalopsis analis* utilizaram uma ampla gama de fontes polínicas, indicando caráter generalista no uso de recursos alimentares. Esse comportamento tem consequências positivas para a polinização em áreas agrícolas pois a mesma espécie pode visitar diferentes espécies vegetais ao longo do ano e do dia. Embora este comportamento possa levar à transferência interespecífica de pólen, a constância floral observada garante visitas sequenciais à mesma espécie vegetal, o que resulta em cargas polínicas com alta predominância de poucos tipos polínicos, como observado neste estudo.

O comportamento polilético de espécies dos gêneros *Bombus* e *Exomalopsis* foi descrito em alguns estudos, que relataram a visitação de ambas a uma grande variedade de fontes (Timberlake, 1947; Michener, 1954; Rozen & Macneill, 1957; Cortopassi-Laurino *et al.*, 2003; Cascaes, 2008; Nunes-Silva *et al.*, 2010; Rosa, 2011; Mouga *et al.*, 2012). Embora esse comportamento generalista já tenha sido descrito anteriormente por outros autores, o presente estudo utiliza a metodologia de análise polínica, diferente destes que realizaram coletas das abelhas em flores. A análise polínica possibilita a identificação das espécies vegetais que as abelhas visitaram durante o forrageio, não somente a espécie do determinado momento da coleta. Diferentemente do indicado por outros autores, entretanto, o presente estudo mostra que, mesmo em períodos de grande intensidade de floração da planta alvo, as abelhas coletam outras fontes de pólen, como espécies de Fabaceae e outras Solanaceae. A dominância do pólen do tomateiro nas amostras era esperada já que as abelhas foram capturadas sobre suas flores durante o pico de floração desta espécie. Os indivíduos em uma viagem para forrageio mostraram preferência por esta espécie, utilizada como recurso principal, o que torna o forrageio mais eficiente (Heinrich, 1976). Para a polinização, esse comportamento de constância floral (Grant, 1950; Free, 1970) é favorável pois beneficia a polinização cruzada entre as plantas e evita a perda de pólen durante voos interespecíficos (Chittka *et al.*, 1999; Gegear & Thomson, 2004).

Entretanto, a análise dos recursos de *Bombus morio* e *Exomalopsis analis* desconsiderando o pólen do tomateiro revelou alta diversidade de tipos polínicos usados como recursos secundários de pólen no período de floração da planta alvo. A capacidade de explorar fontes secundárias de recursos permite que as abelhas mudem para a outra fonte no momento em que a planta que estava sendo utilizada

preferencialmente diminuir a oferta de recursos (Heinrich, 1976). Essa capacidade de mudança das fontes de coleta de recursos possibilita às abelhas se adaptar aos recursos disponíveis, visto que a duração e intensidade de floração resulta no caráter dinâmico da disponibilidade de pólen e néctar na paisagem (Goulson, 2003; Heinrich, 2004).

A composição de tipos polínicos das amostras de *Bombus morio*, em sua maioria espécies vegetais de hábito arbustivo ou arbóreo, indica que estas abelhas buscaram recursos em locais mais distantes dos plantios, supostamente nos fragmentos florestais. Além de buscar fontes de néctar, visto que a flor do tomateiro oferece somente pólen como recurso floral, *B. morio* coleta pólen em outras fontes longe das áreas de cultivo, fato possibilitado pelo grande tamanho corporal e alta capacidade de vôo (até 10 km) (Free, 1955; Allen *et al.*, 1978; Michener, 1974; Heinrich, 2000; Kraus *et al.*, 2009). Além dos recursos alimentares, estas abelhas provavelmente buscam as florestas para recursos e locais de nidificação. O comportamento de nidificação no solo é dificultado pelas frequentes intervenções em área agrícola, sendo os fragmentos florestais locais mais propícios à nidificação de espécies com ciclo longo de formação de ninhos como é o caso de *Bombus morio* (Garófalo, 1976).

Em um estudo sobre o nicho trófico de *B. morio*, Cortopassi-Laurino *et al.* (2003) observaram que esta abelha coleta recursos em uma variedade de espécies vegetais de diferentes famílias em diferentes biomas brasileiros como: cerrado, campos, áreas de vegetação secundária, área agrícola, florestas e também em área urbana confirmando sua importância ecológica nas áreas naturais. A plasticidade no forrageio, aliada ao porte corporal, atividade ao longo do ano e ocorrência tanto em florestas quanto em ambientes abertos faz desta espécie um elemento importante nas ações buscando maior integração entre sistemas agrícolas e conservação florestal.

Ainda que a amplitude do nicho trófico de *B. morio* seja considerada alta, neste estudo algumas famílias vegetais foram encontradas com maior abundância nas amostras provenientes das corbículas dessas abelhas. Flores de Solanaceae, Fabaceae, Malpighiaceae e Apocynaceae foram as mais representadas nas amostras. A importância de Solanaceae e Fabaceae para *B. morio* já era conhecida na literatura para diversos sistemas, como Mata Atlântica (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2003; Cascaes, 2008; Rosa, 2011), cerrado (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2003), caatinga

(Aguiar, 2003) e área urbana (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2003). Malpighiaceae e Apocynaceae ainda que tenham sido uma das famílias mais abundantes nas amostras entre todas as famílias, em comparação com Solanaceae e Fabaceae, sua abundância foi baixa (<1%).

Acanthaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Melastomataceae, Passifloraceae, Polygalaceae e Rubiaceae foram importantes fontes de recursos para abelhas do gênero *Bombus* neste estudo, como nos estudos de Camillo & Garófalo (1989), Agostini & Sazima (2003), Cortopassi-Laurino *et al.* (2003), Cascaes (2008), Rosa (2011) e Mouga *et al.* (2012). Todas as famílias descritas acima são fontes poliníferas para *Bombus morio*, exceto Cucurbitaceae e Passifloraceae que são descritas como fontes de néctar (Serra & Campos, 2010; Varassin *et al.*, 2012).

Nas amostras de *Exomalopsis analis*, as espécies de pólen coletados são principalmente herbáceas e arbustivas que crescem em nas áreas de cultivo e áreas de pasto adjacentes, além das flores do tomateiro. Este resultado indica que *E. analis* busca recursos, tanto pólen quanto néctar, no entorno dos plantios, o que pode ser entendido devido ao porte corporal pequeno e limitado raio de voo, que pode alcançar uma estimativa de 250 a 800m (Gathmann & Tschardt, 2002). A riqueza de tipos polínicos nas escovas de *E. analis* atingiu valores tão altos quanto a de *Bombus morio* (acima de 30 tipos), indicando o caráter generalista dessa espécie.

E. analis embora seja uma abelha importante na polinização de diversas espécies de plantas, ainda é uma espécie pouco estudada. Não existem estudos sobre o nicho trófico desta abelha, somente alguns trabalhos de observação direta em flores, destacando a importância deste estudo (Aguiar, 2003; Lenzi *et al.*, 2003; Aguiar & Santos, 2007; Carvalho & Oliveira, 2010).

O pólen de espécies de Solanaceae, Lamiaceae, Acanthaceae e Asteraceae foram os mais representativos. O gênero *Exomalopsis* já é conhecido em outros estudos no que diz respeito à polinização de plantas da família Solanaceae (Aguiar, 2003; Aguiar & Santos, 2007; Deprá, 2012; Santos, 2013) e também já foi encontrado visitando espécies de Lamiaceae (Albuquerque *et al.*, 2007; Mouga *et al.*, 2012).

Espécies de Convolvulaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Rubiaceae e Sapindaceae foram importantes fontes de recursos para abelhas do gênero *Exomalopsis* nos estudos de Albuquerque *et al.* (2007), Agostini & Sazima (2003),

Vieira *et al.* (2008), Rosa (2011), Aguiar (2003) e Carvalho & Oliveira (2010), corroborando com o encontrado neste estudo.

As redes qualitativas, para ambas as espécies, tendo em vista a grande quantidade de tipos polínicos que foram utilizados e o número de ligações realizadas, destacam a importância da diversidade de plantas no local de estudo. Além disso, através das redes pode-se ter uma melhor compreensão de quais espécies de plantas podem ser polinizadas por essas abelhas em cada área. Por exemplo, na rede para *B. morio* as famílias mais representativas foram Solanaceae, Asteraceae e Lamiaceae. Além do tipo polínico do tomateiro, que recebeu o maior número de ligações na rede, o tipo B39 (Fabaceae) também recebeu um grande número de ligações junto com o B03 (Passifloraceae). Os tipos polínicos da família Lamiaceae receberam ligações somente do plantio P8, indicando que possivelmente a maior fonte de recursos dessa família encontrava-se próxima desse plantio. Já na rede para *E. analis* as famílias mais representativas foram Asteraceae, Lamiaceae e Rubiaceae. Os tipos polínicos da família Solanaceae, e Lamiaceae foram os que receberam o maior número de ligações. E alguns tipos da família Asteraceae receberam ligações somente do plantio P5.

A alta sobreposição de nichos observada para as duas espécies estudadas, quando analisados todos os plantios e também somente os plantios compartilhados entre as duas espécies, foi certamente influenciada pela alta abundância relativa do pólen do tomateiro nas amostras. Quando o pólen do tomateiro foi retirado da análise, a sobreposição mostrou-se baixa, com alta especificidade no uso de recursos, indicando pouco potencial de competição entre estas espécies. Os únicos tipos polínicos compartilhados entre as duas espécies, além do tomateiro, foram de uma espécie da família Acanthaceae e de uma espécie da família Malvaceae. A composição das espécies de plantas utilizadas como fontes de recursos foi distinta entre as duas espécies mostrando que, mesmo com uma diversidade de espécies de plantas na área, *B. morio* e *E. analis* coexistem na mesma área utilizando recursos diferentes. Este resultado está provavelmente associado à exploração de áreas de forrageio distintas para as duas espécies, apesar de coexistirem nas mesmas áreas de plantios. Os resultados mostraram que *Bombus morio* usa pequena porcentagem das plantas na área de entorno dos plantios, provavelmente se deslocando até as áreas florestais.

Além disso, apesar do comportamento semelhante de vibração na coleta de pólen, a grande diferença no porte corporal pode ser decisiva para o uso de flores de tamanho distinto principalmente na coleta de néctar. Estudos em colônias de abelhas do gênero *Bombus* (Moure & Sakagami, 1962; Cortopassi-Laurino *et al.*, 2003) consideraram que a sobreposição trófica pode ser previsível quando existe sobreposição de tamanho corporal entre as abelhas. Os resultados do estudo de Nogueira-Ferreira & Augusto (2007) corroboraram essa hipótese para espécies de abelhas eussociais, onde a maior sobreposição de nichos ocorreu entre espécies com o tamanho corporal semelhante.

1.7-CONCLUSÕES

- Não houve diferença na quantidade de tipos polínicos coletados por *Bombus morio* e *Exomalopsis analis*, apesar da diferença de tamanho entre elas. Entretanto, a diferença ocorreu entre a composição das espécies de plantas coletadas.
- A partir dos resultados deste estudo, vimos que os principais polinizadores do tomateiro coletam recursos além das áreas de cultivo e que mesmo exibindo o comportamento de constância floral, os recursos do cultivo não são suficientes para o seu forrageamento.
- O uso de diversas fontes de recursos por essas abelhas no pico de floração do tomateiro ressalta a importância dos fragmentos florestais próximos e das plantas do entorno dos plantios.
- Os resultados obtidos indicam a necessidade de conservação do habitat nas áreas adjacentes aos cultivos de tomateiro para manter o serviço de polinização nos plantios.

CAPÍTULO 2 – Relação entre riqueza e diversidade de tipos polínicos com as métricas da paisagem (cobertura florestal, distância do fragmento mais próximo)

2.1- INTRODUÇÃO

A redução e o isolamento dos fragmentos florestais e a consequente diminuição da diversidade biológica podem afetar as interações mutualísticas entre polinizadores e plantas, alterando direta ou indiretamente as relações com outras espécies dentro da comunidade (Aguilar *et al.*, 2006; Freitas *et al.*, 2009; Maués & Oliveira, 2010). A polinização, desempenhada principalmente pelas abelhas, é um processo importante que contribui para a manutenção das comunidades de plantas, pois promove a reprodução e permite o fluxo gênico entre as espécies vegetais (De Marco & Coelho, 2004; Silveira, 2014).

Os recursos florais (pólen, néctar, óleos e resinas) e sua disponibilidade nos ambientes são importantes na estruturação das comunidades de polinizadores e alterações na sua distribuição espacial e temporal influenciam a composição da comunidade desses animais (Ramalho *et al.*, 2009; Calvillo *et al.*, 2010). A abundância e riqueza de espécies de abelhas estão positivamente associadas com a abundância e riqueza de espécies de plantas em floração (Banaszak, 1996; Steffan-Dewenter & Tscharntke, 2001; Potts *et al.*, 2003), enquanto que a disponibilidade de locais de nidificação também é determinante na composição da comunidade de abelhas (Kremen *et al.*, 2007; Williams & Winfree, 2013). Mudanças na paisagem podem alterar a distribuição dos recursos florais e dos substratos para nidificação, afetando o comportamento individual, a dinâmica da população e a composição da comunidade de abelhas (Tscharntke *et al.*, 2005; Winfree *et al.*, 2009).

A sensibilidade às mudanças na disponibilidade de recursos depende da capacidade de voo da espécie, que é relacionada positivamente com o tamanho da abelha. Ainda que abelhas maiores possam ter acesso a fontes de recursos mais distantes de seus ninhos, tais abelhas também têm maiores demandas de recursos, o que poderia excluir as espécies maiores das áreas com recursos limitados (Gathmann & Tscharntke, 2002). Sendo assim, abelhas com tamanhos corporais

distintos podem responder de formas diferentes à influência de uma mesma paisagem.

Os polinizadores podem alterar seu comportamento de forrageamento em resposta a mudanças na estrutura da paisagem, visto que a qualidade das matrizes que rodeiam os remanescentes do habitat terá uma forte influência sobre o movimento destas espécies. Se uma matriz for suficientemente grande e desprovida de flores, por exemplo, ela pode atuar como uma barreira para o movimento dos polinizadores; por outro lado uma matriz ocupada com cultivos em florescimento pode promover a conectividade, disponibilizando recursos alimentares em períodos de escassez floral nos remanescentes florestais (Westphal *et al.*, 2003; Chacoff & Aizen, 2006).

Esta proximidade entre áreas de plantios e remanescentes florestais pode também ser benéfica para a polinização das plantas cultivadas, promovendo maior diversidade de polinizadores nos cultivos e consequentemente aumentando o sucesso na polinização da espécie cultivada (Kevan & Imperatriz-Fonseca, 2002; Benton *et al.*, 2003; Kremen *et al.*, 2004; Chacoff & Aizen, 2006; Klein *et al.*, 2007; Garibaldi *et al.*, 2011). Esses resultados demonstram a importância de considerar a conservação de polinizadores no planejamento das atividades agrícolas.

Em um estudo realizado na região de São José de Ubá, RJ, Deprá *et al.* (2011) constataram que a cobertura florestal ao redor das áreas de plantio de tomateiro influencia na abundância e diversidade dos polinizadores nos cultivos, levando à hipótese de que as abelhas se beneficiam das áreas florestais mesmo em períodos de grande florescimento nas áreas de cultivo. No presente estudo, pretendemos avaliar se esta hipótese se aplica aos dois principais polinizadores do tomateiro na região, *Bombus morio* e *Exomalopsis analis*, analisando os recursos polínicos usados por estas abelhas capturadas em plantios de tomateiro.

2.2-OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é testar se a riqueza e a diversidade de tipos polínicos utilizados por *Bombus morio* e *Exomalopsis analis* estão relacionadas à cobertura florestal no entorno dos plantios e à distância do fragmento florestal mais próximo das áreas de cultivo do tomateiro.

2.3-HIPÓTESE

Abelhas capturadas em áreas de plantio com maior cobertura florestal no entorno e em áreas mais próximas de fragmentos florestais apresentarão maior riqueza e diversidade de tipos polínicos nas estruturas de transporte.

2.4-METODOLOGIA

2.4.1- Área de estudo e planta focal

O estudo foi realizado em áreas de plantios de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) localizados no município de São José de Ubá, RJ, conforme descrito no capítulo 1, item 1.4.1.

2.4.2- Delineamento amostral e obtenção das amostras

As amostras polínicas foram coletadas no corpo das abelhas capturadas com rede entomológica sobre as flores de tomateiro, em áreas de plantios no ano de 2011, conforme descrito no capítulo 1, item 1.4.2.

2.4.3- Obtenção das métricas da paisagem - cobertura florestal e distância ao fragmento mais próximo

Para determinar a cobertura florestal no entorno das áreas de plantios, foram utilizadas imagens de satélite georeferenciadas cedidas pela Prof^a Karla Maria Pedra de Abreu Archanjo do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Alegre - ES. Com o auxílio do software ArcGis 9.3 o solo do município de São José de Ubá foi classificado de acordo com o uso do solo (floresta, pastagem, plantios, áreas urbanas e corpos d'água). Esta classificação foi feita separando as áreas de floresta de outros tipos de vegetação, como pastagem, plantios de eucalipto e outros cultivos agrícolas, além de áreas urbanas e corpos d'água. Após a classificação, foram gerados *buffers* com 700 e 1200 m a partir do ponto central do plantio (12 plantios no total) e a

cobertura florestal dos fragmentos contidos nos *buffers* foi quantificada em metros quadrados. Também foi mensurada a distância entre os plantios para o fragmento florestal mais próximo. Estas análises foram realizadas pelo Prof^o Guilherme do Carmo Silveira do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Campus Barbacena – MG.

A cobertura florestal foi definida como a porcentagem de cobertura de ambientes naturais e seminaturais da paisagem; e a distância do fragmento mais próximo foi obtida pela medida do centro de cada área de plantio até o fragmento florestal mais próximo.

De acordo com a estimativa de raio de voo já descrita para as duas espécies, neste estudo consideraremos o *buffer* de 700m para *E. analis* e o de 1200m para *B. morio*.

2.4.4- Análise de dados

A relação entre riqueza e diversidade de tipos polínicos com a cobertura florestal no entorno dos plantios e a distância até o fragmento mais próximo foi analisada através de regressão linear. Essa análise foi realizada no programa R e foi assumido um nível de significância de 95% (R Core Team, 2016).

Modelos de regressão múltipla foram utilizados para avaliar a influência das métricas da paisagem (cobertura florestal e distância do fragmento mais próximo) na riqueza e diversidade de tipos polínicos coletados pelas abelhas. O R^2 parcial para cada variável assim como o R^2 múltiplo do modelo foram reportados e foi assumido um nível de significância de 95%. Os modelos foram analisados considerando dois *buffers*: 700m (para *E. analis*) e 1200m (para *B. morio*). Essa análise foi realizada no programa R (R Core Team, 2016).

2.5-RESULTADOS

A riqueza e diversidade de tipos polínicos amostrados nas escopas de *Bombus morio* foram positivamente relacionadas com a cobertura florestal ($r^2=0,22$ e $p=0,43$; $r^2=0,03$ e $p=0,78$, respectivamente; Figura 2.1A) e negativamente relacionados com a

distância do fragmento mais próximo para *B. morio*, considerando um raio de 1200m ao redor da área de plantio ($r^2=0,82$ e $p=0,03$; $r^2=0,29$ e $p=0,34$, respectivamente; Figura 2.1B). Quando retirado o tipo polínico do tomateiro das análises, a relação entre dominância com cobertura florestal e distância do fragmento mais próximo não foi significativa ($r^2=0,05$ e $p=0,69$; $r^2=0,17$ e $p=0,47$, respectivamente).

Estas análises realizadas para *E. analis*, considerando um *buffer* de 700m ao redor das áreas de plantios não foram significativas, mostrando somente uma tendência de relação positiva entre a riqueza de tipos polínicos com a cobertura florestal ($r^2=0,27$ e $p=0,15$) e relação negativa da diversidade com a cobertura florestal ($r^2=0,04$, $p=0,60$). Relação positiva não significativa foi observada entre a riqueza e a distância do fragmento ($r^2=0,27$ e $p=0,22$) e negativa entre diversidade e essa distância ($r^2=0,0007$ e $p=0,95$; Figura 2.2A e B). A relação entre dominância (quando retirado o tipo polínico do tomateiro) com a cobertura florestal e a distância do fragmento mais próximo não foi significativa ($r^2=0,14$ e $p=0,39$; $r^2=0,002$ e $p=0,92$, respectivamente).

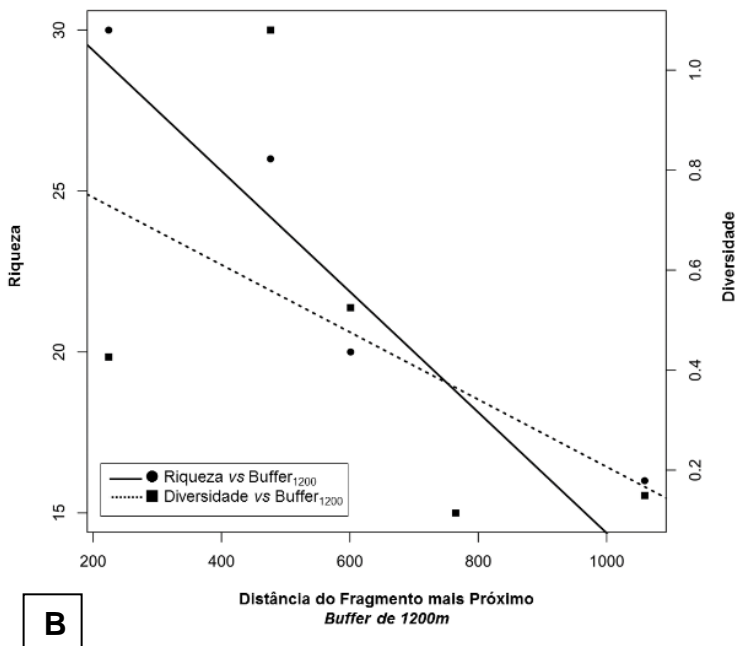
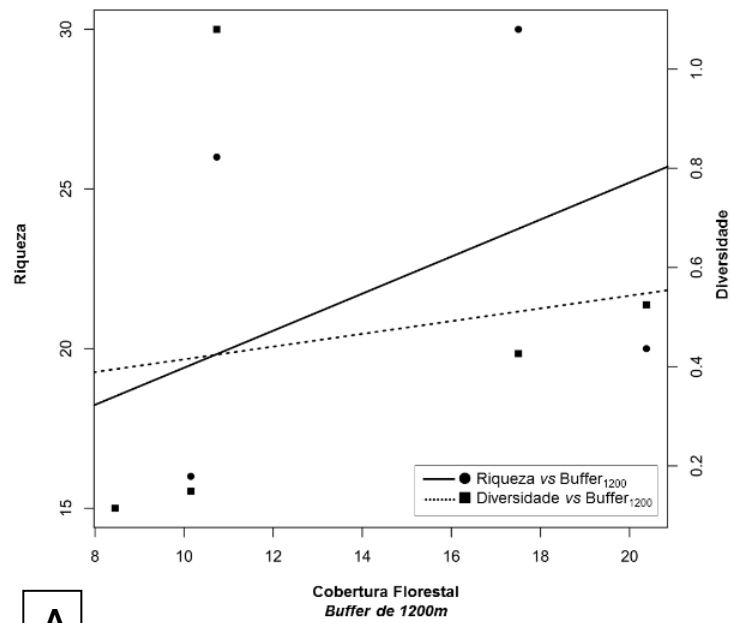


Figura 2.1 – Relação entre riqueza e diversidade de tipos polínicos coletados por *B. morio* e as métricas da paisagem no *buffer* de 1200m ao redor dos plantios de tomate em São José de Ubá, RJ: (A) riqueza e diversidade x cobertura florestal (m²) e (B) riqueza e diversidade x distância do fragmento mais próximo (m).

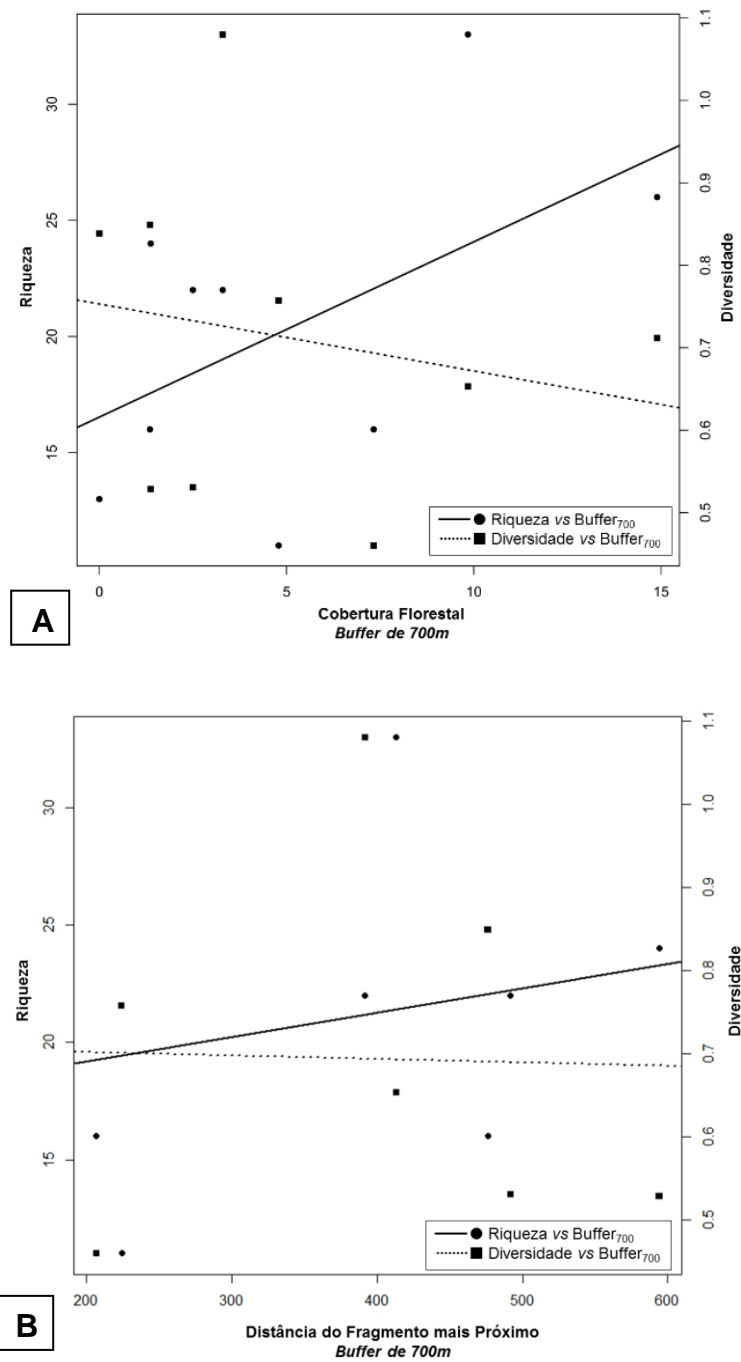


Figura 2.2 – Relação entre riqueza/diversidade de tipos polínicos coletados por *E. analis* e as métricas da paisagem no *buffer* de 700m ao redor dos plantios de tomate em São José de Ubá, RJ: riqueza e diversidade x cobertura florestal (m²) (A) e riqueza e diversidade x distância do fragmento mais próximo (B).

Em uma análise de modelos de regressão múltipla para a predição da riqueza de tipos polínicos em função da cobertura florestal (CF) e distância do fragmento mais

próximo (DFMP) no *buffer* de 1200m para *B. morio*, 82% (22% da CF e 61% da DFMP) da riqueza pode ser prevista usando as duas variáveis. Entretanto, somente 32% da diversidade (3% da CF e 29% da DFMP) pode ser prevista (Tabela 2.1).

Nesta mesma análise realizada para *E. analis*, no *buffer* de 700m 92% (13% da CF e 79% da DFMP) da riqueza pode ser prevista pelas duas variáveis, sendo este modelo significativo ($p=0,006$) (Tabela 2.2). Porém, apenas 9% da diversidade (5% de CF e 4% da DFMP) pode ser prevista no modelo (Tabela 2.2).

Tabela 2.1 - Valores de R² parciais para modelos para predição da riqueza e diversidade polínica para *Bombus morio* considerando o *buffer* de 1200m. Valores em negrito indicam significância <0,05 (Riqueza= Cobertura Florestal₁₂₀₀ + DistânciaFragmentoPróximo₁₂₀₀; Diversidade= CoberturaFlorestal₁₂₀₀ + DistânciaFragmentoPróximo₁₂₀₀)

Variáveis	Métrica	
	Riqueza	Diversidade
Cobertura Florestal ₁₂₀₀	0,22	0,03
Distância Fragmento Próximo ₁₂₀₀	0,61	0,29
Resíduo do Modelo	0,18	0,31
R ² Múltiplo	0,82	0,32
<i>p</i> do modelo	0,17	0,68

Tabela 2.2 - Valores de R² parciais para modelos para predição da riqueza e diversidade polínica para *Exomalopsis analis* considerando o *buffer* de 700m. Valores em negrito indicam significância <0,05. (Riqueza= CoberturaFlorestal₇₀₀ + DistânciaFragmentoPróximo₇₀₀; Diversidade= CoberturaFlorestal₇₀₀ + DistânciaFragmentoPróximo₇₀₀)

Variáveis	Métrica	
	Riqueza	Diversidade
Cobertura Florestal ₇₀₀	0,13	0,05
Distância Fragmento Próximo ₇₀₀	0,79	0,04
Resíduo do Modelo	0,08	0,91
R ² Múltiplo	0,92	0,09
<i>p</i> do modelo	0,006	0,83

2.6-DISCUSSÃO

A riqueza e a diversidade de tipos polínicos coletados por *Bombus morio* foram maiores em áreas com maior cobertura florestal e com fragmentos florestais mais próximos das áreas de plantio de tomateiro. Esse resultado, mais claramente observado entre a riqueza com a distância do fragmento mais próximo, juntamente com a composição do material polínico das corbículas era o esperado, corroborando nossa hipótese de que estas abelhas forrageiam além das áreas de plantio, buscando recursos em fragmentos florestais mais próximos. Um estudo relatou forrageio de abelhas do gênero *Bombus* em áreas de uso de até 10 km (Kraus *et al.*, 2009), o que confirma esta busca de outros recursos além das áreas de alta disponibilidade de pólen, como no caso dos plantios de tomateiro. O porte grande de *Bombus morio* também favorece a alta capacidade de voo e a possibilidade de transportar grandes cargas polínicas, inclusive em uma única viagem, pois estas abelhas podem misturar pólen de diferentes espécies vegetais em uma única carga (Free, 1955; Allen *et al.*, 1978; Michener, 1974; Heinrich, 2000; Kraus *et al.*, 2009). Nos estudos realizados por Walther-Hellwing & Frankl (2000) e Osborne *et al.* (2008), os autores observaram voos de forrageio de 1500m, explicando esse forrageamento a longa distância pela relação favorável entre alta recompensa adquirida apesar da energia e tempo gastos, dentro do esperado pelo forrageio ótimo.

A maior riqueza de tipos polínicos coletados por *B. morio* em regiões com maior cobertura de vegetação nativa também pode estar relacionada com a composição florística disponível nas áreas e a preferência na escolha de recursos feita pelas abelhas. As espécies vegetais encontradas com maior frequência nas amostras de pólen foram principalmente espécies de hábito arbustivo ou arbóreo, sugerindo que as fêmeas de *B. morio* voaram até os fragmentos florestais para coletar outro recurso, como néctar por exemplo, visto que o tomateiro oferece somente pólen e as áreas imediatamente ao redor dos plantios eram caracterizadas por outras lavouras herbáceas ou pasto.

A necessidade das áreas florestais para obtenção de recursos alimentares ressalta a importância da conservação dos fragmentos florestais no entorno dos plantios para a conservação das abelhas, inclusive possibilitando a alta frequência destes polinizadores em áreas onde prestam o serviço de polinização, que é o caso das áreas de tomateiro. Em áreas florestais, abelhas grandes como *Bombus morio*

encontram maior disponibilidade de recursos (como pólen e néctar) devido à alta riqueza de espécies de plantas, além de habitats diversificados e substratos para nidificação, aumentando a amplitude de nicho e permitindo aumento na sua população (Alvarenga, 2014; Stein *et al.*, 2014). Estudos comprovaram que a abundância e riqueza de abelhas diminuem significativamente com a perda de habitat (De Marco & Coelho, 2004; Chacoff & Aizen, 2006; Ricketts *et al.*, 2008; Winfree *et al.*, 2009) e sendo as abelhas os principais polinizadores, o seu declínio pode afetar também a comunidade de plantas e a polinização dos cultivos, podendo ao longo do tempo causar perdas irreparáveis para a biodiversidade (Kearns *et al.*, 1998; Kremen *et al.*, 2007; Ricketts *et al.*, 2008; Burkle *et al.*, 2013; Tylianakis, 2013; Albrecht *et al.*, 2014).

A riqueza de tipos polínicos forrageados por *E. analis* tendeu a apresentar relação positiva com a cobertura florestal, sugerindo que esta espécie utiliza recursos dos fragmentos florestais. Entretanto, a composição de espécies no forrageio de *E. analis* mostra alta contribuição de plantas herbáceas e arbustivas, além das espécies arbóreas (como mostrado no cap.1 desta dissertação), indicando que as fêmeas coletam recursos também nas áreas mais próximas aos plantios, como as ruderais no entorno ou dentro do próprio plantio entre as fileiras. A contribuição do pólen do tomateiro, dominante em todas as áreas de cultivo, é muito grande, o que pode também estar contribuindo para a ausência de relação da diversidade de tipos polínicos com as métricas da paisagem, como indicam os resultados para *E. analis*. O raio de voo destas abelhas também é compatível com esta explicação, visto que estimativas indicam que essa espécie voa cerca de 250 a 800 m ao redor do ninho (Gathmann & Tschamntke, 2002), não conseguindo atingir grandes distâncias para coletar recursos. Esse resultado mostra que o entorno dos plantios também é importante para esses polinizadores, visto que as flores de espécies ruderais próximas podem fornecer recursos necessários ou complementares às abelhas, principalmente às mais generalistas (Winfree *et al.*, 2008)

Para *E. analis*, na análise de regressão linear, a riqueza teve uma relação positiva com a distância do fragmento mais próximo. O que também foi confirmado através da análise de modelos de regressão múltipla, onde a distância do fragmento mais próximo se mostrou significativa no modelo, contribuindo para a riqueza de tipos polínicos.

Os resultados mostraram que a riqueza foi um parâmetro mais adequado para esse tipo de análise da paisagem, do que a diversidade. A ausência de relação da diversidade com os parâmetros da paisagem provavelmente ocorreu pela alta porcentagem de grãos de pólen do tomateiro, dada a metodologia adotada neste trabalho. A utilização do tomateiro como planta alvo necessariamente resultou em alta porcentagem deste tipo polínico nas amostras. Entretanto, esta metodologia pode ser usada para espécies com comportamento generalista, como as espécies analisadas.

2.7-CONCLUSÕES

- A riqueza de tipos polínicos coletados por *Bombus morio* e *Exomalopsis analis* apresentou relação com a cobertura florestal no entorno dos plantios e com a distância do fragmento mais próximo.
- A diversidade de tipos polínicos não se mostrou um parâmetro adequado para a análise com as métricas da paisagem, pois pode ter sido influenciada pela alta porcentagem de grãos de pólen do tomateiro nas amostras.
- Apesar de *Bombus morio* e *Exomalopsis analis* apresentarem um comportamento de vibração podendo utilizar os mesmos tipos de recursos, a diferença de tamanho entre elas possibilita raios de voo diferentes, influenciando na coleta de recursos.
- A paisagem no entorno dos plantios funciona de maneira diferente para as duas espécies. *Bombus morio* coleta a maior parte dos seus recursos nos fragmentos mais próximos, enquanto que *Exomalopsis analis* coleta espécies de plantas do entorno do plantio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados do presente estudo é fundamental ressaltar que os principais polinizadores do tomateiro utilizam diversas fontes de recursos além do próprio tomateiro. Além disso, a existência de fragmentos florestais próximos aos cultivos promove uma maior riqueza de tipos polínicos coletados por esses polinizadores, resultados que permitem a elaboração de medidas que visem melhorar

a polinização dos cultivos aliada à conservação de remanescentes florestais. A presença destes polinizadores próximos às áreas de cultivo é importante não somente para o cultivo do tomate, mas também para outras plantas cultivadas na região. Ainda assim, como mostra a composição de plantas utilizadas pelas abelhas estudadas, estas são polinizadoras de plantas nativas, contribuindo para a reprodução das plantas nos fragmentos florestais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostini, K. & Sazima, M. 2003. Plantas ornamentais e seus recursos para abelhas no *campus* da Universidade Estadual de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil. *Bragantia*, 62(3): 335-343.
- Aguiar, C.M.L. 2003. Utilização de recursos florais por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma área de Caatinga (Itatim, Bahia, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(3): 457-467.
- Aguiar, C.M.L. & Santos, G.M.M. 2007. Compartilhamento de recursos florais por vespas sociais (Hymenoptera: Vespidae) e abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma área de caatinga. *Neotropical Entomology*, 36(6): 836-842
- Aguilar, R. & Galetto, L. 2004. Effects of forest fragmentation on male and female reproductive success in *Cestrum parqui* (Solanaceae). *Oecologia*, 138: 513-520.
- Aguilar, R.; Ashworth, L.; Galetto, L. & Aizen, M.A. 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters*, 9: 968-980.
- Aizen, M.A. & Feinsinger, P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. *Ecology*, 75(2): 330-351.
- Albrecht, J.; Gertrud-Berens, D. & Jaroszewicz, B. 2014. Correlated loss of ecosystem services in coupled mutualistic networks. *Nat. Commun.*, 5: 1–8.
- Albuquerque, P.M.C.; Camargo, J.M.F. & Mendonça, J.A.C. 2007. Bee community of a beach dune ecosystem on Maranhão Island, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(6): 1005-1018.

- Allen, T.; Cameron, S. McGinley, R. & Heinrich, B. 1978. The role of workers and new queens in the ergonomics of a bumblebee colony (Hymenoptera: Apoidea). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 51(3): 329-342.
- Almeida, C.R. 2015. *Diversidade da entomofauna em plantios de tomate (Solanum lycopersicum L.) inseridos em diferentes contextos de paisagem*. Monografia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes – RJ. 45p.
- Alvarenga, A.S. 2014. *Influência da estrutura da vegetação na comunidade de abelhas em florestas tropicais secas*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. 47p.
- Alves, R.M.O.; Carvalho, C.A.L. & Souza, B.A. 2006. Espectro polínico de amostras de mel de *Melipona mandacaia* Smith, 1863 (Hymenoptera: Apidae). *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 28: 65-70.
- Banaszak, J. 2006. Ecological bases of conservation of wild bees. *In*: Matheson, A.; Buchmann, S.L.; O'Toole, C.; Westrich, P. & Williams, I.H. *The Conservation of Bees*. Academic Press, London, 55-62.
- Banda, H.J. & Paxton, R.J. 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. *Acta Horticulturae*, 288: 194-198.
- Barth, O.M. 1970a. Análise microscópica de algumas amostras de mel. 1. Pólen dominante. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 42(2): 351-366.
- Barth, O.M. 1970b. Análise microscópica de algumas amostras de mel. 2. Pólen acessório. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 42(3): 571-590.
- Barth, O.M. 1970c. Análise microscópica de algumas amostras de mel. 3. Pólen isolado. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 42(4): 747-772.
- Barth, O.M. 1989. *O pólen no mel brasileiro*. Rio de Janeiro: Luxor. 150p.
- Barth, O.M. & Melhem, T.S. 1988. *Glossário ilustrado de palinologia*. Campinas, Ed. Unicamp, 75p.
- Batagelj, V. & Mrvar, A. 1998. *Pajek – Program for large network analysis*. University Of Ljubljana.
- Bawa, K.S. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21: 399-422.
- Benton, T.G., Vickery, J.A. & Willson, J.D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution*, 18: 182–188.

- Bosch, J.; Gonzalez, A.M.M.; Rodrigo, A. & Navarro, D. 2009. Plant-pollinator networks: adding the pollinator's perspective. *Ecology Letters*, 12(5): 409-419.
- Buchmann, S.L. & Hurley, J.P. 1978. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. *Journal of Theoretical Biology*, 72: 639-657.
- Buchmann, S.L. 1983. Buzz pollination in angiosperms. *In*: Jones, C.E. & Little, R.J. (Eds.). *Handbook of Experimental Pollination*. Van Nostrand Reinhold, New York, 73-113.
- Burkle, L.; Marlin, J.C. & Knight, T.M. 2013. Plant-pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function. *Science*, 339: 1611–5.
- Calvillo, L.M.; Ramírez, V.M.; Parra-Tabla, V. & Navarro, J. 2010. Bee diversity in a fragmented landscape of the Mexican neotropic. *Journal of Insect Conservation*, 14: 323 – 334.
- Camillo, E. & Garófalo, C.A. 1989. Analysis of the niche of two sympatric species of *Bombus* (Hymenoptera, Apidae) in Southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 5: 81-92.
- Cane J.H. & Tepedino, V.J. 2001. Causes and extent of declines among native north american invertebrate pollinators: detection, evidence and consequences. *Ecology and Society* 5(1): 1 [online] URL: <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art1>.
- Carvalho, D.A. & Oliveira, P.E. 2003. Biologia reprodutiva e polinização de *Senna sylvestris* (Vell.) H.S. Irwin & Barneby (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica*, 26(3): 319-328.
- Carvalho, A.M.C. & Oliveira, P.E.A.M. 2010. Estrutura da guilda de abelhas visitantes de *Maytaba guianensis* Aubl. (Sapindaceae) em vegetação do cerrado. *Oecologia Australis*, 14(1): 40-66.
- Carvalho, G.C.A.; Ribeiro, M.H.M.; Araújo, A.C.A.M.; Barbosa, M.M.; Oliveira, F.S. & Albuquerque, P.M.C. 2016. Flora de importância polínica utilizada por *Melipona (melikerria) fasciculata* Smith, 1854 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) em uma área de floresta amazônica na região da baixada maranhense, Brasil. *Oecologia Australis*, 20(1): 58-68.
- Cascaes, M.F. *A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e flores visitadas em um fragmento de Mata Atlântica, no município de Maracajá, Santa Catarina*. Monografia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC. 59p.

- Castro-Arellano, I.; Lacher-Jr, T.E.; Willig, M.R. & Rangel, T.F. 2010. Assessment of assemblage-wide temporal niche segregation using null models. *Methods in Ecology & Evolution*, 1: 311-318.
- Chacoff, N.P. & Aizen, M.A. 2006. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 43: 18-17.
- Chittka, L.; Thomson, J.D. & Waser, N.M. 1999. Flower constancy, insect psychology and plant evolution. *Naturwissenschaften*, 86: 361-377.
- Cortopassi-Laurino, M. & Ramalho, M. 1988. Pollen harvest by africanized *Apis mellifera* and *Trigona spinipes* in São Paulo – Botanical and ecological views. *Apidologie*, 19(1): 1-24.
- Cortopassi-Laurino, M.; Knoll, F.R.N. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2003. Nicho trófico e abundância de *Bombus morio* e *Bombus atratus* em diferentes biomas brasileiros. In: Melo, G.A.R. & Alves-dos-Santos, I. (Eds.) – *Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure*. ed. UNESCO, Criciúma, SC, Brasil, 285-296.
- Cortopassi-Laurino, M.; Zillikens, A. & Steiner, J. 2009. Pollen sources of the orchid bee *Euglossa annectans* Dressler 1982 (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) analyzed from larval provisions. *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 546-556.
- Dan, M.L.; Braga, J.M.A. & Nascimento, M.T. 2010. Estrutura da comunidade arbórea de fragmentos de floresta estacional semidecidual na bacia hidrográfica do rio São Domingos, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 61(4): 749-766.
- De Marco, P. & Coelho, F.M. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation*, 13: 1245-1255.
- Delaplane, K.S. & Mayer, D.F. 2000. *Crop Pollination by Bees*. CABI Publishing. 360p.
- Deprá, M.S. 2012. *Abelhas polinizadoras de Solanum lycopersicum L. (Solanaceae) em áreas de plantio inseridas em diferentes paisagens no município de São José de Ubá, RJ*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes - RJ. 67p.

- Deprá, M.S.; Delaqua, G.C.G. & Gaglianone, M.C. 2011. Influência da cobertura florestal sobre a riqueza e frequência de abelhas polinizadoras do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) em áreas de plantio no município de São José de Ubá, RJ. *Cadernos de Agroecologia*, 6(2): 1-6.
- Deprá, M.S.; Delaqua, G.C.G.; Freitas, L. & Gaglianone, M.C. 2014. Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro state, Southeast Brazil. *Journal of Pollination Ecology*, 12(1): 1-8.
- Dórea, M.C.; Santos, F.A.R.; Lima, L.C.L.E. & Figueroa, L.E.R. 2009. Pollen analysis of the post-emergence residue of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) nests. *Neotropical Entomology*, 38(2): 197-202.
- Eckhardt, M.; Haider, M.; Dorn, S. & Müller, A. 2014. Pollen mixing in pollen generalist solitary bees: a possible strategy to complement or mitigate unfavourable pollen properties? *Journal of Animal Ecology*, 83: 588-597.
- Erdtman, G. 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy*. Waltham, Chronica Botânica Co.
- Erdtman, G. 1960. The acetolized method. A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 54: 561-564.
- Estevinho, L.M.; Rodrigues, S.; Pereira, A.P. & Feás, X. 2012. Portuguese bee pollen: palynological study, nutritional and microbiological evaluation. *International Journal of Food Science and Technology*, 47: 429-435.
- Faegri, K. & van Der Pijl, L. 1971. *Principles of Pollination Ecology*. Oxford: Pergamon. 248p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. Pp. 19-25. In: Freitas, B.M. & Pereira, J.O.P. (eds.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 282p.
- FAOSTAT - Food And Agriculture Organization Of The United Nations Faostat. 2013. Produtividade Mundial. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 16/08/2015.
- Free, J.B. 1955. The collection of food by bumblebees. *Insectes Sociaux*, 2: 303-311.

- Free, J.B. 1970. The flower constancy of bumblebees. *Journal of Animal Ecology*, 39(2): 395-402.
- Free, J.B. 1993. *Insect pollination of crops*, 2^o ed. Londres: Academic Press. 684p.
- Freitas, B.M.; Imperatriz-Fonseca, V.L.; Medina, L.M.; Kleinert, A.M.P.; Galetto, L.; Nates-Parra, G. & Quesada-Euán, J.J.G. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40(3): 332-346.
- Freitas, B.M. 2010. Polinização por abelhas na agricultura brasileira: empecilhos e perspectivas. *Anais do Congresso Ibero-latino Americano de Apicultura*.
- Fundação SOS Mata Atlântica. 2008. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no período de 1995-2000: relatório final*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, INPE.
- Gaglianone, M.C; Campos, M.J.O.; Franceschinelli, E.; Deprá, M.S.; Silva, P.N.; Montagnana, P.C.; Hautequestt, A.P.; Moura-Moraes, M.C. & Campos, L.A.O. 2015. *Plano de manejo para os polinizadores do tomateiro*. Rio de Janeiro: Funbio. 23p.
- Garibaldi, L.A.; Steffan-Dewenter, I.; Kremen, C.; Morales, J.M.; Bommarco, R.; Cunningham, S.A.; Carvalheiro, L.G.; Chacoff, N.P.; Dudenhöffer, J.H.; Greenleaf, S.S.; Holzschuh, A.; Isaacs, R.; Krewenka, K.; Mandelik, Y.; Mayfield, M.M.; Morandin, L.A.; Potts, S.G.; Ricketts, T.H.; Szentgyörgyi, H.; Viana, B.F.; Westphal, C.; Winfree, R. & Klein, A.M. 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, 14: 1062-1072.
- Garibaldi, L.A.; Carvalheiro, L.G.; Vaissière, B.E.; Gemmill-Herren, B.; Hipólito, J.; Freitas, B.M.; Ngo, H.T.; Azzu, N.; Sáez, A.; Aström, J.; An, J.; Blochtein, B.; Buchori, D.; García, F.J.C.; Silva, F.O.; Devkota, K.; Ribeiro, M.F.; Freitas, L.; Gaglianone, M.C.; Goss, M.; Irshad, M.; Kasina, M.; Pacheco Filho, A.J.S.; Kiill, L.H.P.; Kwapong, P.; Parra, G.N.; Pires, C.; Pires, V.; Rawal, R.S.; Rizali, A.; Saraiva, A.M.; Veldtman, R.; Viana, B.F.; Witter, S. & Zhang, H. 2016. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, 351(6271): 388-391.
- Garófalo, C.A. 1976. *Evolução do comportamento social visualizada através da ecologia de *Bombus morio* (Hymenoptera, Bombinae)*. Tese de Doutorado,

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP, Ribeirão Preto, Brasil.

- Garófalo, C.A. 1978. Bionomics of *Bombus (Fervidobombus) morio*. II. Body size and length of life of worker. *Journal of Apicultural Research*, 17(3): 130-136.
- Gathmann, A. & Tscharntke, T. 2002. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology*, 71: 757-764.
- Gegear, R.J. & Thomson, J.D. 2004. Does the flower constancy of bumble bees reflect foraging economics? *Ethology*, 110: 793-805.
- Goulson, D. 2003. *Bumblebees: their behaviour and ecology*. Oxford University Press, Oxford. 235p
- Grant, V. 1950. The flower constancy of bees. *Botanical Review*, 16(7): 379-398.
- Greenleaf, S.S. & Kremen, C. 2006. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation*, 133: 81-87.
- Hammer, Q.; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1): 9p.
- Harris, L.F. & Johnson, S.D. 2004. The consequences of habitat fragmentation for plant-pollinator mutualisms. *International Journal of Tropical Insect Science*, 24(1): 29-43.
- Heinrich, B. 1976. The foraging specializations of individual bumblebees. *Ecological Monographs*, 46: 105–128.
- Heinrich, B. 2000. *Bumblebee Economics*. Harvard College. United States of America.
- Heithaus, E.R. 1979. Flower-feeding specialization in wild bee and wasp communities in seasonal Neotropical habitats. *Oecologia*, 42: 179-194.
- Hortal, J.; Triantis, K. & Meiri, S. 2009. Island species richness increases with habitat diversity. *The American Naturalist*, 174(6): 205–217.
- Hyde, H.A. & Williams, D.W. 1944. The Right Word. *Pollen Analysis Circular*, 8: 6.
- IBGE, 2013. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=p&o=28>>. Acesso em: 16/08/2015.

- IBGE, 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção. *Dados de previsão de Safra. Produção – Brasil*. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=4&z=t&o=26&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1>. Acesso em 26/01/2016.
- Kearns, C.A. & Inouye, D.W. 1993. *Techniques for Pollination Biologists*. University Press of Colorado, Niwot.
- Kearns, C.A.; Inouye, D.W. & Waser, N.M. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant–pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 83-112.
- Kevan, P.G. & Baker, H.G. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology*, 28: 407-53.
- Kevan, P.G. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2002. *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 313p.
- Klein, A.M.; Vaissiere, B.E.; Cane, J.H.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S.A.; Kremen, C. & Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 274: 303-313.
- Kleinert, A.M.P.; Ramalho, M.; Cortopassi-Laurino, M. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2009. Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini). In: Panizzi, A.R. & Parra, J.R.P. (Eds.). *Bioecologia e Nutrição de Insetos*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 371-424p.
- Kraus, F.B.; Wolf, S. & Moritz, R.F.A. 2009. Male flight distance and population substructure in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Journal of Animal Ecology*, 78: 247-252.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row Publishers. 654p.
- Kremen, C.; Williams, N.M.; Bugg, R.L.; Fay, J.P. & Thorp, R.P. 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, 7: 1109-1119.
- Kremen, C.; Williams, N.M.; Aizen, M.A.; Gemmil-Herren, B.; LeBuhn, G.; Minckley, R.; Packer, L.; Potts, S.G.; Roulston, T.; Steffan-Dewenter, I.; Vázquez, P.; Winfree, R.; Adams, L.; Crone, E.E.; Greenleaf, S.S.; Keit, T.H.; Klein, A.M.; Regetz, J. & Ricketts, T.H. 2007. Pollination and other ecosystem services

produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10: 299-314.

- Kremer, C.; Williams N.M. & Thorp, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99: 16812-16816.
- Lenzi, M.; Orth, A.I. & Laroca, S. 2003. Associação das abelhas silvestres (Hym., Apoidea) visitantes das flores de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae), na Ilha de Santa Catarina (sul do Brasil). *Acta Biológica Paranaense*, 32(1,2,3,4): 107-127.
- Lôbo, D.; Leão, T.; Melo, F.P.L.; Santos, A.M.M. & Tabarelli, M. 2011. Forest fragmentation drives Atlantic Forest of northeastern Brazil to biotic homogenization. *Diversity and Distributions*, 17: 287–296.
- Lopes, A.V.F. & Machado, I.C.S. 1996. Biologia floral de *Swartia pickelli* Killip ex Ducke (Leguminosae-Papilionoideae) e sua polinização por *Eulaema* spp. (Apidae-Euglossini). *Revista Brasileira de Botânica*, 19(1): 17-24.
- 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. *Journal of Applied Entomology*, 133: 456-465.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Maués, M.M. & Oliveira, P.E.A.M. 2010. Consequências da fragmentação do habitat na ecologia reprodutiva de espécies arbóreas em florestas tropicais, com ênfase na Amazônia. *Oecologia Australis*, 14(1): 238-250.
- McGregor, S. E. 1976. *Insect pollination of cultivated plants*. Washington: USDA. 411p.
- Melhen, T.S.; Cruz-Barros, M.A.V.; Corrêa, A.M.S.; Makino-Watanabe, H.; Silvestre-Capelato, M.S.F. & Esteves, V.L.G. 2003. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). *Boletim do Instituto de Botânica*, 16: 1-114.
- Mello, B.N.S. 2014. *Nicho de abelhas Megachilidae (Hymenoptera, Apidae) em floresta ombrófila na Mata Atlântica: dinâmica temporal, relações tróficas e uso de recursos de nidificação*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes - RJ. 84p.

- Michener, C.D. 1954. Bees of Panamá. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 104(1): 1-175.
- Michener, C.D. 1962. An interesting method of pollen collecting by bees from flowers with tubular anthers. *Revista de Biología Tropical*, 10: 167-175.
- Michener, C.D. 1974. *The social behavior of the bees: a comparative study*. Cambridge, Massachusetts. Harvard University Press. 404p.
- Michener, C.D. 2000. *The Bees of the World*. Baltimore and London: The John Hopkins University Press. 913p.
- Minami, K. & Haag, H.P. 1989. *O tomateiro*. Campinas: Fundação Cargill. 352p.
- Morandin, L.A.; Lavery, T.M. & Kevan, P.G. 2001. Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and pollination levels in comercial tomato greenhouses. *Journal of Economic Entomology*, 94(2): 462-467.
- Morato, E.F. 2004. *Efeitos da sucessão florestal sobre a nidificação de vespas e abelhas solitárias*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 266p.
- Mouga, D.M.D.S.; Noble, C.F.; Bussmann, D.B.G. & Krug, C. 2012. Bees and plants in a transition área between Atlantic Rain Forest and Araucaria Forest in Southern Brazil. *Rev. Écol. (Terre Vie)*, 67: 313-327.
- Moure, J.S. & Melo, G.A.R. 2012. Bombini Latreille, 1802. In: Moure, J.S.; Urban, D. & Melo, G.A.R. (Orgs). *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version*. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acesso em: 17/02/2016.
- Moure, J.S. & Sakagami, S.F. 1962. As mamangabas sociais do Brasil (*Bombus* Latr.) (Hymenoptera, Apoidea). *Studia Entomologica*, 5: 65-194.
- Nascimento, M.T.; Ribeiro, A.C.C. & Dan, M.L. 2007. *Marco Zero: Dimensão ambiental da biodiversidade*. Relatório Técnico.
- Nogueira-Ferreira, F.H. & Augusto, S.C. Amplitude de nicho e similaridade no uso de recursos florais por abelhas eussociais em uma área de cerrado. *Bioscience Journal*, 23(1): 45-51.
- Nunes-Silva, P.; Hrcir, M. & Imperatriz- Fonseca, V.L. 2010. A Polinização por Vibração. *Oecologia Australis*, 14: 140-151.

- Osborne, J.L.; Martin, A.P.; Carreck, N.L.; Swain, J.L.; Knight, M.E.; Goulson, D.; Hale, R.J. & Sanderson, R.A. 2008. Bumblebee flight distances in relation to the forage landscape. *Journal of Animal Ecology*, 77: 406-415.
- Palma, G.; Quezada-Euán, J.J.G.; Reyes-Oregel, V.; Meléndez, V. & Moo-Valle, H. 2008. Production of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) using *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* and mechanical vibration (Hym.: Apoidea). *Journal of Applied Entomology*, 132: 79-85.
- Peralta, I.E.; Spooner, D.M. & Knapp, S. 2008. Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae). *Systematic Botany Monographs*, 84: 1-186.
- Pielou, E.C. 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal Theory Biology*, 10: 370-383.
- Potts, S.G.; Vulliamy, B.; Dafni, A.; Ne'eman, G. & Willmer, P.G. 2003. Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, 84: 2628-2642p.
- Potts, S.G.; Biesmeijer, J.C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O. & Kunin, W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25: 345–353.
- Proença, C.E. 1992. Buzz pollination – older and more widespread than we think? *Journal of Tropical Ecology*, 8: 115-120
- Prys-Jones, O.E. & Corbet, S.A. 1991. *Bumblebees*. Richmond Publishing Co. Ltd.
- Punt, W.; Hoen, P.; Blackmore, S.; Nilsson, S. & Le Thomas, A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Paleobotany and Palynology*, 143(1-2): 1-81.
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Ramalho, M. 1990. Foraging by stingless bees of the genus, *Scaptotrigona* (Apidae, Meliponinae). *Journal of Apicultural Research*, 29(2): 61-67.
- Ramalho, M.; Kleinert-Giovannini, A. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 1990. Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and Trigonini) and africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats – a review. *Apidologie*, 21(5): 469-488.
- Ramalho, M.; Silva, M.D.E. & Carvalho, C.L. 2007. Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no domínio tropical atlântico. *Neotropical Entomology*, 36: 38-45.
- Ramalho, A.V.; Gaglianone, M.C. & Oliveira, M.L. 2009. Comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(1): 95–101.
- Rech, A.R. & Absy, M.L. 2011. Pollen storages in nests of bees of the bees of the genera *Partamona*, *Scaura* and *Trigona* (Hymenoptera, Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(3): 361-372.
- Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E. & Machado, I.C. 2014. *Biologia da polinização*. Projeto Cultural. 527p.
- Richards, A.J. 1997. *Plants breeding systems*. Garland Science. 451p.
- Ricketts, T.H.; Regetz, J.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S.A.; Kremen, C.; Bogdanski, A.; Gemmill-Herren, B.; Greenleaf, S.S.; Klein, A.M.; Mayfield, M.M.; Morandin, L.A.; Ochieng, A.; Potts, S.G. & Viana, B.F. 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11(5): 499-515.
- Rodríguez-Cabal, M.A.; Aizen, M.A. & Novaro, A.J. 2007. Habitat fragmentation disrupts a plant-disperser mutualism in the temperate forest of South America. *Biological Conservation*, 139: 195-202.
- Rosa, B.B. 2011. *Interações entre abelhas (Hymenoptera, Apidae) e plantas em área de regeneração natural em Floresta Ombrófila Densa Montana, no Sul de Santa*

Catarina. Monografia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC. 74p.

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

Roubik, D.W. 1995. *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Panama: Smithsonian Tropical Research Institute. 198p.

Rozen, J.G. & Macneill, C.D. 1957. Biological observations in *Exomalopsis* (Anthophorula) *chionura* Cockerell, including a comparison of the biology of *Exomalopsis* with that of other anthophorid groups (Hymenoptera: Apoidea). *Annals of the Entomological Society of America*, 50: 522–529.

Santos, A.O.R. 2013. *Polinizadores potenciais de Lycopersicon esculentum Mill. (Solanaceae) em áreas de cultivo aberto*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG. 21p.

Serra, B.D.V. & Campos, L.A.O. 2010. Polinização entomófila de abobrinha, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). *Neotropical Entomology*, 39(2): 153-159.

Silva, C.I. 2009. *Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por Xylocopa spp. e interação com plantas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG. 283p.

Silva, C.I.; Evaldt, A.P.; Saraiva, A.M.; Garófalo, C.A.; Queiroz, E.P.; Neto, H.F.P.; Castro, J.P.; Wolff, J.L.; Aleixo, K.P.; Faria, L.B.; Caliman, M.J.F.; Castro, M.M.N.; Júnior, M.G.; Bauermann, S.G. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2014. *Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no campus da USP de Ribeirão Preto*. Holos. 153p.

Silva, C.I.; Maia-Silva, C.; Santos, F.A.R. & Bauermann, S.G. 2012. O uso da palinologia como ferramenta em estudos sobre ecologia e conservação de polinizadores no Brasil. 369-383p. In: Imperatriz-Fonseca, V.L.; Canhos, D.A.L.; Alves, DA. & Saraiva, A.M. *Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas*

para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais.
Edusp. 488p.

- Silveira, F.A. 2012. Exomalopsini Michener, 1944. *In*: Moure, J.S.; Urban, D. & Melo, G.A.R. (Orgs). *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version*. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acesso em: 17/02/2016.
- Silveira, G.C. 2014. *Estrutura de comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera; Apidae) e análise da distribuição em Florestas Estacionais Semidecíduais e em paisagens fragmentadas no Sudeste do Brasil*. Tese de doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes – RJ. 93p.
- Silva-Neto, C.M.; Lima F.G.; Gonçalves, B.B.; Bergamini, L.; Bergamini, B.A.R.; Elias, M.A.S. & Franceschinelli, E.V. 2013. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. *Journal of Pollination Ecology*, 11: 41-45p.
- Silva-Neto, J.M. 2008. *Comunidade de abelhas (Hymenoptera; Apidae) e principais fontes de recursos florais no campus da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes*. Monografia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes – RJ. 39p.
- Spaethe, J. & Weidenmüller, A. 2002. Size variation and foraging rate in bumblebees (*Bombus terrestris*). *Insectes Sociaux*, 49: 142-146.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 2001. Sucession of bee communities on fallows. *Ecography*, 24: 83-93p.
- Stein, A.; Gerstner, K. & Kreft, H. 2014. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters*, 17(7): 1–15.
- Tews, J.; Brose, U. & Grimm, V. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31: 79–92.

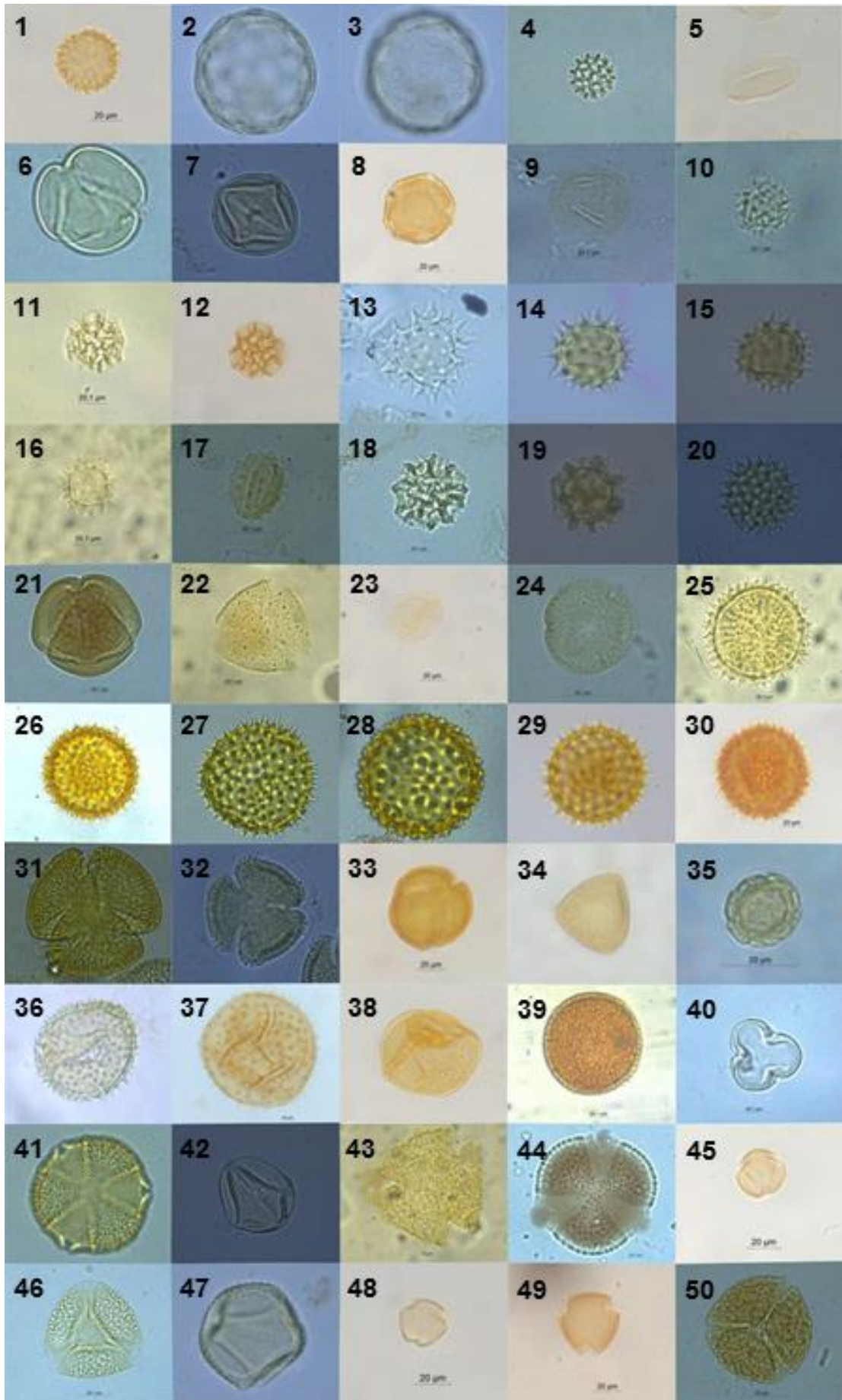
- Thorp, R.W. 1979. Structural, Behavioral, and Physiological Adaptations of Bees (Apoidea) for Collecting Pollen. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 66(4): 788-812p.
- Timberlake, P.H. 1947. A revision of the species of *Exomalopsis* inhabiting the United States (Hymenoptera, Apoidea). *Journal of the New York Entomological Society*, 55(2): 85-106.
- Tscharntke, T.; Klein, A.M.; Kruess, A.; Steffan-Dewenter, I. & Thies, C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8: 857-874.
- Tylianakis, J.M. 2013. Ecology. The global plight of pollinators. *Science*, 339: 1532–3.
- Varassin, I.G.; Ximenes, B.M.S.; Moreira, P.A.; Zanon, M.M.F.; Elbl, P.; Löwenberg-Neto, P. & Melo, G.A.R. 2012. Produção de nectar e visitas por abelhas em duas espécies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae). *Acta Botanica Brasilica*, 26(1): 251-255.
- Velez-Ruiz, R.I. & Smith-Pardo, A.H. 2013. New species of *Exomalopsis* and its associated cleptoparasite *Nomada* from Colombia with description of the nest (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila: Apidae). *ISRN Entomology*, 2013: 1-10.
- Vieira, G.H.C.; Marchini, L.C.; Souza, B.A. & Moreti, A.C.C.C. 2008. Fontes florais usadas por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em área de cerrado no município de Cassilândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(5): 1454-1460.
- Walter-Hellwig, K. & Frankl, R. 2000. Foraging distances of *Bombus muscorum*, *Bombus lapidaries* and *Bombus terrestris* (Hymenoptera, Apidae). *Journal of Insect Behaviour*, 13(2): 239-246.
- Westphal, C.; Steffan-Dewenter, I. & Tscharntke, T. 2003. Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. *Ecology Letters*, 6: 961-965.
- Williams, P.H. 1985. A preliminary cladistic investigation of relationships among the bumblebees (Hymenoptera, Apidae). *Systematic Entomology*, 10: 239–255.

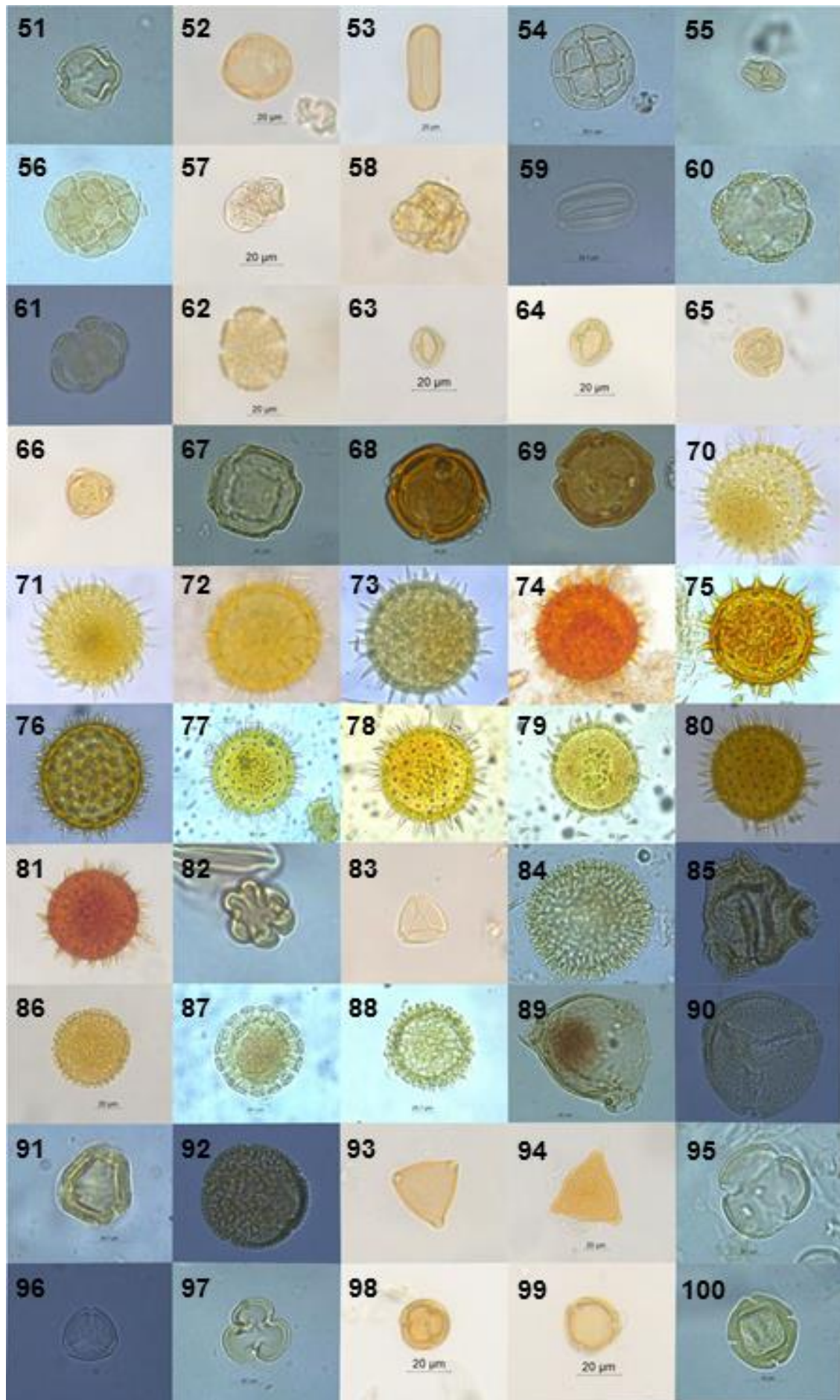
- Williams, P.H. 1998. An annotated checklist of bumble bees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, Bombini). *Bulletin Natural History Museum*, 67: 79-152.
- Williams, N.M. & Winfree, R. 2013. Local habitat characteristics but not landscape urbanization drive pollination visitation and native plant pollination in forest remnants. *Biological Conservation*, 160: 10–18.
- Williams, N.M.; Crone, E.E.; Roulston, T.H.; Minckley, R.L.; Packer, L. & Potts, S.G. 2010. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biological Conservation*, 143: 2280–2291.
- Willmer, P. 2011. *Pollination and floral ecology*. New Jersey, Princeton University Press.
- Wilms, W. & Wiechers, B. 1997. Floral resource partitioning between native *Melipona* bees and the introduced Africanized honey bee in the Brazilian Atlantic Rain Forest. *Apidologie*, 28(6): 339-355.
- Winfree, R.; Williams, N. M.; Gaines, H.; Ascher, J. S. & Kremen, C. 2008. Wild bee pollinators provide the majority of crop visitation across land-use gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA. *Journal of Applied Ecology*, 45: 793-802.
- Winfree, R.; Aguilar, R.; Vázquez, D.P.; Lebuhn, G. & Aizen, M.A. 2009. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90(8): 2068–2076.
- Yamamoto, M.; Barbosa, A.A.A. & Oliveira, P.E.A.M. 2010. A polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: O caso do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger). *Oecologia Australis*, 14(1): 174-192.
- Zucchi, R. 1973. *Aspectos bionômicos de Exomalopsis aureopilosa e Bombus atratus incluindo considerações sobre a evolução do comportamento social (Hymenoptera-Apoidea)*. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto-SP. 172p.

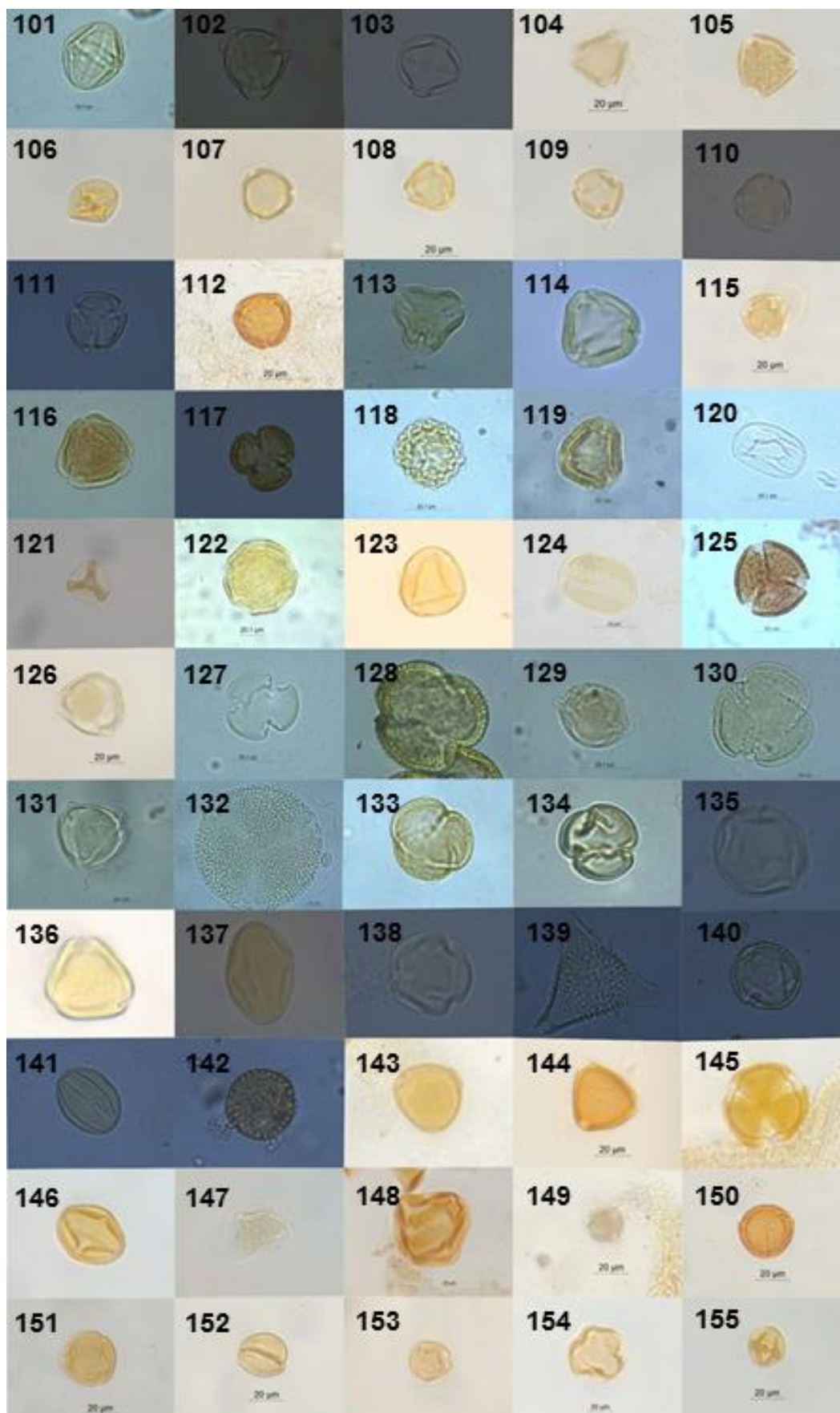
APÊNDICES

Apêndice I – Código de identificação, número do plantio e data de coleta dos indivíduos de *Bombus morio* e *Exomalopsis analis* coletados em plantios de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ

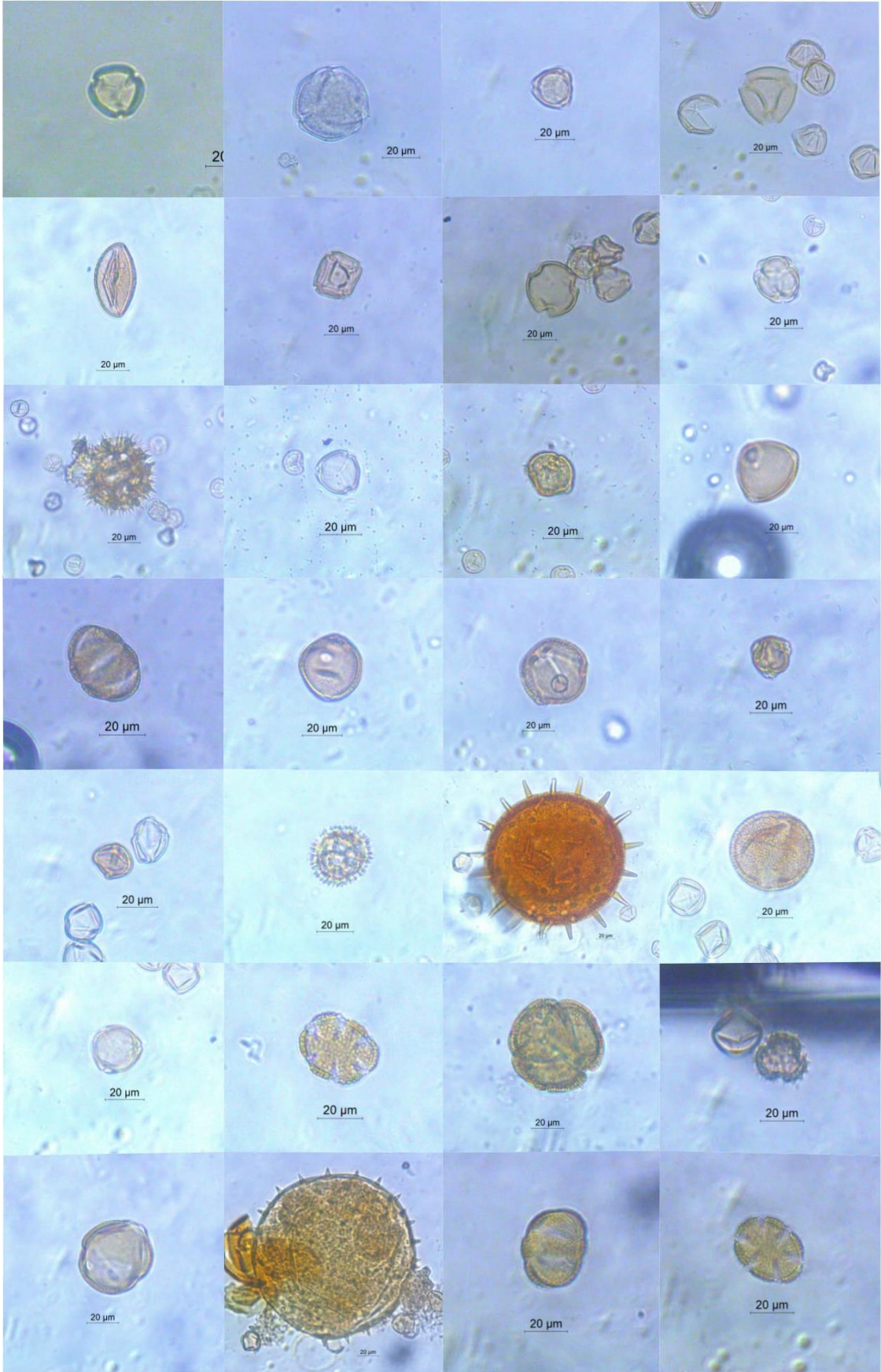
Espécie	Código da abelha	Plantio	Data de coleta
<i>Bombus morio</i>	A788, A805, A806, A809, A810, A817, A818 e A819	P2	02/06/2011
	A823, A828, A830, A831, A832, A839, A849 e A851	P3	02/06/2011
	A974, A980, A991, A995, A999, A1002, A1017 e A996	P4	17/06/2011
	A858, A859, A860, A861, A863, A868, A876 e A877	P7	03/06/2011
	A917, A918, A920, A922, A935, A946, A951 e A955	P8	03/06/2011
<i>Exomalopsis analis</i>	A746, A753, A760, A768, A769, A775, A783 e A784	P1	01/06/2011
	A1317, A1324, A1327, A1339, A1388, A1389, A1390 e A1410	P5	13/07/2011
	A692, A693, A708, A710, A712, A719, A730 e A731	P6	31/05/2011
	A856, A865, A872, A875, A893, A894, A895 e A912	P7	03/06/2011
	A924, A925, A950, A954, A956, A957, A961 e A963	P8	03/06/2011
	A1054, A1056, A1057, A1067, A1106, A1109, A1114 e A1115	P9	21/06/2011
	A1152, A1155, A1157, A1170, A1172, A1173, A1174 e A1177	P10	30/06/2011
	A1221, A1234, A1235, A1240, A1250, A1299, A1302 e A1308	P11	10/07/2011
	A1440, A1446, A1510, A1520, A1521, A1534, A1535 e A1536	P12	21/07/2011

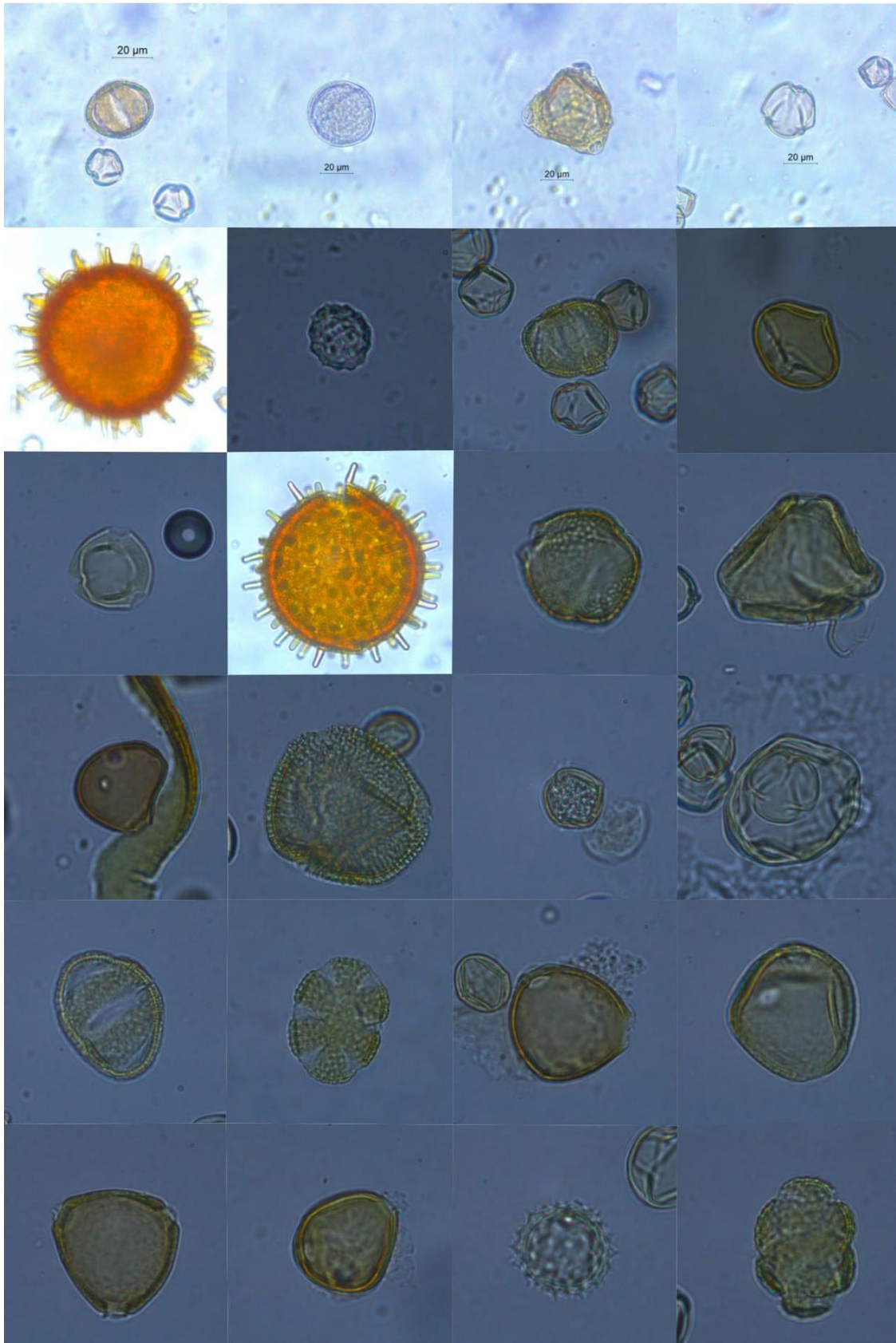




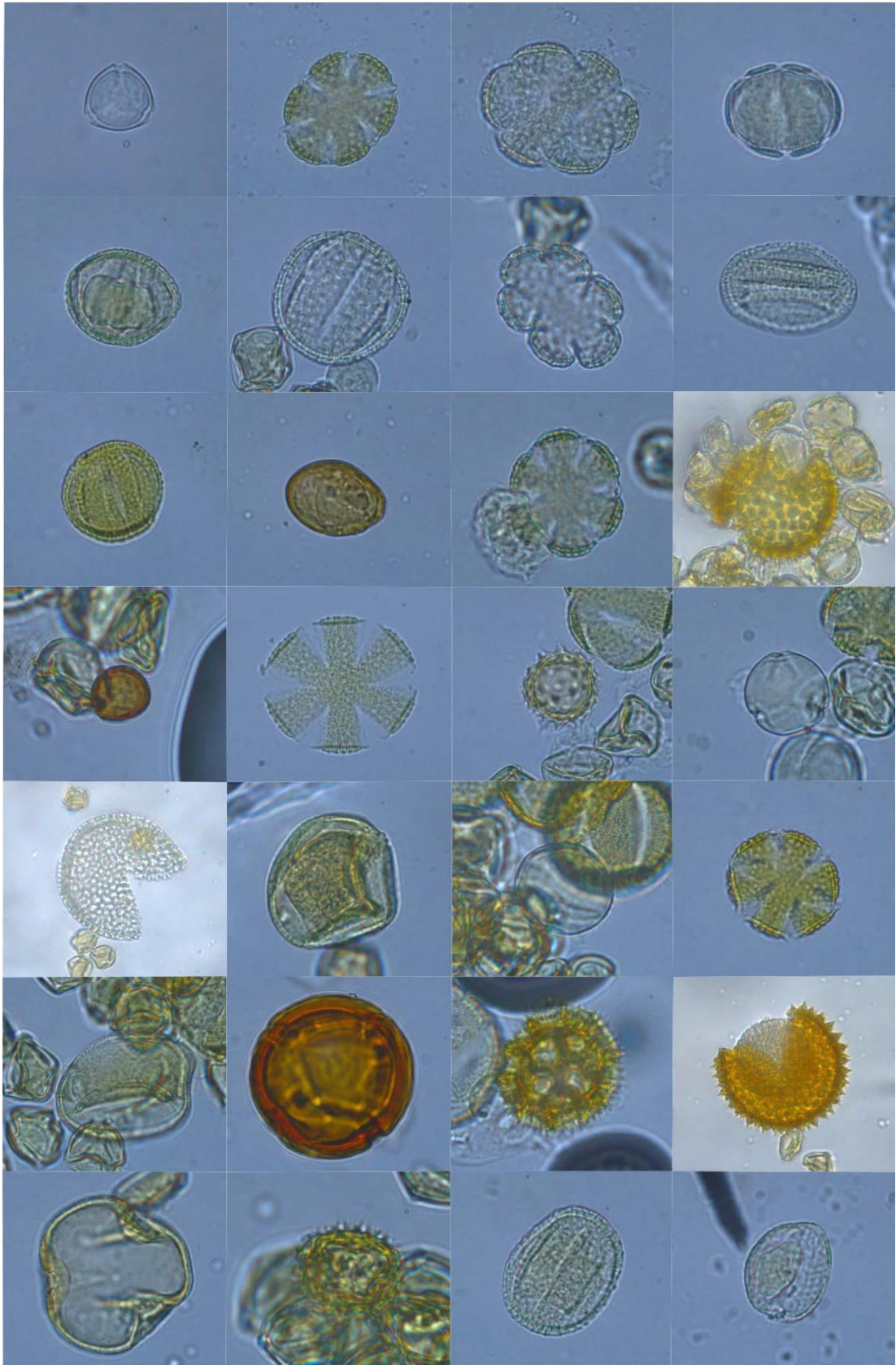


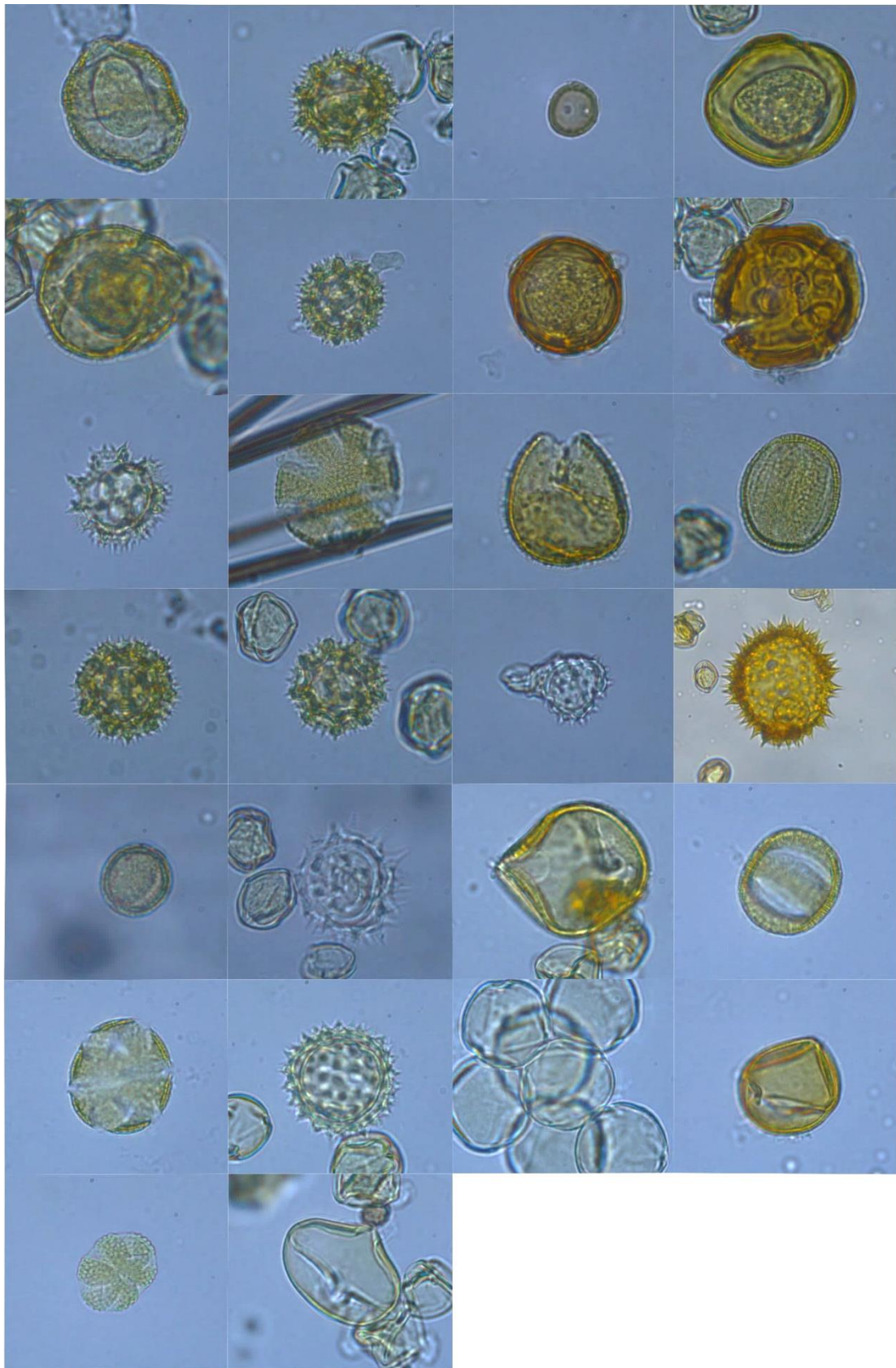
Apêndice II – Fotomicrografias dos grãos de pólen das plantas coletadas no entorno dos plantios localizados em São José de Ubá, RJ (números correspondentes à tabela 1.2).





Apêndice III – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de *Bombus morio* associados ao laminário de referência.





Apêndice VI – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados nas amostras provenientes dos indivíduos de *Exomalopsis analis* associados ao laminário de referência.

Apêndice V - Área (ha), porcentagem de cobertura florestal e distância do fragmento mais próximo (m) dos plantios de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ dentro do buffer de 700m

Buffer 700			
Plantio	Área	Cob_Florestal	Distância_FMP
P1	-	-	0
P2	0,678856	0,448331	601,16
P3	-	-	0
P4	-	-	0
P5	14,901631	9,841366	413,32
P6	22,555331	14,895179	0
P7	7,250025	4,788077	224,31
P8	2,04539	1,350821	476,37
P9	4,988898	3,294778	391,83
P10	2,074504	1,370048	594,26
P11	3,784129	2,499122	491,81
P12	11,0925	7,325731	206,9

Apêndice VI - Área (ha), porcentagem de cobertura florestal e distância do fragmento mais próximo (m) dos plantios de tomateiro localizados no município de São José de Ubá, RJ dentro do buffer de 1200m

Buffer 1200			
Plantio	Área	Cob_Florestal	Distância_FMP
P1	26,1126	2,327282	884,69
P2	221,038	19,700761	730,93
P3	94,8466	8,45318	764,99
P4	113,893	10,150705	1059,21
P5	319,715	28,490872	716,33
P6	134,572	11,993698	797,9
P7	142,687	12,716961	843,12
P8	105,282	9,383222	775,64
P9	121,656	10,842595	927,06
P10	102,434	9,129426	856,31
P11	105,418	9,395393	848,53
P12	86,826	7,738345	880,85