

ABELHAS POLINIZADORAS DE *Solanum lycopersicum* L. (SOLANACEAE) EM ÁREAS DE
PLANTIO INSERIDAS EM DIFERENTES PAISAGENS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE
UBÁ, RJ

MARIANA SCARAMUSSA DEPRÁ

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
OUTUBRO DE 2012

ABELHAS POLINIZADORAS DE *Solanum lycopersicum* L. (SOLANACEAE) EM ÁREAS DE
PLANTIO INSERIDAS EM DIFERENTES PAISAGENS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE
UBÁ, RJ

MARIANA SCARAMUSSA DEPRÁ

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.

Orientador (a): Dra. Maria Cristina Gaglianone

Campos dos Goytacazes – RJ

Outubro de 2012

ABELHAS POLINIZADORAS DE *Solanum lycopersicum* L. (SOLANACEAE) EM ÁREAS DE
PLANTIO INSERIDAS EM DIFERENTES PAISAGENS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE
UBÁ, RJ

MARIANA SCARAMUSSA DEPRÁ

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 19 de outubro de 2012.

Comissão Examinadora:

Dr^a. Maria José de Oliveira Campos (Doutora em Ecologia e Recursos Naturais) –
UNESP

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

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

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

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 Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio de Janeiro - FAPERJ 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 ensinamentos constantes.

A Bruno Defane Borges (Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação-LEEC/UNESP – Rio Claro) e Karla Maria Pedra de Abreu Archanjo (doutoranda no Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais LCA/UENF) pelo auxílio nas análises da paisagem.

Aos participantes da banca, Maria José de Oliveira Campos, Leandro Freitas e Marcelo Trindade Nascimento, por terem aceitado o convite.

À doutora Cristine Rodrigues Benevides pela revisão da dissertação.

Ao técnico do LCA Gerson Rocha pelo auxílio nas coletas de campo.

Aos agricultores, pela permissão de trabalho em suas propriedades, e ao Claudio, presidente da Associação de Produtores de Santa Maria e arredores (Aprovisam), pelo auxílio no contato com os produtores.

Aos meus pais Laerte e Zelinda e a minha irmã Aline, por todo carinho e pelas palavras de incentivo em todos os momentos, além do apoio financeiro.

Ao Hudson, pelo companheirismo, cumplicidade, amizade e incentivo, sempre me apoiando e confortando nos momentos difíceis e pelo auxílio na redação da dissertação.

Aos meus amigos de laboratório, Anna Pazini, André Bernardino, Bruno Mello, Frederico Teixeira, Giselle Menezes, José Luiz Pontes, Nikolas Dias, Rodrigo Couto e William Aguiar, pela amizade, ideias e principalmente Francisco Reginaldo Caetano, Geovana Girondi, Guilherme Silveira, Hellen Azevedo e Marcelita Marques pelo auxílio no campo e nas análises dos dados.

À turma de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais de 2010 pelos momentos de diversão e aprendizagem.

Às minhas eternas amigas de república Gabi e Juliana pela amizade e companheirismo nos estudos.

Aos membros do comitê de acompanhamento (C.A.), professores Omar Bailez e Marcelo Trindade Nascimento, pela orientação no projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1- INTRODUÇÃO	1
1.1- Influência da paisagem na polinização	2
1.2- Polinização do tomateiro.....	4
2- JUSTIFICATIVA.....	6
3- OBJETIVOS	6
4- HIPÓTESES	7
5- METODOLOGIA	7
5.1- Área do estudo.....	7
5.2- Espécie estudada / cultivo do tomate	9
5.3- Delineamento amostral.....	9
5.4- Morfologia floral das flores do tomateiro.....	15
5.5- Amostragem dos visitantes florais.....	15
5.6- Análise da cobertura florestal.....	16
5.7- Experimentos de polinização.....	17
5.8- Análise dos dados	19
6- RESULTADOS.....	21
6.1- Morfologia floral dos cultivares de <i>Solanum lycopersicum</i> estudados em São José de Ubá.....	21
6.2- Composição, abundância e diversidade dos visitantes florais de <i>Solanum lycopersicum</i>	23
6.3- Atividade dos polinizadores ao longo do dia.....	29
6.4- Relação entre a cobertura florestal e a diversidade de polinizadores de <i>Solanum lycopersicum</i>	32
6.5- Experimentos de polinização.....	34
7- DISCUSSÃO	38
7.1- Morfologia floral de <i>Solanum lycopersicum</i> e composição, abundância e diversidade dos visitantes florais.....	38
7.2- Atividade dos polinizadores ao longo do dia.....	41
7.3- Relação entre a cobertura florestal e a diversidade de polinizadores de <i>Solanum lycopersicum</i>	43
7.4- Experimentos de polinização.....	45
8- CONCLUSÕES	47
9- CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
10- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Pluviosidade total (mm) e temperaturas médias máxima e mínima (°C) mensais, para os anos de 2010 e 2011, na estação meteorológica de Itaperuna (RJ). Fonte: INMET.....8
- Figura 2:** Áreas de cultivo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) nas paisagens estudadas: A- plantio na região da Prosperidade, com fragmento de vegetação ao fundo e B- plantio na região do Cambiocó (São José de Ubá, RJ).....10
- Figura 3:** Áreas de plantios de tomateiro avaliadas (PR01 a PR18) na região da Prosperidade e o fragmento florestal da fazenda Prosperidade, São José de Ubá, RJ. Fonte: Google Earth.....11
- Figura 4:** Áreas de plantio de tomateiro (CB01 a CB18) na região do Cambiocó, São José de Ubá (RJ). Fonte: Google Earth.....12
- Figura 5:** Esquema de um raio de 1500m metros no entorno de um plantio na região da Prosperidade em São José de Ubá (RJ), utilizando a imagem do Google Earth. No detalhe visualização aumentada do plantio.....17
- Figura 6:** Flor de *Solanum lycopersicum* em casa de vegetação. Campos dos Goytacazes, RJ.....22
- Figura 7:** Corte longitudinal em flores *Solanum lycopersicum* mostrando a deiscência das anteras. A- Abertura dos poros apicais durante a antese; B- Abertura da antera em uma fenda longitudinal.....22
- Figura 8:** Curvas de rarefação da riqueza estimada (com os respectivos intervalos de confiança a 95%) para as áreas estudadas em função do número de indivíduos coletados, em cada ano, em São José de Ubá (RJ).....27
- Figura 9:** Abundância relativa (%) de cada gênero de abelha, polinizadora das flores do tomateiro, nas regiões de Cambiocó e Prosperidade, nos anos de 2010 e 2011, São José de Ubá-RJ.....27
- Figura 10:** Abundância relativa das espécies de abelhas polinizadoras de *Solanum lycopersicum* amostradas em 36 plantios no município de São José de Ubá (RJ), em 2010 e 2011.....28
- Figura 11:** Polinizadores de *Solanum lycopersicum* em visita a flores: A e B- *Exomalopsis* sp.; C- *Bombus morio*; C- *Augochloropsis* sp.....29
- Figura 12:** Número médio de polinizadores (\pm desvio padrão) coletados em 9 plantios de tomate por intervalo de tempo (45 minutos a cada hora), nas duas regiões (Prosperidade e Cambiocó) estudadas em **2010** e **2011**, em São José de Ubá (RJ). Letras distintas indicam médias diferentes pelo teste de Kruskal-Wallis (letras minúsculas= Cambiocó; letras maiúsculas= Prosperidade).....30
- Figura 13:** Temperatura (°C) e Umidade Relativa (UR) (%) médias para cada intervalo de tempo nos 9 plantios de tomate, nas duas regiões (Prosperidade e Cambiocó) estudadas em **2010** e **2011**, em São José de Ubá (RJ).....31

- Figura 14:** Abundância relativa das abelhas mais abundantes em flores de *Solanum lycopersicum*, por intervalo de tempo (45 minutos a cada hora), em São José de Ubá (RJ).....31
- Figura 15:** Relação entre os parâmetros da comunidade dos polinizadores e a cobertura florestal (m²) em diferentes raios ao redor dos plantios de *Solanum lycopersicum* em São José de Ubá (RJ): (A) **abundância** X cobertura florestal no raio de 750 m; (B) **riqueza** X cobertura florestal no raio de 500m, (C) **diversidade** X cobertura florestal no raio de 4000m; e (D) **abundância** de abelhas grandes (> 10 mm) X cobertura florestal no raio 1500m. Resultados dos testes indicados nas tabelas 4, 5, 6 e 7.....33
- Figura 16:** Relação entre porcentagens de frutificação resultantes das flores com polinização natural e taxa de visitação (n° indivíduos de polinizadores/flor/hora), para 16 plantios de tomateiro estudados em 2010 em São José de Ubá (RJ).....35
- Figura 17:** Porcentagem de frutificação total dos testes de polinização: apomixia (APO), autopolinização espontânea (APE), polinização cruzada não emasculada (CNE), polinização cruzada no mesmo cultivar (PCM) e polinização cruzada entre cultivares (PCC); realizados em casa de vegetação na UENF, Campos dos Goytacazes (RJ).....36
- Figura 18:** Circunferência média (cm) e desvio padrão dos tomates provenientes dos testes de polinização: autopolinização espontânea (APE), polinização cruzada não emasculada (CNE), polinização cruzada no mesmo cultivar (PCM) e polinização cruzada entre cultivares (PCC); realizados em casa de vegetação na UENF, Campos dos Goytacazes (RJ). Letras distintas indicam médias diferentes, segundo o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).....37
- Figura 19:** Número médio de sementes (e desvio padrão) dos tomates provenientes dos testes de polinização: autopolinização espontânea (APE), polinização cruzada não emasculada (CNE), polinização cruzada no mesmo cultivar (PCM) e polinização cruzada entre cultivares (PCC); realizados em casa de vegetação na UENF, Campos dos Goytacazes (RJ). Letras distintas indicam médias diferentes, segundo o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).....37

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Localização e descrição das áreas de cultivo avaliadas nos dois anos de estudo (2010 e 2011) na região da Fazenda Prosperidade, São José de Ubá (RJ). Denominação das áreas segue a apresentada na figura 3.....13
- Tabela 2:** Localização e descrição das áreas de cultivo avaliadas nos dois anos de estudo (2010 e 2011) na região de Santa Maria/Cambiocó, São José de Ubá (RJ). Denominação das áreas segue a apresentada na figura 4.....14
- Tabela 3:** Composição, abundância, riqueza, diversidade de Shannon (H'), dominância de Berger-Parker (d), FO= Frequência de Ocorrência (pf=pouco frequente, f=frequente e mf=muito frequente), D= Dominância (d=dominante, a=acessória e oc=ocasional) e Ct= Categoria (c=espécie comum, i=espécie intermediária e r=espécie rara), para as abelhas amostradas em 2010 e 2011, nas duas áreas de estudo (Cambiocó e Prosperidade) em São José de Ubá, RJ. *indica abelhas menores ou iguais a 10 mm.....25 e 26
- Tabela 4:** Análise de regressão entre a **abundância** de polinizadores e a cobertura florestal (m^2) nos raios de 250m, 500m, 750m, 1500m e 4000m ao redor dos plantios de *Solanum lycopersicum* em São José de Ubá (RJ). * indica resultado significativo ao nível de 5%.....32
- Tabela 5:** Análise de regressão entre a **riqueza** de polinizadores e a cobertura florestal (m^2) nos raios de 250m, 500m, 750m, 1500m e 4000m em São José de Ubá (RJ). * indica resultado significativo ao nível de 5%.....32
- Tabela 6:** Análise de regressão entre **diversidade** de polinizadores e a cobertura florestal (m^2) nos raios de 250m, 500m, 750m, 1500m e 4000m em São José de Ubá (RJ). * indica resultado significativo ao nível de 5%.....32
- Tabela 7:** Análise de regressão entre a **abundância de abelhas grandes** (> 10 mm) e cobertura florestal (m^2) nos raios de 250m, 500m, 750m, 1500m e 4000m em São José de Ubá (RJ). * indica resultado significativo ao nível de 5%.....33
- Tabela 8:** Análise de regressão entre a **abundância de abelhas pequenas** (≤ 10 mm) e a cobertura florestal (m^2) nos raios de 250m, 500m, 750m, 1500m e 4000m em São José de Ubá (RJ). Resultados não foram significativos.....34
- Tabela 9:** Comparação entre as porcentagens de frutificação resultantes da polinização natural e da autopolinização espontânea realizadas em campo em 2010. Valores entre parênteses indicam números de frutos formados e flores testadas.....34
- Tabela 10:** Comparação entre as porcentagens de frutificação resultantes dos testes de polinização. APE= autopolinização espontânea, CNE= polinização cruzada não emasculada, PCM= polinização cruzada no mesmo cultivar, PCC= polinização cruzada entre cultivares. Valores entre parênteses indicam números de frutos formados e de flores testadas, respectivamente.....36

RESUMO

A polinização é essencial para a reprodução dos vegetais superiores. Tanto a manutenção da diversidade das plantas silvestres quanto a produtividade de plantas agrícolas depende da polinização. Dessa forma, estudos focados nos polinizadores de plantas agrícolas situadas em diferentes paisagens podem contribuir na busca de propostas que visem aliar agricultura e conservação de fragmentos florestais. O objetivo deste estudo foi verificar a influência da cobertura florestal sobre os polinizadores do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) em áreas de cultivo no município de São José de Ubá, RJ. Foram estudadas 36 áreas de cultivo de tomateiro, nos anos de 2010 e 2011, distribuídas em duas paisagens: em áreas predominantemente agrícolas (Cambiocó) e em área próxima ao maior fragmento florestal do município (Prosperidade). Os visitantes florais foram amostrados com rede entomológica das 8 às 14 horas ao longo das fileiras dos plantios, durante os meses de maio a agosto de cada ano. Foram coletadas 1729 abelhas que corresponderam a 41 espécies, pertencentes às famílias Apidae, Halictidae e Andrenidae. Os gêneros mais abundantes foram *Exomalopsis* e *Bombus*, considerados principais polinizadores do tomateiro na região. A área da Prosperidade apresentou maior riqueza e diversidade de espécies de abelhas nos dois anos estudados, enquanto que o Cambiocó apresentou maior abundância de indivíduos e maior dominância. Plantios com maior proporção de cobertura florestal no entorno apresentaram maiores valores de riqueza, abundância e diversidade de espécies. As taxas de frutificação resultantes da polinização aberta foram maiores do que as de autopolinização espontânea, indicando incremento da polinização pela ação das abelhas. Além disso, as áreas de cultivo com maior taxa de visitação de polinizadores apresentaram maior produtividade de frutos. Estes resultados indicam a importância das abelhas no aumento da produção de tomates na região, e sugere que a existência de fragmentos florestais próximos aos cultivos do tomate seja determinante para uma maior diversidade de polinizadores nos plantios.

Palavras-chave: frutificação, frutos, paisagens, polinização, tomateiro.

ABSTRACT

Pollination is essential for the reproduction of Angiosperm. The maintenance of the diversity of wild plants and the productivity of agricultural plants depends on pollination. Thus, studies focusing on pollinators of crops located in different agricultural landscapes can contribute to proposals combining agriculture and forest conservation. The aim of this study was to investigate the influence of forest cover on the pollinators of tomato crops (*Solanum lycopersicum*) in the municipality of São José de Ubá, RJ. We studied 36 tomato crops in 2010 and 2011, into two landscapes: in a predominantly agricultural region (Cambiocó) and another region near the largest forest fragment (Prosperidade). Floral visitors were sampled with hand nets from 8 to 14 h, along the rows of tomatoes plants, from May to August each year. We collected 1729 bees of 41 species, belonging to the families Apidae, Halictidae and Andrenidae. The most abundant pollinators were *Bombus* and *Exomalopsis*. The Prosperidade region had higher richness and diversity of bee species in the two years studied, while Cambiocó showed greater abundance of individuals and greater dominance. Crops with higher proportion of forest cover around showed greater richness, abundance and species diversity. The fruit set resulted from the open pollination were higher than those of spontaneous self-pollination, indicating increase of pollination. Moreover, the cultivation areas with higher rates of pollinator visitation had higher fruit yield. These results indicate the importance of bees in increased production of tomatoes in the region and suggest that the forest fragments near the tomato crop is crucial to a greater diversity of pollinators in crops.

Keywords: fruit, fruit set, landscapes, pollination, tomato.

1-INTRODUÇÃO

A polinização é essencial para a reprodução cruzada dos vegetais superiores e pode ser realizada pelo vento, pela água, mas em sua maior parte por animais (Faegri & van Der Pijl, 1971). Aproximadamente 300.000 espécies de plantas em todo mundo são polinizadas por animais (Kearns & Inouye, 1993), sendo as abelhas os principais polinizadores (Bawa, 1990). Em ecossistemas tropicais 80% das plantas podem ser polinizadas por abelhas, grande parte realizada por espécies solitárias (Michener, 1974; Kevan & Baker, 1983).

A importância das abelhas na polinização está associada a sua dependência dos recursos florais (como pólen e néctar) para alimentação própria ou da prole, sendo o pólen a principal fonte proteica de sua alimentação (Roubik, 1989). As abelhas apresentam adaptações morfológicas para coleta e utilização desses recursos. Algumas, por exemplo, possuem língua longa para coleta de néctar e estruturas específicas para coleta de essências. As plantas apresentam formas e cores atrativas às abelhas, além de oferecem diferentes recursos, como néctar e essências aromáticas (Kevan & Baker, 1983).

Não só as plantas silvestres, mas também as plantas agrícolas dependem dos serviços de polinização. Mais de 73% das culturas agrícolas mundiais dependem da ação de animais para polinização, sendo a maior parte realizada por abelhas (Klein *et al.*, 2007). Mesmo aquelas que não dependem dos polinizadores podem ter sua produtividade aumentada através da ação destes insetos. Além de melhorar a qualidade dos frutos, a polinização cruzada pode aumentar a resistência às condições ambientais e a doenças (McGregor, 1976). Dessa forma, a ação dos polinizadores é essencial para melhorar a produtividade agrícola. No entanto, a existência destes agentes nas áreas de cultivo depende da manutenção de habitats naturais, onde são encontrados os recursos necessários para sua alimentação e construção de ninhos (Imperatriz-Fonseca, 2004).

Nos últimos anos tem-se discutido o declínio das populações de polinizadores e seus efeitos na diversidade dos ecossistemas naturais e na produção agrícola. Os principais contribuintes para este declínio são a perda e fragmentação de habitats, a utilização exagerada de produtos químicos agrícolas e industriais, doenças, além da introdução de espécies exóticas (Kevan & Imperatriz-

Fonseca, 2006). Entretanto, a maioria dos dados disponíveis refere-se à percepção do declínio das colônias de abelhas melíferas, pois são os polinizadores mais conhecidos e utilizados na maioria das culturas mundiais (Larsen *et al.*, 2005). Assim, ainda são necessários estudos sobre as espécies de polinizadores nativos para entender a dinâmica das populações dos polinizadores e seu real estado de conservação, principalmente nas regiões tropicais, visto que a maioria dos estudos está concentrada na Europa e América do Norte (Ghazoul, 2005; Potts *et al.*, 2010).

1.1- Influência da paisagem na polinização

Alterações na estrutura da paisagem, como a fragmentação e a degradação de habitat podem afetar as populações de polinizadores (Aguiar & Gaglianone, 2008; Winfree *et al.*, 2009) e conseqüentemente a reprodução das plantas, que pode ser altamente dependente da resposta dos polinizadores aos efeitos dessas alterações, principalmente para as plantas com polinizadores muito específicos (Aguilar *et al.*, 2006; Freitas *et al.*, 2009; Maués & Oliveira, 2010).

Para as abelhas, os principais efeitos da fragmentação e da degradação de habitats são a perda dos recursos alimentares e de locais para nidificação (Winfree *et al.*, 2009). Muitas abelhas possuem especificidade por determinados recursos florais, necessitando, por exemplo de óleos, oferecidos por algumas espécies de plantas, para construção de seus ninhos e alimentação de suas larvas (Vogel, 1969). Além disso, as abelhas apresentam uma variedade de hábitos de nidificação como, por exemplo, escavação no solo, utilização de cavidades preexistentes ou escavação de galerias em troncos (Roubik, 1989). Mudanças na distribuição espacial e temporal dos recursos florais, extinção local de espécies de plantas fontes de recursos e modificações na quantidade e qualidade dos recursos para nidificação podem afetar as abelhas, principalmente as espécies mais exigentes (Kremen *et al.*, 2007).

A resposta das abelhas também depende da sua capacidade de voo. O raio de voo das abelhas é determinado por fatores internos (ex. fisiologia e morfologia) e externos (ex. barreiras de paisagem) (Zurbuchen *et al.*, 2010). Em geral, a capacidade de voo das abelhas está relacionada ao seu tamanho e abelhas maiores

possuem capacidade de voar distâncias mais longas para buscar recursos e assim seriam menos sensíveis a mudanças na paisagem. Entretanto, por serem maiores, essas abelhas têm uma demanda energética maior, necessitando de mais recursos e podem ser excluídas em áreas em que estes são muito reduzidos (Gathmann & Tscharnke, 2002; Kremen *et al.*, 2007). Dessa forma abelhas de tamanhos distintos podem responder de formas diferentes à influência de uma mesma paisagem.

As abelhas apresentam comportamento de forragear preferivelmente em curtas e sucessivas viagens, sempre retornando ao ninho por isso a proximidade entre locais de nidificação e campos agrícolas é crítica para os cultivos polinizados por abelhas (Gathmann & Tscharnke, 2002). Um exemplo disso é um estudo realizado por Kohler *et al.* (2008) que encontrou maior abundância de abelhas forrageando em plantas ruderais próximas a uma reserva natural, quando comparadas às plantas mais afastadas da reserva, sugerindo a nidificação no interior da reserva.

A expansão agrícola é apontada como um dos principais fatores responsáveis pela fragmentação florestal e pela alteração na composição e diversidade de polinizadores, na medida em que reduz a heterogeneidade de habitats (Benton *et al.*, 2003). Em uma escala temporal, ecossistemas naturais complexos foram transformados em áreas agrícolas e muitos delas simplificadas em grandes monoculturas, cada vez menos heterogêneas (Tscharnke *et al.*, 2005).

Entretanto, estudos mostram que a proximidade a fragmentos florestais pode proporcionar maior diversidade de agentes polinizadores em áreas de cultivo e aumento na eficiência da polinização de espécies cultivadas, podendo assim esses resultados ajudar a aliar a conservação de fragmentos florestais à agricultura (Kevan & Imperatriz-Fonseca, 2002; Kremen *et al.*, 2004; Chacoff & Aizen, 2006; Klein *et al.*, 2007; Garibaldi *et al.*, 2011). Em uma análise envolvendo 16 culturas em seis continentes, Ricketts *et al.* (2008) observaram marcada redução na riqueza de espécies de polinizadores em áreas de cultivo mais distantes de fragmentos e aumento na riqueza e nas taxas de visitas com a maior proximidade a fragmentos florestais. Não só a proximidade a fragmentos florestais, mas também a qualidade do habitat influencia a diversidade de polinizadores, pois ecossistemas mais complexos apresentam maior diversidade de polinizadores.

Benevides *et al.* (2009) em um trabalho realizado com o maracujá (*Passiflora edulis* Deg.), no estado do Rio de Janeiro, mostraram que a riqueza de espécies de polinizadores foi maior em áreas de cultivo com maior proximidade a fragmentos florestais.

Cultivos de café (*Coffea arabica* Linnaeus) na Costa Rica localizados em áreas próximas à floresta tiveram incremento de 20% na produção, resultante do aumento da riqueza e taxa de visitação das abelhas polinizadoras. O valor econômico da floresta foi calculado em US\$60.000 por ano, o que ilustra o benefício econômico da conservação de florestas em paisagens agrícolas (Ricketts *et al.*, 2004). Resultados semelhantes foram encontrados também para o café no Brasil, em um trabalho realizado na Zona da Mata Mineira, onde a proximidade a fragmentos florestais proporcionou um aumento de 15% na produção, como consequência da ação de polinizadores (De Marco & Coelho, 2004).

1.2- Polinização do tomateiro

O tomate cultivado (*Solanum lycopersicum* L.) pertence à família Solanaceae e está inserido no grupo *Solanum* seção *Lycopersicon*, junto de mais 12 espécies de tomate nativas, que ocorrem no oeste da América do Sul, incluindo Equador, Peru e o Chile, e também na ilha de Galápagos (Peralta & Spooner, 2001; Spooner *et al.*, 2005; Peralta *et al.*, 2008).

Solanum lycopersicum é uma espécie herbácea anual. As flores são hermafroditas, pequenas (1-2 cm de diâmetro), com corola e anteras amarelas, apresentando cinco estames livres, cujas anteras soldam-se formando um cone que envolve o estigma (Minami & Haag, 1989). As anteras apresentam grãos de pólen pequenos e secos, que são liberados através de poros apicais (Buchmann, 1983). A morfologia das anteras e dos grãos de pólen permite a coleta de pólen por vibração, exercida por abelhas que vibram as flores através do comportamento descrito como *buzz pollination*. As abelhas vibradoras pousam sobre as anteras da flor e agarram fortemente os estames, em volta ou no ápice do cone de anteras. Nessa posição, usam a musculatura torácica para vibrar as anteras, provocando, através de contrações musculares, uma ressonância dentro delas, que libera o pólen

(Buchmann & Hurley, 1978). A autopolinização pode ser realizada pelo vento em áreas abertas, onde a corrente de vento é suficiente para vibrar as anteras e fazer com que o pólen caia sobre o estigma (McGregor, 1976).

Não são todas as abelhas que têm capacidade vibratória. As abelhas *Apis mellifera* Linnaeus, por exemplo, polinizadores mais conhecidos de culturas agrícolas, não apresentam este comportamento e por isso não são eficientes em polinizar muitas espécies de Solanaceae. Um experimento comparando *A. mellifera* e *Melipona quadrifasciata* Lepeletier mostrou que estas abelhas sem ferrão foram mais eficientes em polinizar tomates em estufa do que *A. mellifera*, produzindo frutos mais pesados e com maior número de sementes. Além disso, tomates vindos de estufa com *A. mellifera* não diferiram do controle, cujas flores foram protegidas de polinizadores e, portanto, resultantes de autopolinização (Bispo dos Santos *et al.*, 2009). Além de *M. quadrifasciata*, também observada por Del Sarto *et al.* (2005), outras espécies de abelhas com capacidade vibratória são conhecidas como polinizadores de tomateiro, tanto em estufa como em cultivos abertos; é o caso de abelhas dos gêneros *Bombus* e *Xylocopa* (Banda & Paxton, 1991; Dogterom *et al.*, 1998; Morandin *et al.*, 2001a; Keasar, 2010).

Como verificado por Macias-Macias *et al.* (2009), apesar de apresentarem autopolinização, as flores do tomateiro da variedade “Saladette”, comum no México, tiveram maior produtividade de frutos quando polinizadas por abelhas. Segundo Ikeda & Tadauchi (1995), em um estudo realizado com *Bombus*, no Japão, os frutos de tomateiro obtidos a partir da polinização por abelhas apresentaram maior uniformidade em relação àqueles produzidos a partir de outras formas de polinização. Além disso, o tamanho do tomate é diretamente relacionado ao número de sementes que, por sua vez, depende do número de grãos de pólen que chegam ao estigma e fecundam os óvulos (Morandin *et al.*, 2001b; Kinet & Peet, 2002).

Um estudo realizado por Nunes-Silva *et al.* (2008) mostrou que sete espécies de abelhas sem ferrão de diferentes tamanhos apresentaram capacidade vibratória semelhante em relação a frequência e velocidade da vibração. Assim, a eficiência do polinizador possivelmente está associada a outras características comportamentais como frequência de visitas às flores e horário das visitas compatível com o horário de maior receptividade estigmática (Del Sarto *et al.*, 2005; Palma *et al.*, 2008). A

composição de polinizadores do tomateiro varia entre regiões (Campos, 2008; Macias-Macias *et al.*, 2009; Bispo dos Santos *et al.*, 2009; Santos & Nascimento, 2011). Espécies de abelhas que ocorrem uma determinada região, sendo os principais polinizadores do tomate nessa área, podem não ocorrer em outra. Assim, é importante estudar a fauna local de polinizadores, para então compreender os processos que os influenciam.

2-JUSTIFICATIVA

Frente ao alto grau de devastação e degradação dos fragmentos florestais do noroeste do estado do Rio de Janeiro e com base na importância da composição florística dessa região, que apresenta uma diversidade arbórea específica relativamente alta para o bioma Mata Atlântica (com ocorrência de espécies raras e ameaçadas de extinção), Scarano *et al.* (2009) e Dan *et al.* (2010) apontaram os remanescentes florestais do noroeste fluminense como prioritários para a conservação. Dessa maneira, o estudo das abelhas, principais agentes polinizadores, e de suas interações com plantas nativas e cultivadas, torna-se essencial nessa região.

A visão atual da conservação de polinizadores aborda a manutenção dos polinizadores nativos em áreas de fragmentos florestais e nas áreas de cultivo, visando à conservação da biodiversidade e o uso dos serviços ambientais realizado pelos polinizadores nativos para aumento da produção agrícola (Kremen, 2008; Bommarco *et al.*, 2012).

3-OBJETIVOS

O objetivo desse estudo foi verificar a influência da cobertura florestal sobre os polinizadores do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) e avaliar a importância dos polinizadores na produtividade de frutos dessa espécie, tendo como objetivos específicos:

- 1- Caracterizar a comunidade de polinizadores do tomateiro (*S. lycopersicum*) em plantações inseridas em diferentes paisagens na região noroeste do estado do Rio de Janeiro e relacionar os parâmetros destas comunidades com a cobertura florestal no entorno dos plantios.
- 2- Avaliar a importância dos polinizadores para a frutificação e qualidade dos frutos do tomateiro (*S. lycopersicum*).

4- HIPÓTESES

- 1- Áreas de cultivo do tomateiro inseridas em paisagem com maior cobertura florestal no seu entorno apresentam maior riqueza, abundância e diversidade de espécies de polinizadores do tomateiro, pois os fragmentos proporcionariam locais de nidificação e outras fontes de recursos aos polinizadores.
- 2- A taxa de frutificação e a qualidade dos frutos resultantes da polinização natural e da polinização cruzada manual apresentam, respectivamente, valores maiores e melhores, quando comparadas às flores em que ocorreu a autopolinização espontânea.

5- METODOLOGIA

5.1- Área do estudo

As áreas de estudo localizam-se no município de São José de Ubá, grande produtor no noroeste do estado do Rio de Janeiro, onde a cultura do tomate é base da economia desde a década de 1960 (Tôsto *et al.*, 2004; IBGE, 2012). O município possui uma área de 251,6 km² e faz limite com os municípios de Santo Antônio de Pádua, Miracema, Cambuci e Itaperuna (IBGE, 2012).

A cobertura vegetal original dessa região era composta na sua maioria de floresta estacional semidecidual submontana (Dan *et al.*, 2010). Entretanto, restam somente 4% dessa cobertura, que corresponde a 923 ha de florestas, constituída de pequenos fragmentos localizados principalmente em topos de morros (Fundação

SOS Mata Atlântica, 2008). Nascimento *et al.* (2007) identificaram 54 fragmentos de floresta com área superior a 1 ha, através da análise de imagens de satélite da Microbacia Santa Maria/Cambiocó (inserida no município de São José de Ubá). Além disso, 46 deles possuem área inferior a 5 ha, o que é ainda mais alarmante. Todos os fragmentos florestais da região sofreram, e alguns ainda sofrem, corte seletivo de madeira e há dúvida se ainda há floresta primária. Mesmo o maior fragmento florestal da região, com aproximadamente 730 ha, pertencente à Fazenda Prosperidade, teria sido no passado utilizado para plantios de café e se regenerado posteriormente. A existência de remanescente florestal nesta região ainda é duvidosa. Há algumas décadas, este fragmento vem sendo bastante protegido pelo proprietário, sofrendo menor influência antrópica que os demais (Dan *et al.*, 2010).

O clima da região é classificado como Aw (*sensu* Köppen, 1948), tropical quente e úmido com inverno seco (abril a setembro) e verão chuvoso (outubro a março). As médias térmicas anuais estão em torno de 23°C, com médias de 26°C nos meses mais quentes e de 19°C nos meses mais frios. A pluviosidade anual é em média de 1200 mm, com maiores precipitações de outubro e março (Gonçalves *et al.*, 2006). As variáveis climáticas (temperatura e pluviosidade) durante os dois anos do estudo (2010 e 2011) estão apresentadas na figura 1 e foram obtidas no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (www.inmet.gov.br).

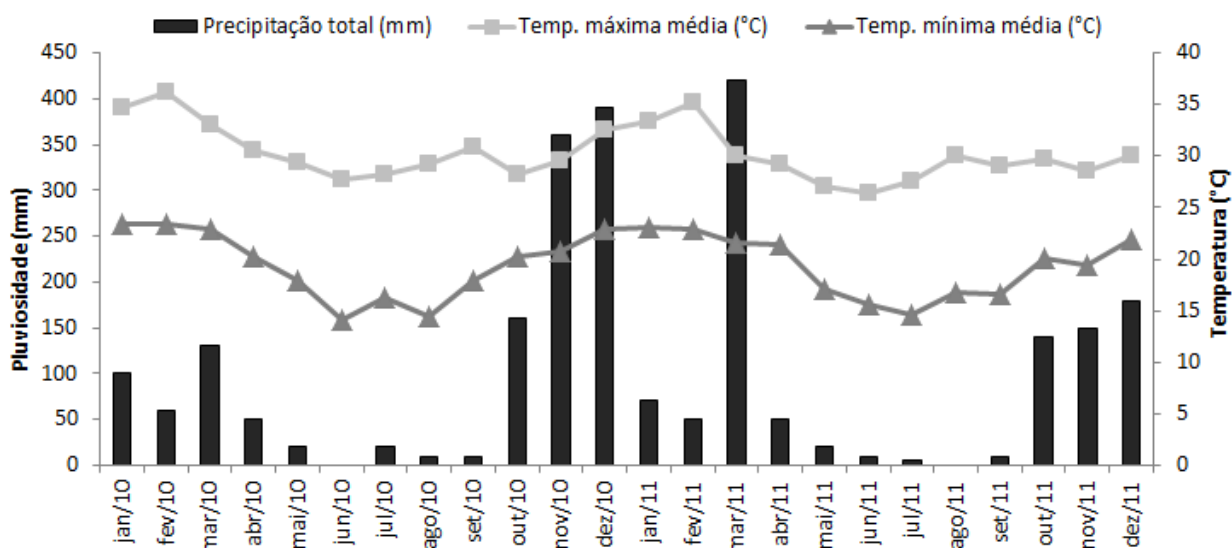


Figura 1: Pluviosidade total (mm) e temperaturas médias das máximas e das mínimas (°C) mensais, para os anos de 2010 e 2011, na estação meteorológica de Itaperuna (RJ). Fonte: INMET.

5.2- Espécie estudada / cultivo do tomate

Na região noroeste do estado do RJ, principalmente no município de São José de Ubá, o cultivo de tomate é feito em pequenas propriedades. Os plantios são feitos uma vez ao ano, no sistema de estacas e plantio convencional com aplicação de agrotóxicos (Moura, 2005). Informações obtidas com os agricultores da região indicaram que as principais variedades de tomate usadas são “Ivanhoé”, “Dominador” e “Topázio”, apesar de muitas outras variedades também serem plantadas na região. Na maioria das vezes, essas variedades são misturadas em um mesmo cultivo. Além disso, todos os plantios visitados nesse trabalho sofrem regimes semelhantes de irrigação e aplicação de agrotóxicos. Os defensivos agrícolas são utilizados durante todas as fases de desenvolvimento das plantas, inclusive no período de floração, sendo aplicados de 2 a 3 vezes por semana principalmente após as 14 horas.

Após a colheita do tomate, na maioria das áreas, o plantio é substituído por milho, ou a terra é deixada em descanso.

5.3- Delineamento amostral

O estudo de campo foi realizado nos anos de 2010 e 2011. Em cada ano, foram selecionadas nove áreas de cultivo de tomate inseridas em duas diferentes paisagens: uma com maior cobertura florestal, por ser próxima a Fazenda Prosperidade (21°24'42,5”S 42°01'58,8”W), maior fragmento florestal da região, com aproximadamente 730 ha de vegetação natural (Dan *et al.*, 2010) (denominada Prosperidade); e outra na região de Valão de Santa Maria/Cambiocó (Cambiocó), cuja paisagem é dominada por pequenas áreas agrícolas, existindo apenas poucos e pequenos fragmentos florestais, restritos a topos de morros. Ao longo do período, 36 plantios foram avaliados (fig. 2, 3 e 4; tab. 1 e 2). Esse desenho amostral foi utilizado para comparar a comunidade de polinizadores do tomateiro nas duas paisagens distintas. Os mesmos 36 plantios de tomateiros foram utilizados para

avaliar a influência da cobertura florestal no entorno imediato aos cultivos, como descrito no **item 5.6**.



Figura 2: Áreas de cultivo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) nas paisagens estudadas: A- plantio na região da Prosperidade, com fragmento de vegetação ao fundo e B- plantio na região do Cambiocó (São José de Ubá, RJ).



Figura 3: Áreas de plantios de tomateiro avaliadas (PR01 a PR18) na região da Prosperidade e o fragmento florestal da fazenda Prosperidade, São José de Ubá, RJ. Fonte: Google Earth.

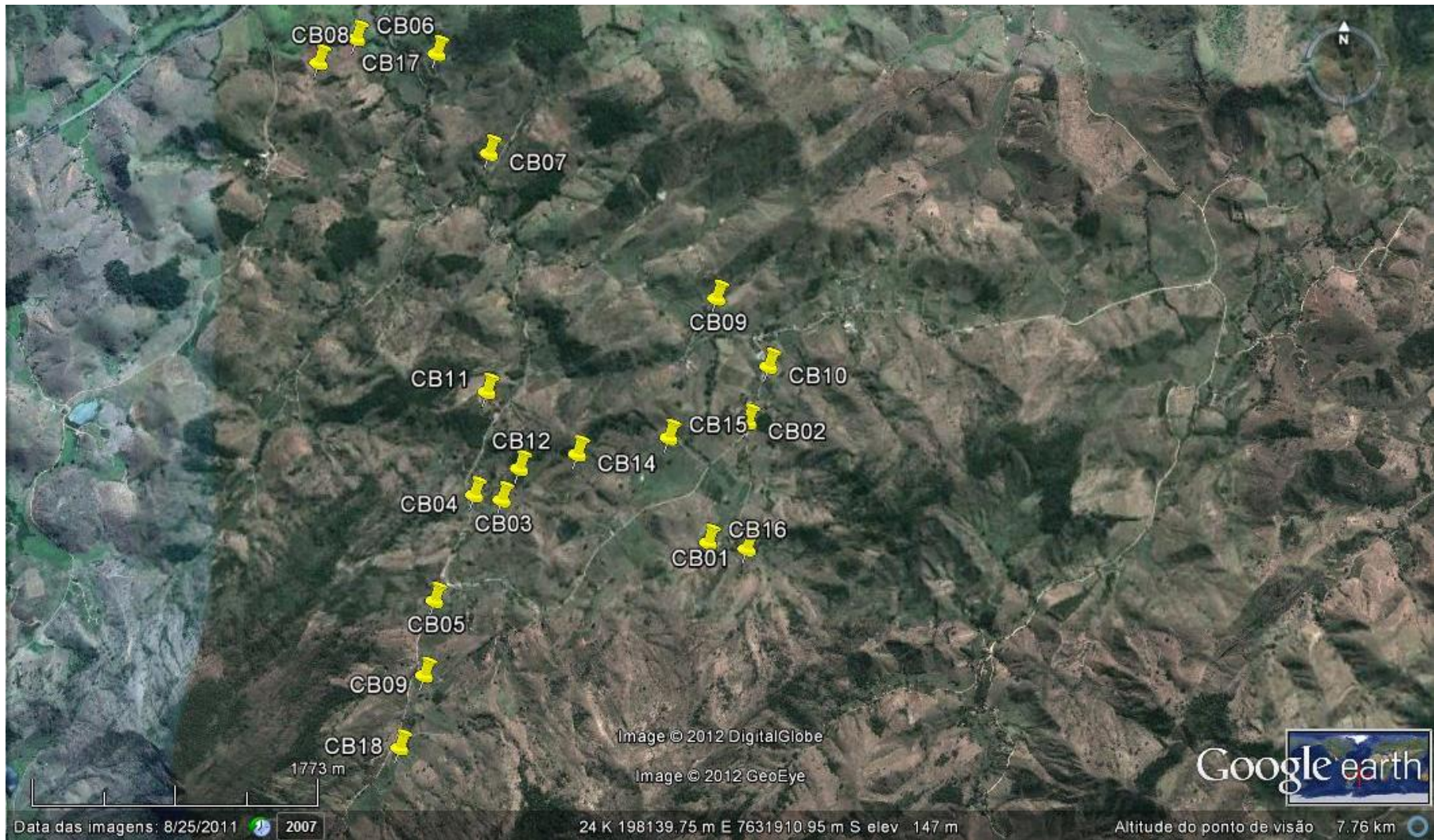


Figura 4: Áreas de plantio de tomateiro (CB01 a CB18) na região do Cambiocó, São José de Ubá (RJ). Fonte: Google Earth.

Tabela 1: Localização e descrição das áreas de cultivo avaliadas nos dois anos de estudo (2010 e 2011) na região da Prosperidade, São José de Ubá (RJ). Denominação das áreas segue a apresentada na figura 3

Prosperidade (2010)							
Área	Localização (coord. geogr.)	Nome do produtor	Tamanho (ha)*	Nº de plantas*	Idade do plantio (dias)**	Cultivares de tomate	
PR01	21°25'3,70"S 42° 0'47,50"O	Donizete	2	22.000	80	Dominador	
PR02	21°24'47,10"S 42° 0'55,40"O	João	0,3	3.000	75	Dominador	
PR03	21°25'49,80"S 42° 1'43,40"O	Chiquito	4,5	45.000	80	Débora/Dominador	
PR04	21°25'27,10"S 42° 1'36,50"O	Gilberto	0,5	7.000	80	Dominador	
PR05	21°26'24,00"S 42° 0'59,40"O	Carlos	2,5	27.000	85	Dominador	
PR06	21°24'51,61"S 41°59'45,27"O	Alessandro	2	22.000	80	Ivanhoé	
PR07	21°23'56,70"S 41°58'50,40"O	Leco	1	10.000	80	Topázio	
PR08	21°25'4,10"S 41°59'5,30"O	Eliana	0,5	7.000	80	Paron	
PR09	21°24'52,79"S 41°59'53,53"O	Marcelo	0,5	8.000	85	Paron/Pizzadoro	
2011							
PR10	21°24'59,86"S 41°59'38,55"O	Ademilson	0,5	7.000	80	Dominador	
PR11	21°25'35,45"S 42° 1'49,22"O	Gilberto	1,5	14.000	80	Dominador	
PR12	21°24'27,31"S 42° 0'48,47"O	Donizete	1	8.000	70	Dominador	
PR13	21°25'6,78"S 41°59'39,76"O	Alessandro	1	7.000	90	Dominador	
PR14	21°25'16,71"S 42° 1'8,18"O	Donizete	1,5	14.000	80	Dominador	
PR15	21°25'57,72"S 42° 1'35,13"O	Leandro	1	9.000	90	Pizzadoro	
PR16	21°24'38,37"S 42° 1'21,92"O	Prosperidade	1	10.000	80	Dominador	
PR17	21°24'54,48"S 41°58'59,51"O	Kleber	3	30.000	94	Paron	
PR18	21°26'29,43"S 42° 1'10,86"O	Carlos	1	8.000	80	Gault	

*Informado pelo produtor

**No dia da amostragem

Tabela 2: Localização e descrição das áreas de cultivo avaliadas nos dois anos de estudo (2010 e 2011) na região de Cambiocó, São José de Ubá (RJ). Denominação das áreas segue a apresentada na figura 4

Cambiocó (2010)							
Área	Localização (coord. Geogr.)	Nome do produtor	Tamanho (ha)*	Nº de plantas*	Idade do plantio (dias)**	Cultivares de tomate	
CB01	21°23'54,23"S 41°54'35,42"O	Jaime	0,5	7.000	80	Topázio	
CB02	21°23'29,40"S 41°54'35,50"O	José Paulo	2	16.000	70	Topázio	
CB03	21°23'41,60"S 41°55'22,90"O	Maxuel	0,5	5.000	80	Ivanhoé/Carmem	
CB04	21°23'44,20"S 41°55'33,70"O	Adilho	0,5	6.800	70	Ivanhoé	
CB05	21°24'5,00"S 41°55'41,90"O	Maxuel	0,5	5.800	80	Ivanhoé/Carmem	
CB06	21°22'14,69"S 41°55'59,75"O	Luiz Antônio	2	18.000	80	Santa Clara	
CB07	21°22'36,90"S 41°55'31,30"O	Mário	0,3	3.000	90	Topázio	
CB08	21°22'18,99"S 41°56'5,17"O	Josemir	2,5	33.000	88	Topázio	
CB09	21°24'19,74"S 41°55'43,98"O	José	1	11.000	100	Ivanhoé	
2011							
CB10	21°23'5,12"S 41°54'42,38"O	Fabinho	0,1	9.000	85	Dominador	
CB11	21°23'23,91"S 41°55'31,03"O	Jorge	1,2	12.000	90	Dominador	
CB12	21°23'38,91"S 41°55'24,12"O	Adilho	0,5	7.000	90	Sofia	
CB13	21°23'18,38"S 41°54'31,10"O	Paulo	0,5	6.000	80	Dominador	
CB14	21°23'35,89"S 41°55'11,59"O	Elias	0,7	7.200	90	Carmem	
CB15	21°23'32,58"S 41°54'52,29"O	Wilson	0,5	6.000	75	Sofia	
CB16	21°23'53,05"S 41°54'43,68"O	Sebastião	0,5	5.000	80	Dominador	
CB17	21°22'17,37"S 41°55'42,71"O	Josemir	2	21.000	90	Sofia	
CB18	21°24'33,89"S 41°55'49,02"O	Vagner	0,5	5.000	90	Dominador/Pizzadoro	

*Informado pelo produtor

**No dia da amostragem

5.4- Morfologia floral das flores do tomateiro

Foram tomadas as seguintes medidas das flores de *S. lycopersicum* dos diferentes cultivares em que os visitantes florais foram amostrados: diâmetro da corola, número de pétalas, número de anteras e altura do cone de anteras. Também foi observada a inclusão ou não do pistilo na coluna estaminal, como o exemplificado por Lacerda *et al.* (1994). Foram utilizadas três flores dos cultivares Carmen, Débora, Gault, Parón, Pizzadoro, Santa Clara, Sofia e Topázio, e seis flores dos cultivares Dominador e Ivanhoé, totalizando 36 flores. Essas medidas foram feitas em laboratório, utilizando um paquímetro digital.

5.5- Amostragem dos visitantes florais

Foi feita uma amostragem dos visitantes florais do tomateiro em cada área de cultivo (quando as plantas estavam floridas no 3° ou 4° cacho) durante o período de florescimento do tomateiro, entre maio e agosto de 2010 e 2011. As coletas foram realizadas com rede entomológica por dois coletores no período de maior atividade das abelhas, das 8 às 14h, como indicado por observações preliminares. A cada hora foram realizadas três sessões de coleta de 15 minutos, ao longo de transectos (em média 50 plantas) acompanhando as fileiras do plantio, totalizando 4,5 horas de coleta por dia.

Os indivíduos pousados na flor eram coletados, mortos em acetato de etila e devidamente identificados. Em laboratório, as abelhas foram montadas, etiquetadas e, após a identificação taxonômica, depositadas na Coleção de Zoologia do Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

O número de flores abertas em cada área, no dia de coleta dos visitantes, foi estimado a partir da média do número de flores/planta contado em 30 plantas aleatórias em cada plantação. A partir desses dados, foi possível calcular a taxa de visitação da seguinte maneira: n° de indivíduos de polinizadores coletados durante o dia / n° de flores observadas durante o dia / n° de horas de observação (4,5 horas).

A avaliação do comportamento e classificação das espécies como polinizadores ou pilhadores foi feita através de observações em campo. As espécies observadas coletando pólen pela vibração das anteras foram consideradas polinizadoras. Já as abelhas que danificavam a flor, mordendo as anteras, para coleta de pólen foram classificadas como pilhadoras.

Em cada dia de coleta foram tomadas medidas de temperatura e umidade relativa do ar a cada hora (das 8 às 14h) e a mínima e máxima nesse intervalo de tempo, utilizando um termohigrômetro.

5.6- Análise da cobertura florestal

Para determinação da cobertura florestal no entorno das áreas de estudo foi utilizada uma *shapefile* da área, com a determinação das áreas de floresta, cedida pela estudante de doutorado do PPGERN Karla Maria Pedra de Abreu Archanjo. Ela utilizou ortofotos georeferenciadas do ano de 2005, disponibilizadas no site do IBGE (<ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/ortofoto>) para classificar o uso do solo no município de São José de Ubá, utilizando o software ArcGis 9.3. A classificação foi feita separando as áreas de floresta de outros tipos de vegetação, como pastagem, plantios de eucalipto e outros cultivos agrícolas, e também de áreas urbanas e corpos d'água.

Posteriormente foram gerados *buffers* (raios) de 250, 500, 750, 1500 e 4000 m (fig. 5), a partir do ponto central do plantio (para cada um dos 36 plantios estudados), e a cobertura florestal dos fragmentos contidos nos *buffers* foi quantificada em metros quadrados.

Para a escolha do tamanho dos raios em que a cobertura florestal seria quantificada, foram utilizados os seguintes trabalhos que abordam distâncias de forrageamento das abelhas: Gathmann & Tschardt, 2002; Kremen *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2006; Greenleaf *et al.*, 2007; Zurbuchen *et al.*, 2010.

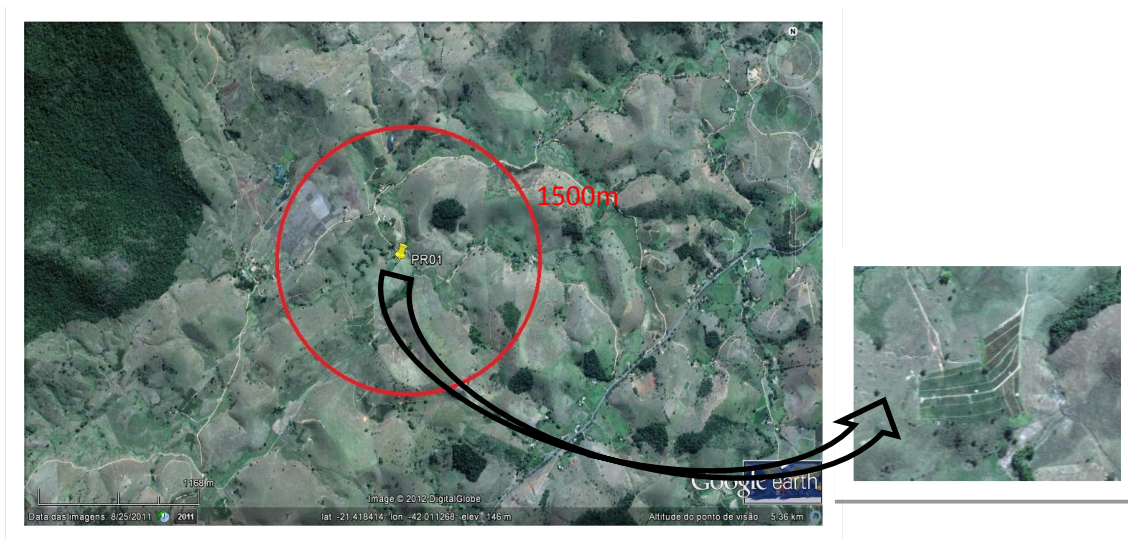


Figura 5: Esquema de um raio de 1500m metros no entorno de um plantio na região da Prosperidade em São José de Ubá (RJ), utilizando a imagem do Google Earth. No detalhe visualização aumentada do plantio.

Os valores de cobertura florestal gerados para cada raio foram relacionados com os parâmetros de comunidade (riqueza, abundância e diversidade) dos polinizadores coletados em cada área. Além disso, as abelhas foram classificadas de acordo com o porte corporal em pequenas e grandes para análise das abundâncias separadamente. Foram consideradas como pequenas as espécies que possuem o comprimento do corpo igual ou menor que 10 mm (*Exomalopsis*, *Melipona*, *Augochlora*, *Augochloropsis* e *Pseudaugochlora*) e as abelhas consideradas grandes foram as maiores que 10 mm de comprimento corporal (pertencentes aos gêneros *Bombus*, *Centris*, *Euglossa*, *Eulaema*, *Xylocopa* e *Oxaea*).

5.7- Experimentos de polinização

Os experimentos de polinização em campo (polinização natural e autopolinização espontânea) foram realizados durante o ano de 2010 nas áreas de cultivo de tomate detalhadas na tabela 2, excetuando os plantios CB02 e PR01 devido a questões logísticas. O número de frutos formados a partir da polinização natural foi quantificado através da observação de 50 flores marcadas, que foram deixadas descobertas e acompanhadas por 10 dias, tempo necessário para

visualização da formação dos frutos ou queda do receptáculo floral. A frutificação a partir da autopolinização espontânea foi testada pela manutenção de 50 flores em pré-antese ensacadas até a formação dos frutos ou queda do receptáculo floral (também ao longo de dez dias). No total, foram testadas 400 flores para autopolinização espontânea e 400 para a polinização natural em cada região estudada (Cambiocó e Prosperidade).

Não foi possível avaliar a qualidade dos frutos em que os testes de polinização foram feitos no campo, pois estes foram colhidos pelos agricultores antes de ser medidos.

Em casa de vegetação, foram plantados 40 tomateiros de dois cultivares (Ivanhoé e Dominador), a partir de mudas provenientes das mesmas áreas estudadas, para realização dos testes de polinização. Flores em pré-antese foram previamente isoladas, ensacadas com sacos de organza, e utilizadas para os seguintes testes de polinização:

- apomixia (APO): as flores foram emasculadas e ensacadas para evitar o contato eventual com o pólen, n= 10;

- autopolinização espontânea (APE): manutenção das flores ensacadas até a formação dos frutos ou a queda do receptáculo, n= 69;

- polinização cruzada manual emasculada entre cultivares (PCC): uma mistura de pólen de três flores de um cultivar foi colocada sobre o estigma de flores, previamente emasculadas, do outro cultivar, n= 122;

- polinização cruzada manual emasculada no mesmo cultivar (PCM): o pólen de flores de três tomateiros distintos foi colocado sobre o estigma de flores de outro tomateiro do mesmo cultivar, sendo estas previamente emasculadas, n=123;

- polinização cruzada não emasculada (CNE): o pólen de outras três flores foi colocado sobre o estigma de flores não emasculadas, n=156.

A porcentagem de frutificação de cada experimento foi calculada a partir do número de frutos formados dividido pelo número de flores testadas em cada tratamento. A importância de polinizadores para as flores do tomateiro foi avaliada pela comparação da porcentagem de frutificação da autopolinização espontânea com a dos experimentos de polinização cruzada e natural.

Devido ao mau desenvolvimento dos frutos em casa de vegetação, pela deficiência de cálcio, os frutos foram medidos com trinta dias e não ao final do desenvolvimento. Além disso, não foi possível utilizar as medidas de peso. Então a qualidade dos frutos foi avaliada somente a partir da circunferência e número de sementes dos frutos resultantes de cada experimento.

5.8- Análise dos dados

Os visitantes florais amostrados nas duas regiões (Cambiocó e Prosperidade) nos anos de 2010 e 2011 foram analisados em relação aos seguintes descritores das comunidades: composição, riqueza, diversidade de espécies (Shannon-Wiener), dominância (Berger-Parker), similaridade qualitativa (Sorensen) e riqueza estimada (por Bootstrap). Foi utilizado o teste *t* de Hutcheson para comparar a diversidade entre as áreas. Os índices e o teste *t* foram calculados no programa Past versão 2.14 (Hammer *et al.*, 2001).

Foram calculadas curvas de rarefação, construídas a partir de 1000 aleatorizações e com intervalos de confiança a 95% de probabilidade, para comparar a riqueza de espécies entre as regiões amostradas em cada ano e verificar a eficiência na amostragem. Essas foram calculadas com auxílio do programa Past versão 2.14 e o gráfico construído no Statistica 8.0.

Para cada espécie amostrada, foram calculadas a frequência de ocorrência (FO) e a dominância (D). A FO é igual ao número de amostras com a espécie *i* dividido pelo número de amostras total, multiplicado por 100. Quando $FO \geq 50\%$, a espécie foi considerada muito freqüente (mf), se $FO < 50\%$ e $\geq 25\%$ = freqüente (f) e se $FO < 25\%$ = pouco freqüente (pf). A dominância (D) foi calculada pela divisão da abundância da espécie *i* pela abundância total, multiplicado por 100. Quando $D \geq 5\%$ = espécie dominante (d), se $D < 5\%$ e $\geq 2,5\%$ = espécie acessória (a) e quando $D < 2,5\%$ = espécie ocasional (oc). A partir desses parâmetros, as espécies foram categorizadas (Ct) em: espécies comuns (c)= (mf ou f) + d, espécies raras (r)= pf + oc e espécies intermediárias (i)= outras combinações (conforme usado por Aguiar & Gaglianone, 2008).

A distribuição das abundâncias relativas das espécies amostradas consideradas polinizadoras de *S. lycopersicum* na área de estudo foram plotadas em ordem decrescente, segundo o “Rank-Abundance Plot” (Whittaker, 1965).

Com auxílio do programa Statistica 8.0, foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, para verificar diferença na frequência de visitantes florais (considerando somente os polinizadores) ao longo do dia. Para comparações *a posteriori* foi utilizado o teste de comparações múltiplas de Dunn (Zar, 1999; StatSoft. Inc., 2007).

Em relação aos experimentos de polinização, as porcentagens de frutificação foram comparadas através do teste do qui-quadrado (X^2), utilizando o programa BioEstat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007). A comparação das medidas dos frutos (circunferência e número de sementes) oriundos dos testes de polinização foi feita através do teste de Kruskal-Wallis e o teste *a posteriori* de Dunn, pelo programa Statistica 8.0.

A correlação de Spearman foi utilizada para verificar a relação entre a porcentagem de frutificação da polinização natural em campo e a taxa de visitação de polinizadores em cada plantio de tomateiro estudado, também, utilizando o Statistica 8.0.

A regressão linear foi utilizada para verificar a relação entre abundância, riqueza e diversidade de espécies de potenciais polinizadores amostrados, em cada plantio de tomate estudado, e a cobertura florestal no entorno desses. Essa análise foi realizada no programa BioEstat 5.0.

Todos os testes foram feitos ao nível de significância de 5%.

6-RESULTADOS

6.1- Morfologia floral dos cultivares de *Solanum lycopersicum* estudados em São José de Ubá

As flores dos diferentes cultivares de *S. lycopersicum* coletados em campo eram morfologicamente semelhantes. Apresentam pétalas e estames de cor amarela, simetria do tipo radial e o único recurso oferecido às abelhas é o pólen (fig.6). As inflorescências são do tipo cimeira, ramificadas em sua maioria. O diâmetro médio da corola foi de $2,4 \pm 0,3$ cm (n=36), contendo de 5 a 6 pétalas. O cone formado pela junção das anteras (de 5 a 6 anteras) apresentou altura média de $0,83 \pm 0,04$ cm (n=36), com pistilo sempre incluso na coluna estaminal. A deiscência das anteras no momento da antese é poricida, mas com o ressecamento da flor ao longo do dia abre-se uma fenda lateral (fig. 7).

Dentre os cultivares plantados em São José de Ubá, os mais utilizados foram Dominador (44,4% dos 36 plantios estudados), Ivanhoé (13,8%) e Topázio (13,8%).

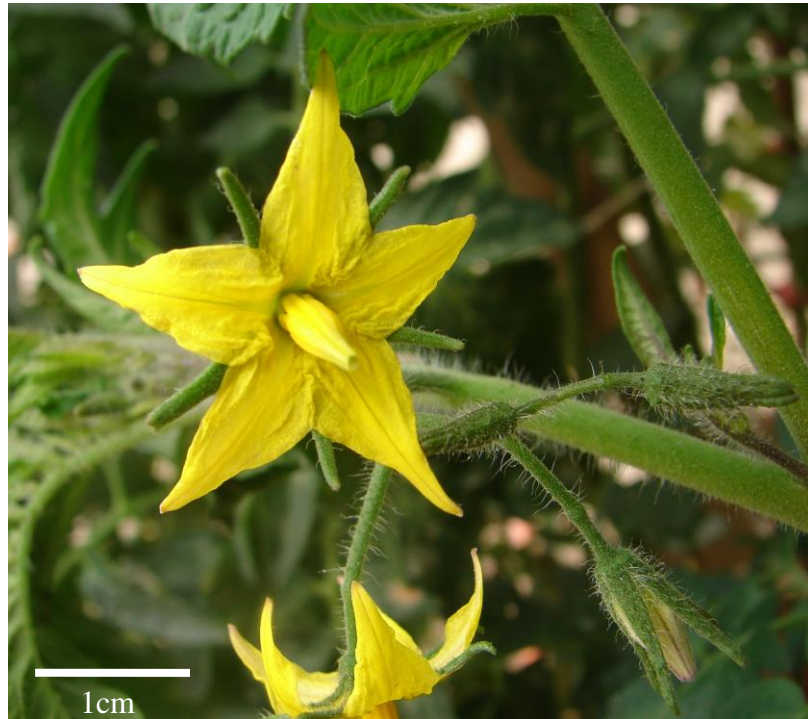


Figura 6: Flor de *Solanum lycopersicum* em casa de vegetação. Campos dos Goytacazes, RJ.



Figura 7: Corte longitudinal em flores *Solanum lycopersicum* mostrando a deiscência das anteras. A- Abertura dos poros apicais durante a antese; B- Abertura da antera em uma fenda longitudinal.

6.2- Composição, abundância e diversidade dos visitantes florais de *Solanum lycopersicum*

Nos 36 plantios estudados nos dois anos de estudo (2010 e 2011) foram coletadas 1729 fêmeas de abelhas de 41 espécies, pertencentes às famílias Apidae, Halictidae e Andrenidae. A maior riqueza de espécies foi amostrada na região da Prosperidade (2010= 26; 2011= 25), quando comparada com a região do Cambiocó (2010= 22 espécies; 2011= 24), como indicado na tabela 3.

As curvas de rarefação mostraram diferença significativa nos valores de riqueza entre as regiões, maiores na região da Prosperidade, não sobrepondo os intervalos de confiança a partir de 150 e 400 indivíduos nos anos de 2010 e 2011, respectivamente (fig. 8). A riqueza amostrada nas duas áreas foi próxima aos valores estimados por *Bootstrap* (28,6 e 29,9 para a Prosperidade e 25,1 e 28,5 para o Cambiocó, nos anos de 2010 e 2011), tendo sido amostrada 90,9% das espécies estimadas para a Prosperidade e 87,6% das estimadas para o Cambiocó em 2010.

Em 2010, a abundância foi maior na região da Prosperidade enquanto que em 2011, a área do Cambiocó apresentou maior número de indivíduos, com 60,1% (400 indivíduos) correspondendo a uma única espécie, *Exomalopsis analis*, o que resultou em alta dominância na comunidade (tab. 3). Os valores de dominância foram menores na Prosperidade, nos dois anos de estudo (tab. 3). Entretanto, não houve diferença significativa para o índice de diversidade entre as áreas (tab. 3). A similaridade qualitativa de *Sorensen* entre as regiões estudadas foi maior que 75%.

Dentre as espécies amostradas, *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* não foram consideradas polinizadoras de *S. lycopersicum*, pela incapacidade de vibração, e por isso não foram incluídas nas análises dos polinizadores que seguem abaixo. As duas espécies comportam-se como pilhadoras, pousam sobre a flor e mordem a extremidade proximal das anteras para coleta do pólen. *Apis mellifera* foi a espécie mais abundante entre os visitantes do tomateiro no Cambiocó (100 indivíduos) em 2010 (tab. 3) e ocorreu com menor abundância em 2011. Comportamento semelhante foi observado para *T. spinipes*, considerada comum nas duas áreas em 2010 e intermediária ou rara em 2011.

Dentre os polinizadores, o gênero mais representativo nas duas regiões foi *Exomalopsis* (fig. 11A e B), que correspondeu a mais de ¼ das abelhas amostradas para cada ano e região, sendo que em 2011, na região do Cambiocó, esse gênero contribuiu com mais de 80% das abelhas coletadas (fig. 9).

Analisando-se a frequência dos potenciais polinizadores de *Solanum lycopersicum* (fig. 10), observam-se poucas espécies muito abundantes (*Exomalopsis analis*, *Exomalopsis auropilosa*, *Bombus morio* e *Augochloropsis* sp1) e a maioria contribuindo com menos de 5% da abundância total. Este padrão resulta na classificação da maioria das espécies como raras, nas duas áreas e nos anos estudados (tab. 3). Espécies raras corresponderam a 68% das espécies de polinizadores amostradas no Cambiocó em 2010 e 58% em 2011. Na Prosperidade, estas porcentagens foram de 31% e 56%, em 2010 e 2011, respectivamente.

Exomalopsis analis foi o polinizador mais abundante na região do Cambiocó nos dois anos consecutivos (tab. 3), juntamente com *Xylocopa muscaria* em 2010. Estas duas espécies foram as únicas classificadas como comuns nessa área naquele ano. Em 2011, além de *E. analis*, *E. auropilosa* e *B. morio* (fig. 11C) mostraram os maiores valores de abundância no Cambiocó, 114 e 28 respectivamente. Na região da Prosperidade, *E. analis* (63 indivíduos), *Augochloropsis* sp1 (fig. 11D) (31) e *B. morio* (27) foram as espécies mais abundantes em 2010 enquanto que *E. auropilosa* (137), *E. analis* (112) e *B. morio* (57) foram as mais abundantes em 2011 (tab. 3).

Tabela 3: Composição, abundância, riqueza, diversidade de Shannon (H'), dominância de Berger-Parker (d), FO= Frequência de Ocorrência (pf=pouco frequente, f=frequente e mf=muito frequente), D= Dominância (d=dominante, a=accessória e oc=ocasional) e Ct= Categoria (c=espécie comum, i=espécie intermediária e r=espécie rara), para as abelhas amostradas em 2010 e 2011, em plantios de tomate nas duas áreas de estudo (Cambiocó e Prosperidade), em São José de Ubá, RJ. *indica abelhas menores ou iguais a 10 mm

		Cambiocó/2010				Prosperidade/2010				Cambiocó/2011				Prosperidade/2011				
		Abun.	FO	D	Ct	Abun.	FO	D	Ct	Abun.	FO	D	Ct	Abun.	FO	D	Ct	
APIDAE																		
	Apina	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	100	mf	d	c	42	f	d	c	28	f	a	i	4	f	oc	i
	Bombina	<i>Bombus morio</i> (Swederus, 1787)	9	pf	a	i	27	f	d	c	28	pf	a	i	57	mf	d	c
	Euglossina	<i>Euglossa</i> spp.	2	pf	oc	r	3	f	oc	i	8	pf	oc	r	3	f	oc	i
Apini	Euglossina	<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius, 1804)									1	pf	oc	r				
	Euglossina	<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841	1	pf	oc	r	4	f	oc	i	9	f	oc	i	3	pf	oc	r
	Meliponina	<i>Melipona quadrifasciata quadrifasciata</i> Lepeletier, 1836*					1	pf	oc	r								
	Meliponina	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	60	mf	d	c	72	mf	d	c	8	f	oc	i	5	pf	oc	r
Centridini		<i>Centris aenea</i> Lepeletier, 1841	8	f	a	i												
		<i>Centris fuscata</i> Lepeletier, 1841	6	f	oc	i	1	pf	oc	r								
		<i>Centris nitens</i> Lepeletier, 1841	2	pf	oc	r												
		<i>Centris tarsata</i> Smith, 1874	5	pf	oc	r												
		<i>Centris terminata</i> Smith, 1874													1	pf	oc	r
		<i>Centris varia</i> (Erichson, 1848)													4	pf	oc	r
Exomalopsini		<i>Exomalopsis analis</i> Spinola, 1853*	21	mf	d	c	63	mf	d	c	400	mf	d	c	112	mf	d	c
		<i>Exomalopsis auropilosa</i> Spinola, 1853*	2	pf	oc	r	22	mf	d	c	114	mf	d	c	137	mf	d	c
		<i>Exomalopsis</i> sp1*					2	pf	oc	r	2	pf	oc	r				
		<i>Exomalopsis</i> sp2*	3	pf	oc	r	15	f	a	i	1	pf	oc	r	1	pf	oc	r
		<i>Exomalopsis</i> sp3*	3	pf	oc	r	1	pf	oc	r	3	pf	oc	r	1	pf	oc	r
		<i>Exomalopsis</i> sp4*					4	f	a	i								
	<i>Exomalopsis</i> sp5*									1	pf	oc	r					
Eucerini		<i>Thygater</i> sp.*												1	pf	oc	r	

Continuação Tabela 3

Xylocopini	<i>Xylocopa frontalis</i> (Olivier, 1789)	3	pf	oc	r	2	pf	oc	r	1	pf	oc	r	1	pf	oc	r
	<i>Xylocopa muscaria</i> (Fabricius, 1775)	21	f	d	c	10	f	a	i	2	pf	oc	r	1	pf	oc	r
	<i>Xylocopa nigrocincta</i> Smith, 1854	2	pf	oc	r	4	f	oc	i	9	mf	oc	i	4	pf	oc	r
	<i>Xylocopa ordinaria</i> Smith, 1874									1	pf	oc	r	1	pf	oc	r
	<i>Xylocopa suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	3	pf	oc	r	4	f	oc	i	4	f	oc	i	2	pf	oc	r
HALICTIDAE																	
Augochlorini	<i>Augochlora</i> sp.*									1	pf	oc	r				
	<i>Augochloropsis electra</i> (Smith, 1853)*					1	pf	oc	r								
	<i>Augochloropsis</i> cfr <i>patens</i> (Vachal, 1903)*									2	pf	oc	r	14	f	a	i
	<i>Augochloropsis</i> cfr <i>sparsilis</i> (Vachal, 1903)*	1	pf	oc	r					6	f	oc	i	6	f	oc	i
	<i>Augochloropsis smithiana</i> (Cockerell, 1900)*					5	f	oc	i					1	pf	oc	r
	<i>Augochloropsis</i> sp1*	1	pf	oc	r	31	mf	d	c	4	pf	oc	r	41	mf	d	c
	<i>Augochloropsis</i> sp2*									12	pf	oc	r	8	f	oc	i
	<i>Augochloropsis</i> sp3*	6	pf	oc	r	14	pf	a	i								
	<i>Augochloropsis</i> sp4*					1	pf	oc	r								
	<i>Augochloropsis</i> sp5*													1	pf	oc	r
	<i>Pseudaugochlora erythrogaster</i> Michener 1954*									4	f	oc	i	10	mf	oc	i
	<i>Pseudaugochlora graminea</i> (Fabricius, 1804)*	3	pf	oc	r	11	mf	a	i	11	mf	oc	i	15	mf	a	i
	<i>Pseudaugochlora</i> sp1*					3	pf	oc	r								
<i>Pseudaugochlora</i> sp2*	1	pf	oc	r	4	f	oc	i									
ANDRENIDAE																	
Oxaeini	<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807					4	f	oc	i	5	pf	oc	r	16	mf	a	i
	Riqueza	22				26				24				25			
	N° de indivíduos	263				351				665				450			
	H'	2,06				2,53				1,54				2,13			
	Teste t Student – Diversidade (H')					Prosp. X Camb. (t= -4,85; p= 1,58)				Prosp. X Camb. (t= -6,92; p= 7,35)							
	D	0,4				0,2				0,6				0,3			

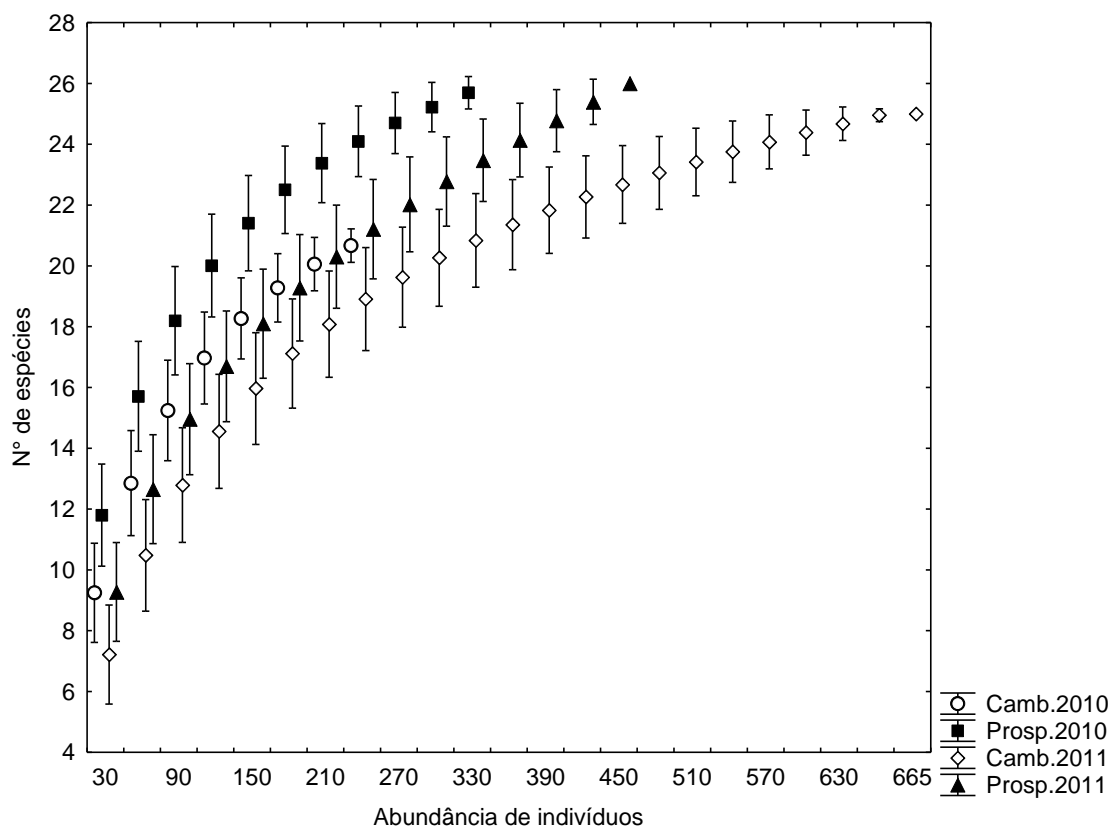


Figura 8: Curvas de rarefação da riqueza estimada (com os respectivos intervalos de confiança a 95%) para as áreas estudadas em função do número de indivíduos coletados, em cada ano, em São José de Ubá (RJ).

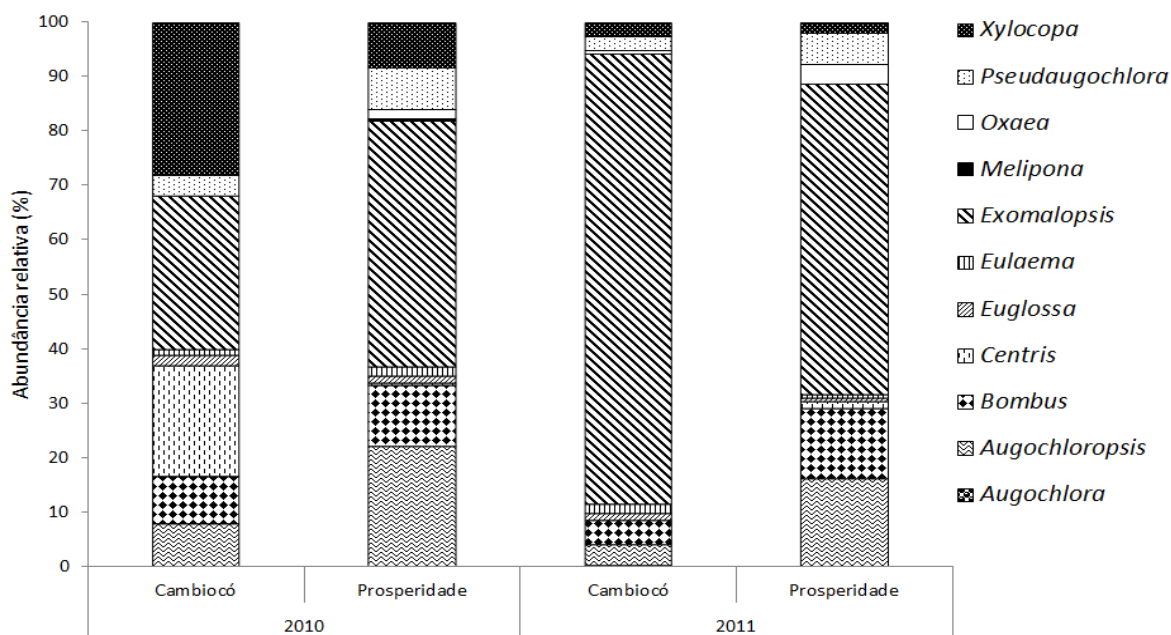


Figura 9: Abundância relativa (%) de cada gênero de abelha polinizadora das flores do tomateiro, nas regiões de Cambiocó e Prosperidade, nos anos de 2010 e 2011, São José de Ubá-RJ.

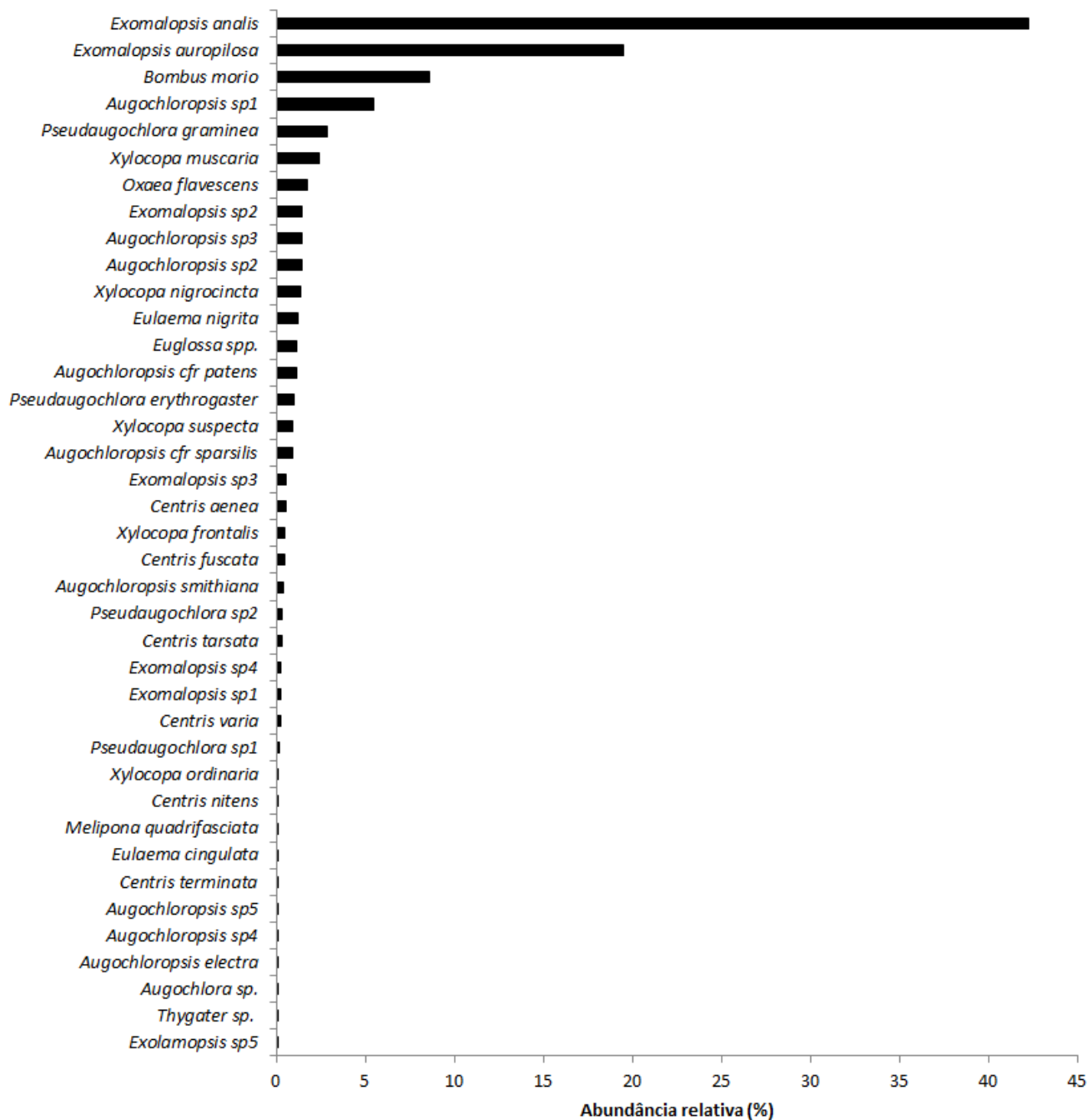


Figura 10: Abundância relativa das espécies de abelhas polinizadoras de *Solanum lycopersicum* amostradas em 36 plantios no município de São José de Ubá (RJ), em 2010 e 2011.

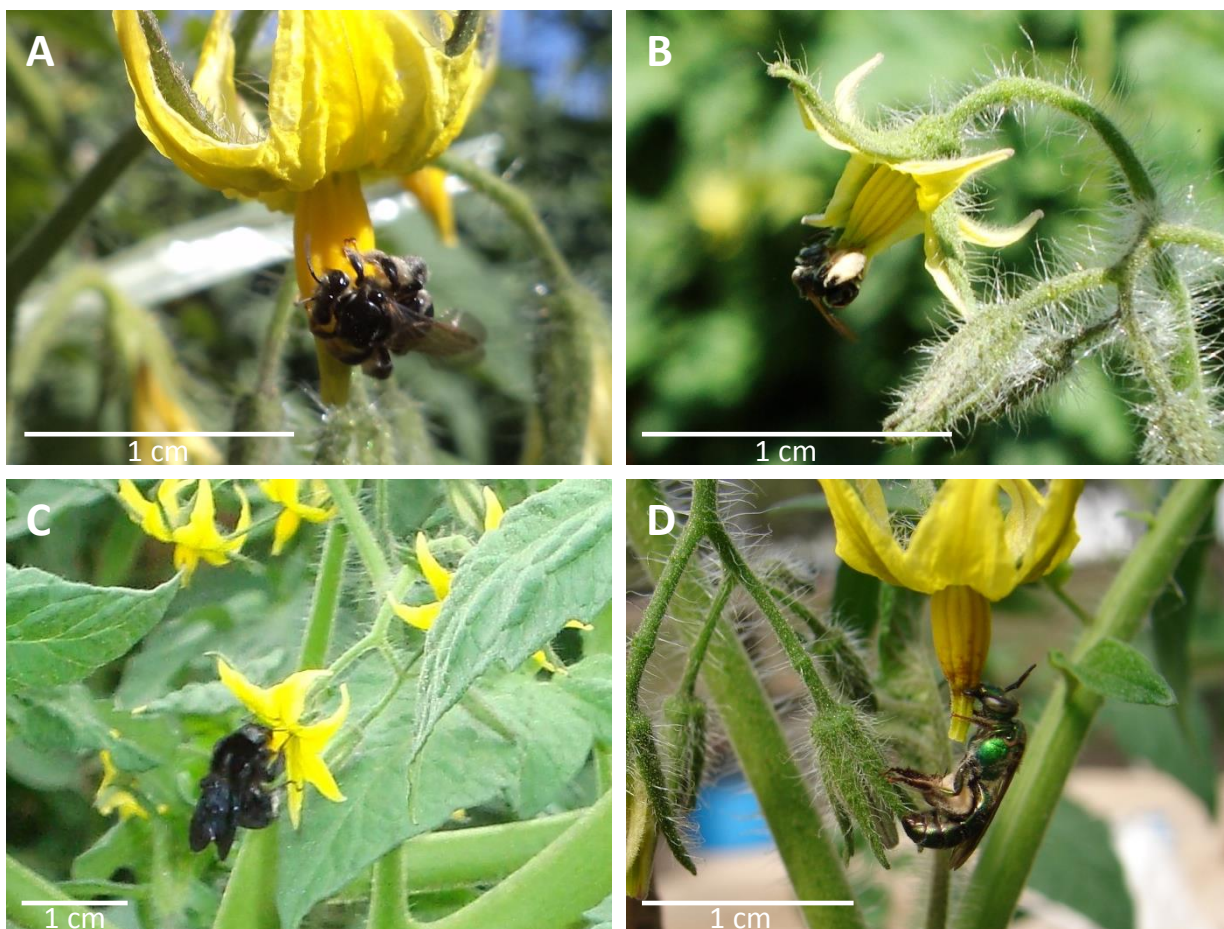


Figura 11: Polinizadores de *Solanum lycopersicum* em visita a flores: A e B– *Exomalopsis* sp.; C– *Bombus morio*; D– *Augochloropsis* sp.

6.3- Atividade dos polinizadores ao longo do dia

O horário de maior frequência de visitas dos polinizadores às flores de *S. lycopersicum* foi de 10 às 13h, nos dois anos e nas duas regiões estudadas (fig. 12). Diferenças significativas entre as frequências médias nos horários foram observadas para uma mesma área (2010: Camb. [H= 22,87; p= 0,0004] e Prosp. [H= 14,69; p= 0,0118]; 2011: Camb. [H= 29,66; p= 0,0001] e Prosp. [H= 25,87; p= 0,0001]). Poucas abelhas visitaram as flores no primeiro intervalo de coleta (8-9h).

A temperatura foi crescente ao longo da manhã e a umidade relativa seguiu padrão inverso (fig. 13). A região do Cambiocó apresentou temperaturas médias maiores e valores de umidade relativa menores, nos dois anos analisados, quando comparados à região da Prosperidade. Não houve correlação entre a abundância de

indivíduos e a temperatura em nenhuma das áreas e anos amostrados (2010: Camb. [$R_s= 0,35$; $p= 0,50$] e Prosp. [$R_s=0,54$; $p= 0,26$]; 2011: Camb. [$R_s= 0,60$; $p= 0,20$] e Prosp. [$R_s= 0,31$; $p= 0,54$]).

Dentre as abelhas mais abundantes, *Bombus* apresentou pico de atividade no intervalo de 9h às 10h e decréscimo constante até o último horário de observação, diferente do padrão geral observado para toda a comunidade. Outras abelhas foram mais abundantes entre 11h e 12h, sendo que *Augochloropsis* exibiu um pico acentuado neste intervalo (fig. 14).

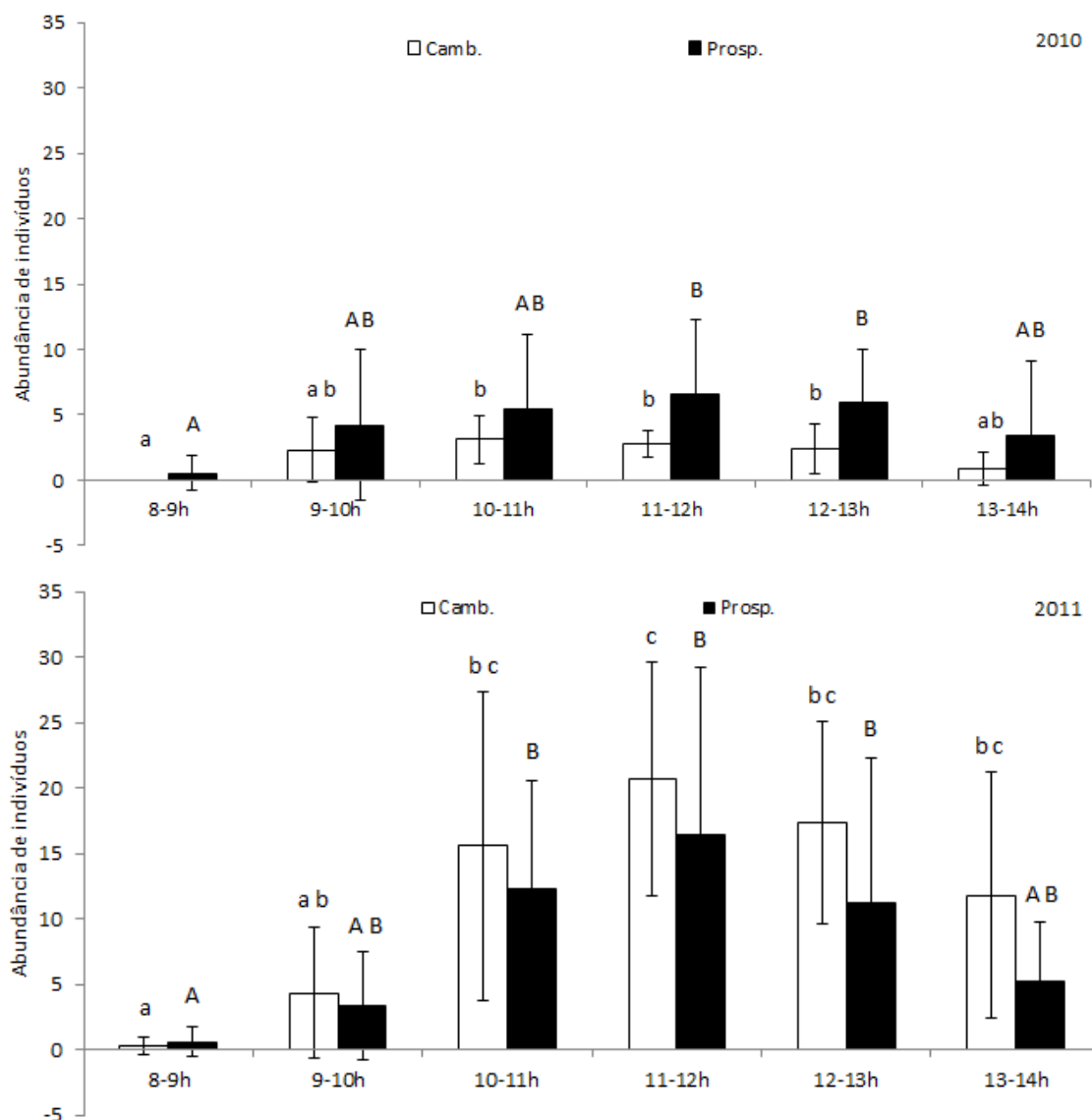


Figura 12: Número médio de polinizadores (\pm desvio padrão) coletados em 9 plantios de tomate por intervalo de tempo (45 minutos a cada hora), nas duas regiões (Prosperidade e Cambiocó) estudadas em 2010 e 2011, em São José de Ubá (RJ). Letras distintas indicam médias diferentes pelo teste de Kruskal-Wallis (letras minúsculas= Cambiocó; letras maiúsculas= Prosperidade).

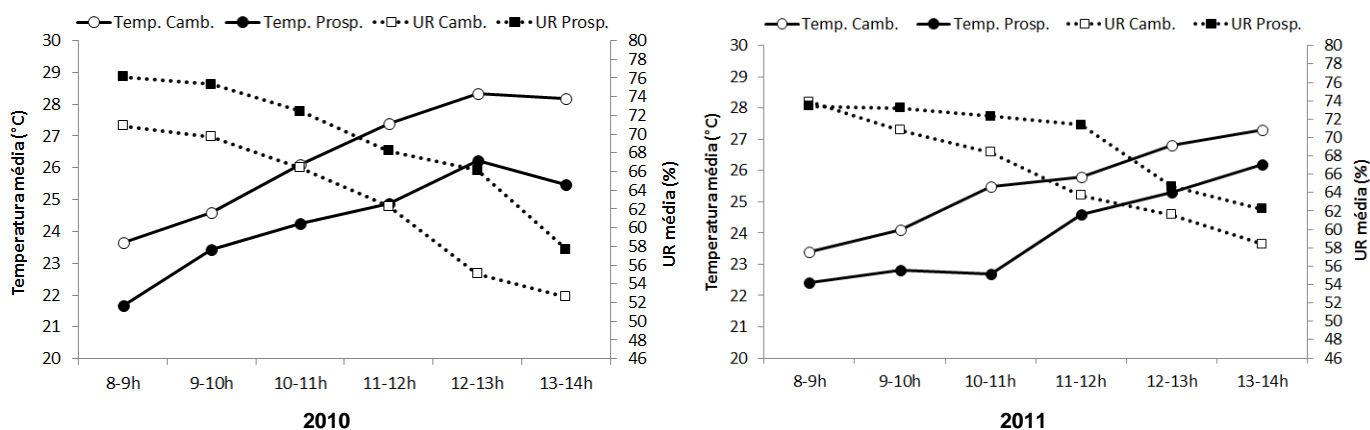


Figura 13: Temperatura (°C) e Umidade Relativa (UR) (%) médias para cada intervalo de tempo nos 9 plantios de tomate, nas duas regiões (Prosperidade e Cambiocó) estudadas em 2010 e 2011, em São José de Ubá (RJ).

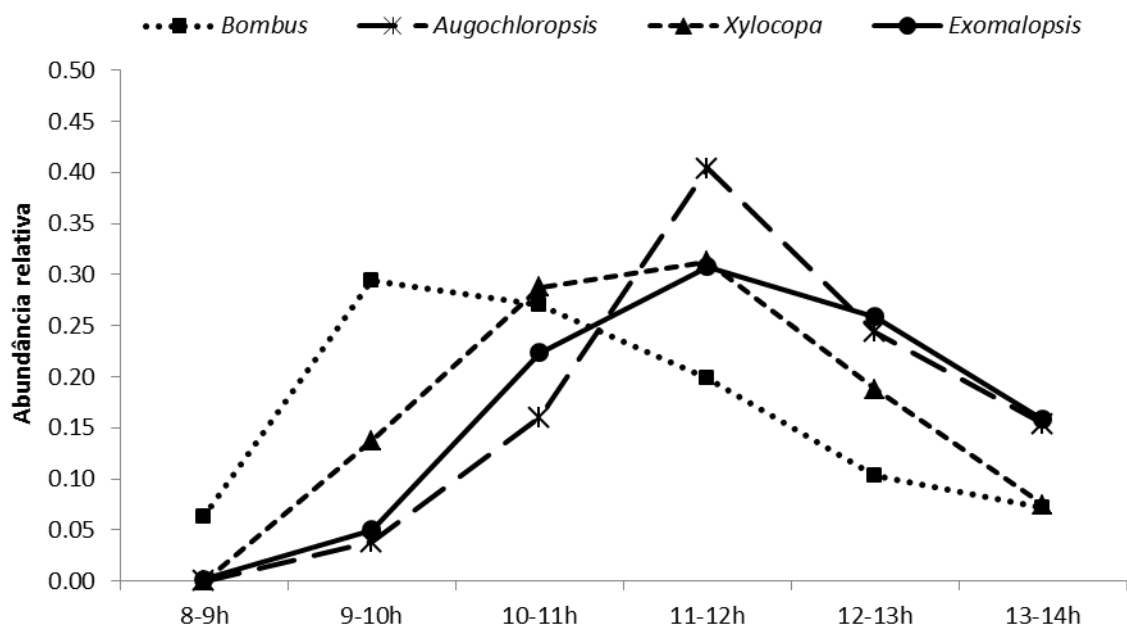


Figura 14: Abundância relativa das abelhas mais abundantes em flores de *Solanum lycopersicum*, por intervalo de tempo (45 minutos a cada hora), em São José de Ubá (RJ).

6.4- Relação entre a cobertura florestal e a diversidade de polinizadores de *Solanum lycopersicum*

A abundância total de polinizadores amostrados foi positivamente relacionada com a cobertura florestal no raio de 500m no entorno dos plantios (tab. 4 e fig. 15A). A riqueza e a diversidade apresentaram a mesma relação nos raios de 750 e 4000 metros, respectivamente (tab. 5 e 6 e fig. 15B e C).

Tabela 4: Análise de regressão entre a **abundância** de polinizadores e a cobertura florestal (m²) nos raios de 250m, 500m, 750m, 1500m e 4000m ao redor dos plantios de *Solanum lycopersicum* em São José de Ubá (RJ). * indica resultado significativo ao nível de 5%

Raios	A	B	R ²	p
250m	39,6318	- 0,0801	0,0029	0,756
500m	35,887	0,0000	0,1202	0,0383*
750m	36,8917	0,0000	0,0211	0,3977
1500m	40,6859	0,0000	0,0029	0,7556
4000m	50	- 0,0000	0,0159	0,4637

Tabela 5: Análise de regressão entre a **riqueza** de polinizadores e a cobertura florestal (m²) nos raios de 250m, 500m, 750m, 1500m e 4000m ao redor dos plantios de *Solanum lycopersicum* em São José de Ubá (RJ). * indica resultado significativo ao nível de 5%

Raios	A	B	R ²	p
250m	7,3445	-0,0258	0,0319	0,297
500m	6,9698	0,0000	0,0605	0,1482
750m	6,7019	0,0000	0,1062	0,0524*
1500m	7,0306	0,0000	0,0036	0,7286
4000m	5,3329	0,0000	0,0496	0,1917

Tabela 6: Análise de regressão entre **diversidade** de polinizadores e a cobertura florestal (m²) nos raios de 250m, 500m, 750m, 1500m e 4000m ao redor dos plantios de *Solanum lycopersicum* em São José de Ubá (RJ). * indica resultado significativo ao nível de 5%

Raios	A	B	R ²	p
250m	1,4284	-0,0041	0,0341	0,2806
500m	1,4003	0,0000	0,0009	0,8644
750m	1,3552	0,0000	0,0447	0,2155
1500m	1,3754	0,0000	0,0048	0,6888
4000m	0,9644	0,0000	0,1169	0,041*

Quando as abelhas foram analisadas em relação ao tamanho corporal (≤ 10 mm = pequenas e >10 mm = grandes), a regressão entre a abundância e a cobertura florestal foi significativa apenas para abelhas grandes no raio de 1500m (tab. 7 e 8 e fig. 15D).

Tabela 7: Análise de regressão entre a **abundância de abelhas grandes** (> 10 mm) e cobertura florestal (m^2) nos raios de 250m, 500m, 750m, 1500m e 4000m ao redor dos plantios de *Solanum lycopersicum* em São José de Ubá (RJ). * indica resultado significativo ao nível de 5%

Raios	A	B	R ²	p
250m	0,0568	-0,0146	0,0015	0,8222
500m	7,6628	0,0000	0,0170	0,4478
750m	7,3138	0,0000	0,0282	0,3275
1500m	5,2072	0,0000	0,1524	0,0185*
4000m	6,1617	0,0000	0,007	0,6283

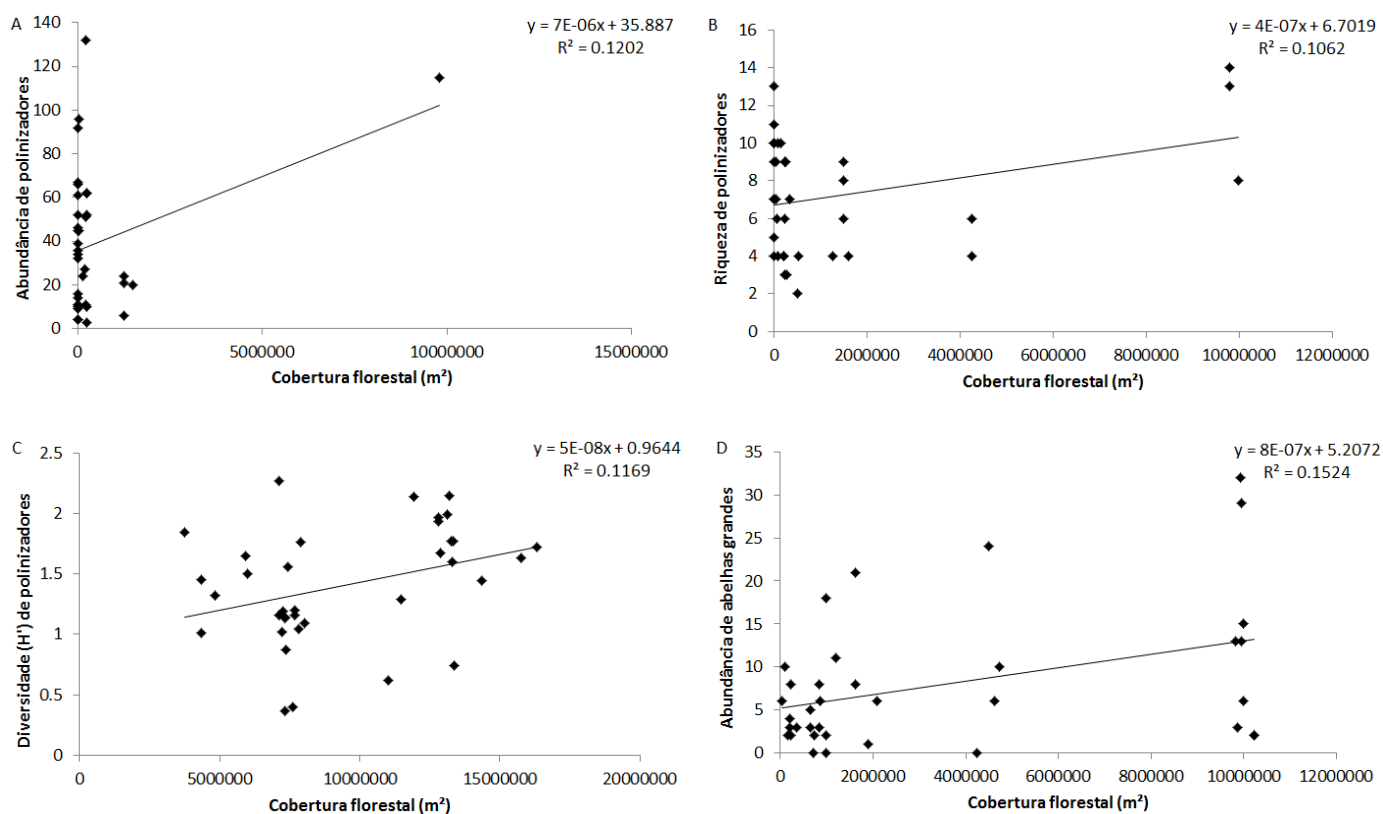


Figura 15: Relação entre os parâmetros da comunidade dos polinizadores e a cobertura florestal (m^2) em diferentes raios ao redor dos plantios de *Solanum lycopersicum* em São José de Ubá (RJ): (A) **abundância** X cobertura florestal no raio de 750 m; (B) **riqueza** X cobertura florestal no raio de 500m, (C) **diversidade** X cobertura florestal no raio de 4000m; e (D) **abundância de abelhas grandes** (> 10 mm) X cobertura florestal no raio 1500m. Resultados dos testes indicados nas tabelas 4, 5, 6 e 7.

Tabela 8: Análise de regressão entre a **abundância de abelhas pequenas** (≤ 10 mm) e a cobertura florestal (m^2) nos raios de 250m, 500m, 750m, 1500m e 4000m ao redor dos plantios de *Solanum lycopersicum* em São José de Ubá (RJ). Resultados não foram significativos.

Raios	A	B	R ²	p
250m	31,575	-0,0655	0,0020	0,7972
500m	28,2242	0,0000	0,1015	0,0581
750m	29,5779	0,0000	0,0110	0,5429
1500m	35,4787	-0,0000	0,0236	0,3705
4000m	43,9219	-0,0000	0,0223	0,3851

6.5- Experimentos de polinização

Os resultados dos testes de polinização realizados em campo no ano de 2010 estão apresentados na tabela 9. A porcentagem de frutificação foi estatisticamente maior para a polinização natural nas duas regiões estudadas (Cambiocó e Prosperidade). Houve correlação significativa positiva ($R= 0,57$; $p= 0,02^*$) entre a porcentagem de frutificação e taxa de visitação, avaliadas em cada área estudada (fig. 16).

Tabela 9: Comparação entre as porcentagens de frutificação resultantes da polinização natural e da autopolinização espontânea realizadas em campo em 2010. Valores entre parênteses indicam números de frutos formados e flores testadas

Regiões	Porcentagem de frutificação		Qui-quadrado		
	Polinização Natural	Autopolinização Espontânea	X ² calculado	Graus de liberdade	p
Cambiocó	96,75% (387/400)	89,75% (359/400)	15,57	1	<0.0001*
Prosperidade	98,25% (393/400)	90,75% (363/400)	21,64	1	<0.0001*

*diferença significativa entre os testes em cada área

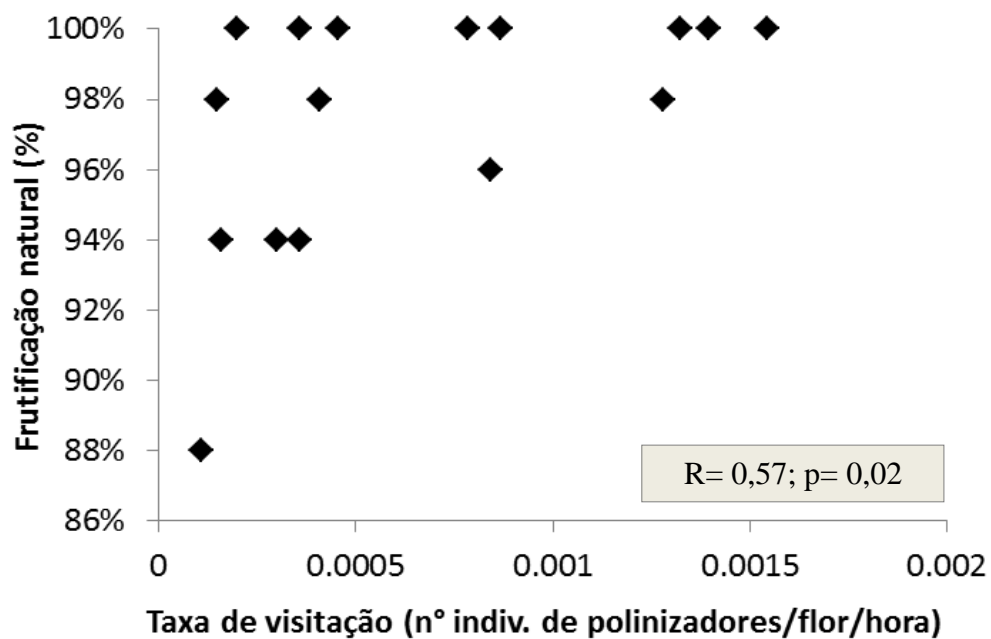


Figura 16: Relação entre porcentagens de frutificação resultantes das flores com polinização natural e taxa de visitação (n° indivíduos de polinizadores/flor/hora), para 16 plantios de tomateiro estudados em 2010 em São José de Ubá (RJ).

A figura 17 apresenta as porcentagens de frutificação para os testes de polinização feitos nos dois cultivares estudados (Ivanhoé e Dominador) em casa de vegetação. A apomixia (APO) não gerou nenhum fruto. A polinização cruzada não emasculada (CNE) apresentou maior porcentagem de frutificação (84%) em relação à autopolinização espontânea (55%) e aos outros testes de polinização cruzada (polinização cruzada no mesmo cultivar (PCM) e polinização cruzada entre cultivares (PCC)), que apresentaram em torno de 53% e 55% de frutificação respectivamente (tab. 10).

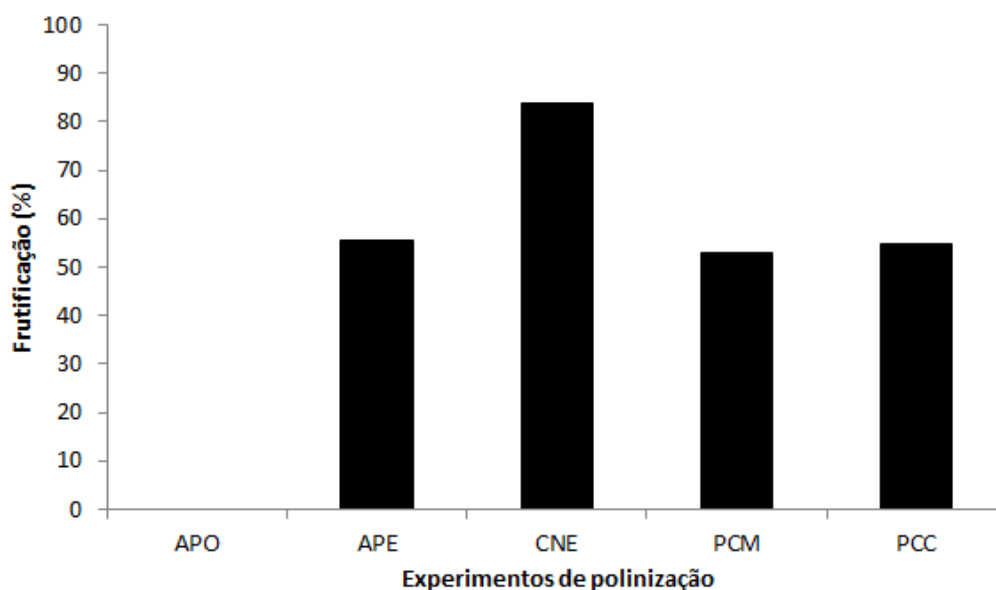


Figura 17: Porcentagem de frutificação total dos testes de polinização: apomixia (APO), autopolinização espontânea (APE), polinização cruzada não emasculada (CNE), polinização cruzada no mesmo cultivar (PCM) e polinização cruzada entre cultivares (PCC); realizados em casa de vegetação na UENF, Campos dos Goytacazes (RJ).

Tabela 10: Comparação entre as porcentagens de frutificação resultantes dos testes de polinização. APE= autopolinização espontânea, CNE= polinização cruzada não emasculada, PCM= polinização cruzada no mesmo cultivar, PCC= polinização cruzada entre cultivares. Valores entre parênteses indicam números de frutos formados e de flores testadas, respectivamente

Porcentagem de frutificação	Comparação	X ² calculado	Graus de liberdade	Valor de p
	APE X CNE	19,23	1	< 0,0001*
APO = 0% (0/10)	APE X PCM	0,096	1	0,7563
APE = 55% (36/65)	APE X PCC	0,006	1	0,9378
CNE = 84% (123/147)	CNE X PCM	29,24	1	< 0,0001*
PCM= 53% (62/117)	CNE X PCC	26,15	1	< 0,0001*
PCV= 55% (63/115)	PCM X PCC	0,075	1	0,7844

* diferença significativa

A circunferência média dos frutos e o número médio de sementes por fruto provenientes de CNE e APE não diferiram. Os frutos oriundos da PCM e PCC foram estatisticamente distintos de CNE e da APE quanto ao número de sementes e à circunferência, mas não foram diferentes entre si para os mesmos parâmetros (fig. 18 e 19).

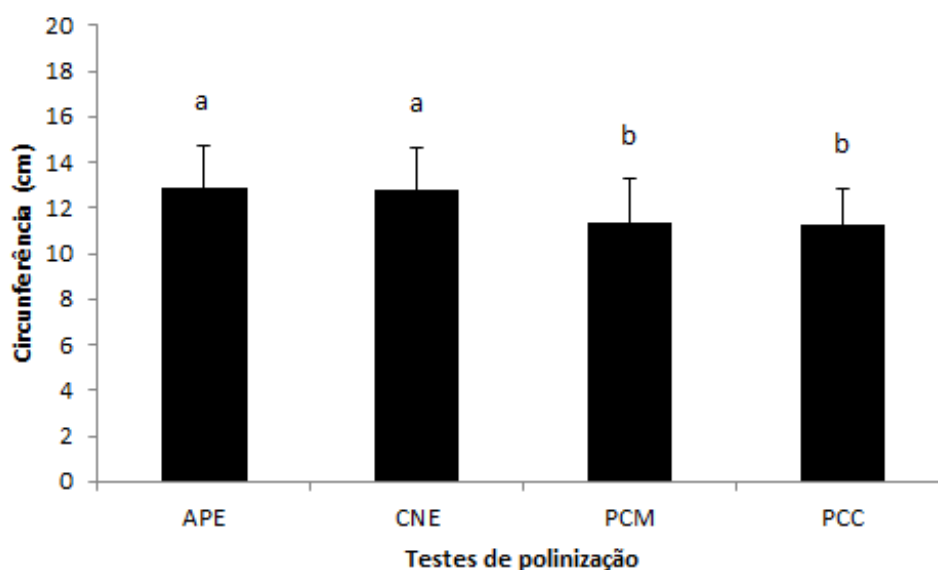


Figura 18: Circunferência média (cm) e desvio padrão dos tomates provenientes dos testes de polinização: autopolinização espontânea (APE), polinização cruzada não emasculada (CNE), polinização cruzada no mesmo cultivar (PCM) e polinização cruzada entre cultivares (PCC); realizados em casa de vegetação na UENF, Campos dos Goytacazes (RJ). Letras distintas indicam médias diferentes, segundo o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

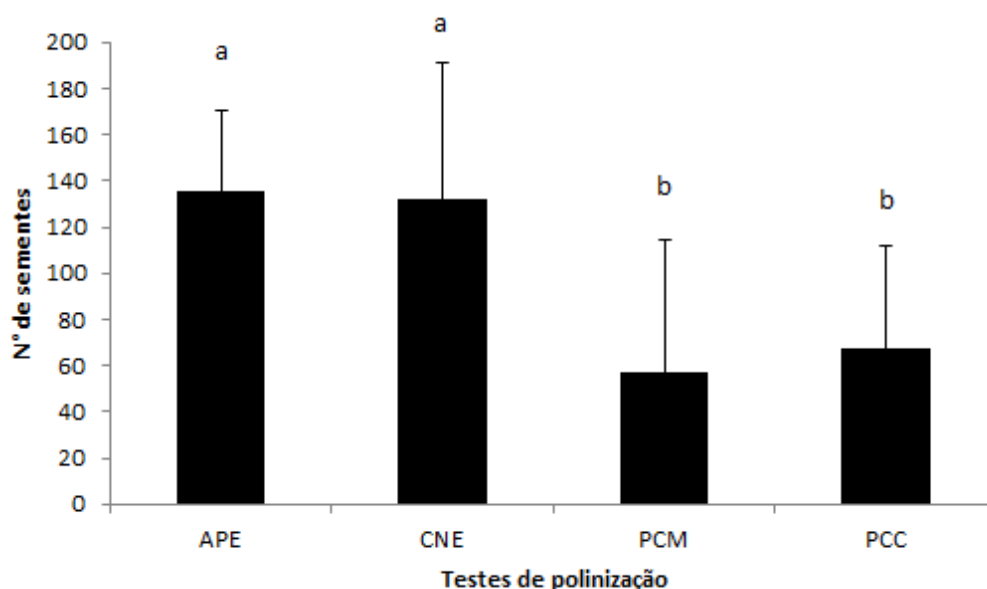


Figura 19: Número médio de sementes (e desvio padrão) dos tomates provenientes dos testes de polinização: autopolinização espontânea (APE), polinização cruzada não emasculada (CNE), polinização cruzada no mesmo cultivar (PCM) e polinização cruzada entre cultivares (PCC); realizados em casa de vegetação na UENF, Campos dos Goytacazes (RJ). Letras distintas indicam médias diferentes, segundo o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

7-DISCUSSÃO

7.1- Morfologia floral de *Solanum lycopersicum* e composição, abundância e diversidade dos visitantes florais

A maioria das espécies de abelhas visitantes de flores de *S. lycopersicum* nas áreas estudadas foram consideradas potenciais polinizadoras, por possuírem capacidade de vibrar, como é o caso das abelhas das tribos Exomalopsini, Xylocopini, Augochlorini, Bombini e Centridini (Buchmann, 1983). As flores do tomateiro apresentam anteras poricidas, que se unem, formando um cone como uma câmara poricida, em que a única saída do pólen é uma abertura apical. Dessa forma, para que o pólen seja liberado é preciso que as anteras sejam vibradas. *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* não apresentam comportamento de vibração (Buchmann, 1983; Buchmann, 2004), e, apesar de muito abundantes, principalmente no primeiro ano de amostragem, foram observadas danificando as anteras das flores para coletar pólen.

Apesar da composição de espécies amostradas neste trabalho assemelhar-se a encontrada por outros autores em flores de *S. lycopersicum* (Gomig *et al.*, 2005; Campos, 2008; Macias-Macias *et al.*, 2009; Santos & Nascimento, 2011), abelhas Euglossina não haviam sido relatadas nos trabalhos anteriores. Dentre as abelhas amostradas, encontram-se espécies de tamanhos variados e com comportamentos distintos de nidificação e, conseqüentemente, com necessidades distintas de recursos. Espécies de *Centris*, por exemplo, utilizam óleos florais para a construção de seus ninhos (Vogel, 1969), enquanto que Euglossina utilizam resinas (Ramírez *et al.*, 2002). Dentre as espécies observadas, as abelhas das tribos Centridini (com exceção de *C. tarsata* e *C. terminata*, Aguiar & Garófalo, 2004; Drummont *et al.*, 2008) e Exomalopsini nidificam no solo (Coville *et al.*, 1983; Zucchi, 1973, respectivamente), enquanto que Xylocopini escava galerias em madeira, (Camilo & Garófalo, 1982; Bernardino & Gaglianone, 2008). Estes recursos de nidificação podem não estar disponíveis nas áreas de cultivo e necessariamente serão buscados na paisagem ao redor, aumentando a dependência das abelhas aos fragmentos florestais.

Dentre as abelhas mais abundantes registradas nas flores do tomateiro, as do gênero *Bombus* foram verificadas como eficientes polinizadores destas flores, principalmente em casas de vegetação (Banda & Paxton, 1991; Delaplane & Mayer, 2000; Greenleaf & Kremen, 2006; Palma *et al.*, 2008). Espécies de *Exomalopsis* e *Augochloropsis*, apesar de serem menos estudadas, também foram indicadas como eficientes na polinização de *S. lycopersicum* (Macias-Macias *et al.*, 2009).

Bombus morio foi considerada comum na região da Prosperidade, resultado que pode ser associado à existência de maior cobertura florestal nesta região, quando comparada ao Cambiocó. Outro estudo (Greenleaf & Kremen, 2006) verificou que *Bombus* foi mais frequente nas flores de tomateiro em plantios próximos a áreas de vegetação natural. Essas abelhas apresentam tamanho corporal relativamente grande (Michener, 2000) e comportamento social de nidificação, formando colônias de 500 a 600 indivíduos em média (Garófalo, 1978). Aliado a características particulares no forrageamento (Garófalo, 1978), colônias numerosas exigem grande disponibilidade de recurso alimentar, o que possivelmente torna esta espécie mais abundante na região mais florestada.

Por outro lado, o fato de *Exomalopsis* ocorrer em maior abundância na região do Cambiocó, pode estar relacionado às características bionômicas das espécies desse gênero, que é composto por abelhas de pequeno porte corporal, que nidificam no solo, geralmente em ambientes abertos, e comumente utilizam plantas ruderais para coleta de recursos (Zucchi, 1973; Michener, 2000). Tais características facilitam a ocorrência dessas espécies em ambientes mais alterados, como as proximidades dos plantios.

A tribo Centridini foi mais rica e abundante no Cambiocó; entretanto, flutuações populacionais entre os anos podem ter contribuído para a ausência destas abelhas nas coletas de 2011 nesta área. Variações na disponibilidade de fontes de óleos florais entre os anos podem ser uma das explicações para estas flutuações populacionais, devido à estreita relação da tribo com as plantas produtoras de óleos (Gaglianone, 2000). Dan *et al.* (2010) amostraram apenas uma espécie de Malpighiaceae, fonte de óleo para estas abelhas, com ocorrência tanto nos fragmentos da região do Cambiocó como no fragmento da Prosperidade. Além disso, as espécies de *Centris* parecem estar associadas a ambientes abertos, como

demonstrado por Menezes (2011), que relatou maior abundância de fundações de ninhos de espécies desse gênero em áreas de floresta atlântica com sub-bosque em regeneração, quando comparado a área de floresta em estágio avançado de regeneração.

A composição e abundância dos visitantes florais amostrados apresentaram-se de forma distinta entre os anos estudados (2010 e 2011). As espécies consideradas pilhadoras (*Apis mellifera* e *Trigona spinipes*) foram mais abundantes no primeiro ano (2010), e pouco amostradas em 2011. Por não apresentarem comportamento de vibração para coleta de pólen, essas espécies podem preferir plantas que não possuem anteras porcidas, sendo mais frequentes nas flores do tomateiro quando outras espécies de plantas não estão floridas nas proximidades de seus ninhos. *Apis mellifera* é uma espécie de hábito alimentar generalista (Michener, 2000), além de apresentar forrageamento em grupo, e por isso pode alterar suas fontes de alimento por espécies com maior abundância de recursos ao longo do tempo.

A grande abundância de *A. mellifera* entre os visitantes do tomateiro no Cambiocó (128) em 2010, competindo com as espécies de abelhas que vibram, pode ter comprometido a produtividade nessa região, visto que a taxa de frutificação da polinização natural foi menor no Cambiocó quando comparada a Prosperidade. Bispo dos Santos *et al.* (2009) verificaram a ineficiência de *A. mellifera* na polinização *S. lycopersicum* e, como observado no presente estudo, essas abelhas danificam as anteras para coleta de pólen, tornando as flores menos atrativas aos polinizadores.

No ano de 2011, quando *A. mellifera* e *T. spinipes* foram menos numerosas, a abundância das espécies do gênero *Exomalopsis* foi muito maior que no ano anterior, principalmente de *E. analis* e *E. auropilosa*. É possível hipotetizar que o aumento do número de indivíduos dessas duas espécies pode ter sido em resposta a redução dos pilhadores, que, além de competir com os polinizadores pelo pólen, deixam as flores de *S. lycopersicum* menos atrativas aos polinizadores ao danificarem as anteras.

Apesar da composição de visitantes florais amostrada neste estudo ser similar a outros trabalhos com *S. lycopersicum*, inclusive em relação aos pilhadores

(Campos, 2008; Macias-Macias *et al.*, 2009; Bispo dos Santos *et al.*, 2009; Santos & Nascimento, 2011), a riqueza de potenciais polinizadores (39), abelhas que vibram, foi maior do que o relatado por aqueles trabalhos (32, 6, 3 e 14 espécies, respectivamente). As curvas de acumulação de espécies não atingiram a assíntota, indicando que o número de espécies de abelhas provavelmente é maior do que o amostrado. A realização de uma única amostragem em cada plantio estudado pode ter subestimado o número de espécies. Entretanto, as riquezas amostradas nas duas regiões correspondem a mais de 80% dos valores de riqueza estimados, porcentagem importante para a caracterização dessa comunidade.

Quando se comparam as duas regiões estudadas (Cambiocó e Prosperidade), tanto a riqueza quanto a diversidade de espécies foram maiores na região da Prosperidade, nos dois anos estudados. Nas curvas de acumulação de espécies é possível observar a diferença significativa na riqueza entre as duas áreas estudadas nos dois anos. Segundo Dan *et al.* (2010), o fragmento da Prosperidade encontra-se em estágio de regeneração mais avançado que os demais fragmentos da região (Valão de Santa Maria/Cambiocó), podendo-se então sugerir a importância desse fragmento na manutenção das abelhas, já que fragmentos florestais maiores e mais preservados apresentam maior heterogeneidade ambiental e assim podem disponibilizar recursos essenciais às populações de polinizadores, como substratos adequados para nidificação e fontes de néctar e pólen (Morato, 2004).

7.2- Atividade dos polinizadores ao longo do dia

O registro de maior atividade dos polinizadores às flores de *S. lycopersicum* no período das 10 às 13h também foi verificado por outros autores em diversos ecossistemas e em casa de vegetação, em diferentes regiões no Brasil (Del Sarto *et al.*, 2005; Santos & Nascimento, 2011) na Colômbia, em região com mais de 2500 m de altitude (Aldana *et al.*, 2007) e no México (Palma *et al.*, 2008; Macias-Macias *et al.*, 2009).

O aumento da frequência de visitantes a partir das 9 horas ocorre quando praticamente todas as flores estão abertas, de acordo com observações feitas em

campo e em casa de vegetação, e horário em que possivelmente a maior quantidade de pólen está disponível. A partir das 12 horas ocorre uma queda no número de visitas, resultado que provavelmente está associado à redução da quantidade de pólen, já que nesse horário a maioria das flores foi visitada.

Apesar da frequência de polinizadores não estar significativamente correlacionada com a temperatura, nos dois primeiros intervalos de coleta, em que as temperaturas eram mais baixas, os gêneros mais abundantes foram os de abelhas de maior porte *Xylocopa* e *Bombus*. Por serem mais robustas, essas abelhas são mais tolerantes a temperaturas menores e iniciam mais cedo suas atividades externas (Heinrich, 1979). Apesar das médias das temperaturas dos primeiros intervalos serem em torno de 22°C, houve plantios em que as temperaturas mínimas foram em torno de 15°C. No decorrer da manhã, a temperatura, cuja média variou de 25°C à 30°C não influenciou a frequência de visitas. Entretanto, a diminuição da frequência das abelhas grandes no decorrer do dia, pode ter influenciado no aumento da frequência das abelhas menores, como *Exomalopsis* e *Augochlorini*, evitando a competição com o primeiro grupo.

Embora o porte corporal e o comportamento de *Bombus* e de *Xylocopa* propiciem efetividade na polinização das flores de *S. lycopersicum*, a maior frequência de visitas de *Bombus morio* concorre para a sua maior eficiência na polinização do tomateiro. Além disso, ao visitar as flores mais cedo, retira maior quantidade de recurso e pode saturar os estigmas de pólen.

Outros gêneros muito abundantes nas flores do tomateiro foram *Exomalopsis* e *Augochloropsis*, que coletaram pólen principalmente no final da manhã, das 11 às 12 horas. Visitando as flores mais tarde, quando estas estão com menor quantidade de pólen, estas abelhas precisam de um maior número de visitas para conseguir preencher uma carga polínica, transferindo o pólen entre um maior número de flores. Além disso, a maior receptividade estigmática é descrita para essa espécie por Del Sarto *et al.* (2005) como ocorrendo de 10:30 às 15:30 horas (no estado de Minas Gerais) e por Macías *et al.* (2001) das 10 às 13h (no México), horário de alta frequência de visitas das abelhas pequenas na área de estudo. Com base nestas observações, pode-se concluir que *Bombus morio*, *Exomalopsis* spp e *Augochloropsis* spp são os principais polinizadores do tomateiro nas regiões

estudadas, pois, além de serem frequentes nas flores, ocorrem em maior abundância em horários distintos, sendo complementares no processo de polinização.

7.3- Relação entre a cobertura florestal e a diversidade de polinizadores de *Solanum lycopersicum*

A cobertura florestal no entorno dos plantios estudados apresentou relação positiva significativa com os parâmetros da comunidade de polinizadores de *S. lycopersicum* em diferentes escalas (raios). A abundância total de polinizadores associados às flores de *S. lycopersicum* relacionou-se significativamente com a cobertura florestal a 500 m de raio no entorno dos plantios. Provavelmente este resultado está ligado à grande quantidade das abelhas de pequeno porte corporal, que buscam seus recursos em distâncias mais curtas (Zurbuchen *et al.*, 2010). Quando consideradas somente as abelhas menores de 10 mm, não foi encontrada regressão significativa em nenhum raio; no entanto, o resultado a 500 m foi marginalmente significativo.

Para as abelhas maiores que 10 mm de tamanho corporal, a regressão entre abundância de indivíduos e cobertura florestal adjacente aos plantios foi significativa no raio de 1500 m, provavelmente pela capacidade dessas abelhas de voarem maiores distâncias em busca de recursos. Como visto por Walther-Hellwing & Frankl (2000) e Osborne *et al.* (2008), abelhas maiores como espécies de *Bombus*, devido as asas fortes e corpo robusto, voam em média 1500 m em busca de recursos. Greenleaf & Kremen (2006) relataram regressão significativa entre a proporção de habitat natural e a abundância de *Bombus vosnesenskii* Radoszkowski visitando flores do tomateiro no raio de 2100 m.

A diversidade de espécies de abelhas foi maior em plantios com maior cobertura florestal no raio de 4000 m. Kremen *et al.* (2004) encontrou resultado semelhante em raio de 2500 m, para cultura de melancia (*Citrullus lanatus*, (Thunberg)). Esses resultados demonstram a importância de se preservar os fragmentos florestais próximos aos cultivos agrícolas.

É importante ressaltar que a escala da paisagem em que as populações de polinizadores são influenciadas depende de diversos fatores, sendo um dos principais a distância de forrageamento das abelhas (Gathmann & Tscharrntke, 2002). Diferentes espécies podem responder à paisagem em diferentes escalas. Características da história de vida e os processos que as influenciam podem ser distintos, dificultando a identificação de padrões para uma comunidade como um todo. Além disso, os baixos valores encontrados para R^2 em todos os parâmetros da comunidade de abelhas em que ocorreu relação significativa com a cobertura florestal sugerem que outros fatores também estariam influenciando a distribuição dos polinizadores na paisagem.

Além da cobertura, a proximidade dos fragmentos também influencia as populações de polinizadores. Alguns autores relataram maior diversidade e frequência de abelhas polinizadoras em cultivos mais próximos a áreas de vegetação natural, como Ricketts *et al.* (2004) e De Marco & Coelho (2004) com o café, Chacoff & Aizen (2006) em cultivos de laranja-vermelha, Boti *et al.* (2005) em plantações de goiaba e Benevides *et al.* (2009) em plantios de maracujá.

O tipo de entorno dos plantios também é importante, como as flores de plantas ruderais próximas que podem fornecer recursos necessários ou complementares as abelhas, principalmente àquelas mais generalistas (Winfree *et al.*, 2008). Campos (2008), ao analisar o pólen coletado pelas abelhas que visitavam flores de *S. lycopersicum*, verificou que poucas espécies de plantas que cresciam ao redor dos campos cultivados foram visitadas. A partir disso, a autora sugeriu que as abelhas foram à procura de alimentos em uma distância maior, além dos 500 metros observados em torno da área de cultivo de tomate, o que ressalta a importância do contexto de paisagem.

Sabe-se que a riqueza e abundância de espécies estão positivamente relacionadas com a complexidade do ambiente (Pianka, 1994). As abelhas podem se beneficiar da heterogeneidade de habitats porque seus recursos para alimentação e de nidificação são muitas vezes localizados em diferentes tipos de habitat (Westrich, 1996 *apud* Winfree *et al.*, 2008). Em locais pouco heterogêneos, os efeitos de um fragmento florestal próximo a um plantio podem ser mais facilmente detectados do que em habitats mais heterogêneos (Tscharrntke *et al.*, 2005). Na área

de estudo, a maioria dos plantios apresenta-se associado a outros cultivos, como por exemplo o pimentão, pepino e abóbora, o que pode contribuir para aumentar a heterogeneidade na paisagem, gerando dificuldade na detecção da importância dos fragmentos florestais para a comunidade de abelhas. Dessa forma, a análise de outras métricas da paisagem ainda é necessária para tentar explicar o comportamento dos polinizadores na área estudada.

Assim como os fragmentos florestais, os plantios de tomate também podem exercer papel importante na manutenção de algumas espécies de polinizadores. Na região estudada, a estação chuvosa estende-se de outubro a março, distinto do período de floração dos plantios de tomateiros, que na região ocorre de maio a setembro. Dessa forma, as flores de *S. lycopersicum* podem representar uma importante fonte de pólen para as abelhas com longo período de atividade durante o ano, auxiliando na sustentação de suas populações. Além disso, matrizes que consistem em manchas de flores, como pode ser o caso dos plantios de *S. lycopersicum*, podem facilitar a conectividade dos fragmentos Holzschuh *et al.*, 2008.

7.4- Experimentos de polinização

A maior taxa de frutificação observada para a polinização natural em campo quando comparada à autopolinização espontânea indica a importância dos polinizadores no aumento da produtividade de *S. lycopersicum* na área de estudo. Dessa forma, a importância de conservar os polinizadores nessa região está associada ao serviço ambiental realizado pelas abelhas nos cultivos de tomate, além da sua importância para a reprodução das plantas nativas nos fragmentos florestais próximos.

Fortalecendo esse dado, a maior porcentagem de frutificação ocorreu em plantios com maior taxa de visitação de polinizadores. Além disso, a região da Prosperidade, em que foram amostradas maior abundância e diversidade de polinizadores, apresentou maior porcentagem de frutificação. O aumento na taxa de frutificação do tomateiro por ação das abelhas também foi verificado em outras regiões, como no México por Macias-Macias *et al.* (2009) e na Califórnia (EUA) por

Greenleaf & Kremen (2006). Confirmando estes dados, Bispo dos Santos *et al.* (2009), em Ribeirão Preto (SP), encontrou baixa formação de frutos de tomateiro em área urbana, onde encontrou reduzido número de visitantes florais.

Em casa de vegetação, a ausência da formação de frutos em flores submetidas à apomixia indicou a necessidade da chegada do pólen ao estigma para a formação dos frutos nas duas variedades de tomateiro estudadas (Ivanhoé e Dominador). A comparação das porcentagens de frutificação da polinização cruzada não emasculada (que simula a ação dos polinizadores) e da autopolinização espontânea corroborou os dados de polinização natural e autopolinização espontânea feitos no campo. Além disso, outros autores também demonstraram maiores porcentagens de frutificação em casa de vegetação quando as flores foram polinizadas por abelhas (Al-Attal *et al.*, 2003; Palma *et al.*, 2008; Bispo dos Santos *et al.*, 2009). Os testes de autopolinização espontânea feitos em campo revelaram maiores taxas de frutificação do que os feitos em casa de vegetação. Esse resultado possivelmente é devido à influência do vento no campo, que balança as flores e faz com que o pólen seja liberado das anteras e caia sobre o estigma, aumentando as taxas de autopolinização. Somado a isso, em casa de vegetação, onde o contato com as plantas era diário, foi possível observar eventualmente a queda de frutos posteriormente aos 10 dias iniciais de verificação dos resultados, reduzindo as porcentagens de autopolinização nos experimentos na casa de vegetação.

Os dois testes de polinização cruzada emasculada demonstraram porcentagens de frutificação menores, o que pode estar associado a possíveis danos causados às flores no momento da retirada das anteras ou à insuficiência no número de grãos que foram colocados sobre o estigma.

Os dois parâmetros de qualidade dos frutos (circunferência e o número de sementes) não diferiram entre frutos resultantes de autopolinização espontânea e de polinização cruzada não emasculada. Isso significa que não foi comprovada diferença na qualidade dos frutos gerados por autopolinização e pela ação simulada dos polinizadores. O fato das medidas terem sido tomadas antes do período de desenvolvimento total dos frutos pode ter mascarado os resultados. Apesar disso, fato semelhante foi registrado por Del Sarto *et al.* (2005), que não encontrou diferença para os mesmos parâmetros entre os frutos provenientes da

autopolinização por vibração manual e polinizados por abelhas + vibração. Outros autores relataram maior circunferência e número de sementes para os frutos oriundos da polinização por abelhas (Dogterom *et al.*, 1998; Aldana *et al.*, 2007; Bispo dos Santos *et al.*, 2009; Hikawa & Miyanaga, 2009; Macias-Macias *et al.*, 2009).

Segundo os resultados deste estudo, a importância das abelhas está no aumento da frutificação do tomateiro e conseqüentemente da produtividade dessa cultura. A maioria dos trabalhos tem demonstrado a importância de espécies de *Bombus* na polinização de *S. lycopersicum* (Dogterom *et al.*, 1998; Al-Attal *et al.*, 2003; Aldana *et al.*, 2007; Palma *et al.*, 2008), como o verificado no presente estudo. Entretanto, apesar de pouco estudadas, outras espécies parecem ser eficientes na polinização dessa planta, como abelhas do gênero *Exomalopsis* e da tribo Augochlorini amostradas em São José de Ubá.

8- CONCLUSÕES

- A lista de visitantes florais de *Solanum lycopersicum* foi composta em sua maioria por espécies de abelhas com capacidade de vibrar, consideradas potenciais polinizadores dessa planta. Os polinizadores considerados mais importantes foram *Bombus morio*, espécies de *Exomalopsis* e de Augochlorini.
- A região da Prosperidade, que apresenta o maior remanescente florestal da região, apresentou maior riqueza e diversidade de espécies de abelhas. A abundância de indivíduos foi maior na região do Cambiocó, devido à alta dominância de *Exomalopsis*.
- A cobertura florestal do entorno dos plantios de tomateiro influenciou positivamente a abundância, a riqueza e a diversidade de polinizadores. Entretanto as respostas desses três parâmetros ocorreram em diferentes raios. Outros parâmetros da paisagem ainda precisam ser analisados para melhor compreensão de quais fatores estariam agindo sobre os polinizadores na área estudada.
- As abelhas associadas às flores de *S. lycopersicum* aumentam a produtividade dos plantios, visto que a polinização natural teve maior porcentagem de frutificação em

relação à autopolinização espontânea. Além disso, as áreas de cultivo com maiores taxa de visitação apresentaram maior produção de frutos.

9- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados do presente estudo é fundamental ressaltar a importância dos polinizadores para incremento na produção da cultura do tomate, visto que pode ocorrer aumento de até 7% na frutificação do tomateiro quando as abelhas estão presentes. Além disso, a existência de fragmentos florestais próximos aos cultivos do tomate promove maior diversidade de polinizadores nos plantios, resultados que podem auxiliar na construção de ações que visem melhorar a produtividade na agricultura aliada à conservação de remanescentes florestais. A presença destes polinizadores nas áreas de cultivo é importante não somente para o cultivo do tomate, mas outras plantas cultivadas na região, como pepino, pimentão, berinjela, quiabo e abóbora. Além disso, as abelhas estudadas nas flores do tomateiro são importantes polinizadores de plantas nativas, contribuindo para a reprodução das plantas nos fragmentos florestais.

Ainda são necessários estudos de outros parâmetros da paisagem que influenciam as populações de abelhas nessa região, de forma a fornecer informação base para a criação de formas de manejo das áreas de cultivo, que melhorem a qualidade ambiental, promovendo a conservação e atração dos polinizadores. Entretanto, ações que visem ao aumento da área florestada e proteção dos recursos florais e das áreas de nidificação das abelhas, são passos importantes para manter a diversidade de abelhas polinizadoras existente na região.

10- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, C. M. L. & Garófalo, C. A. 2004. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(3): 477-486.
- Aguiar, W. M. & Gaglianone, M. C. 2008. Comunidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em remanescentes de mata estacional semidecidual

- sobre tabuleiro no estado do Rio de Janeiro. *Neotropical Entomology*, 37(2): 118-125.
- 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.
- Aldana, J.; Cure, J. R.; Almanza, M. T.; Vecil, D.; Rodríguez, D. 2007. Efecto de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la productividad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 25(1): 62-72.
- Al-Attal, Y. Z.; Kasrawi, M. A. & Nazer, I. K. 2003. Influence of pollination technique on greenhouse tomato production. *Agricultural and Marine Sciences*, 8(1): 21-26.
- Ayres, M.; Ayres-Jr., M.; Ayres, D. L.; Santos, A. A. S. 2007. *BioEstat 5.0.: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas*. Sociedade Civil Mamirauá: Belém, Pará-Brasil. 324p.
- Banda, H. J. & Paxton, R. J. 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. *Acta Horticulturae*, 288: 194-198.
- Bawa, K. S. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*. (21): 399-422.
- Benevides, C. R.; Gaglianone, M. C. & Hoffmann, M. 2009. Visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em áreas de cultivo com diferentes proximidades a fragmentos florestais na região Norte Fluminense, RJ. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(3): 415-421.
- Benton, T. G.; Vickery, J. A. & Wilson, J. D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution*, 18: 182-188.
- Bernardino, A. S. & Gaglianone, M. C. 2008. Nest distribution and nesting habits of *Xylocopa ordinaria* Smith (Hymenoptera, Apidae) in a restinga area in the northern Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52(3): 434-440.
- Bispo dos Santos, S. A.; Roselino, A. C.; Hrcir, M. & Bego, L. R. 2009. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 751-757.
- Bommarco, R.; Marini, L. & Vaissière, B. E. 2012. Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia*, 169:1025–1032.

- Boti, J. B.; Campos, L. A. O.; De Marco, P. & Vieira, M. F. 2005. Influência da distância de fragmentos florestais na polinização da goiabeira. *Revista Ceres*, 52(304): 863-874.
- 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.
- Buchmann, S. L. 2004. Aspects of Centridine biology (*Centris* spp.) importance for pollination, and use of *Xylocopa* spp. as greenhouse pollinators of tomatoes and other crops. 203-211. *In*: Freitas, B.M. and Pereira, J.O.P. (Eds.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 282p.
- Camillo, E. & Garófalo, C. A.. 1982. On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver) and *Xylocopa grisescens* (Lepelletier) in southern Brazil. I. Nest construction and biological cycle. *Revista Brasileira de Biologia*, 42: 571–582.
- Campos, M. J. O. 2008. Landscape management and pollinator richness in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., Solanaceae) crops in southeastern Brazil. *In*: Alvarez, C. A. B. & Landeiro, M. (Eds.). *Pollinators management in Brazil*. Ministério do Meio Ambiente. 40p.
- 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.
- Coville, R. E.; Frankie, G. W. & Vinson, S. B. 1983. Nests of *Centris segregata* (Hymenoptera: Anthophoridae) with a review of the nesting of the genus. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 56(2): 109-122.
- 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.
- Del Sarto, M. C. L.; Peruquetti, R. C. & Campos, L. A. O. 2005. Evaluation of the neotropical bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, 98(2): 260-266.
- Delaplane, K. S. & Mayer, D. F. 2000. *Crop Pollination by Bees*. CABI Publishing. 360p.

- Dogterom, M. H.; Matteoni, J. A. & Plowright, R. C. 1998. Pollination of greenhouse tomatoes by the north American *Bombus vosnesenski* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 91(1): 71-75.
- Drummont, P.; Silva, F. O. & Viana, B. F. 2008. Ninhos de *Centris* (Heterocentris) *terminata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) em fragmentos de mata atlântica secundária, Salvador, BA. *Neotropical Entomology*, 37(3): 239-246.
- Faegri, K. & van Der Pijl, L. 1971. *Principles of Pollination Ecology*. Oxford: Pergamon. 248p.
- 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.
- 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. 2000. Behavior on the flowers, structures involved in pollen transport and nesting biology of *Perditomorpha brunerii* and *Cephalurgus anomalus* (Hymenoptera: Colletidae, Andrenidae). *Revista de Biología Tropical*, 48(1): 89-99.
- 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.
- 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. & Tscharrntke, T. 2002. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology*, 71: 757-764.
- Ghazoul, J. 2005. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 367-373.
- Gomig, E.G.; Patrício, G. B.; Prata, E. M. B.; Ferreira, B.; Huang, S. F.; VillasBôas, J. K.; Sasaki, D. L. & Souza, E. S. S. 2005. *Caracterização da Fauna de Abelhas Silvestre Polinizadores de Tomates Cultivados*. VII Congresso de Ecologia do Brasil.
- Gonçalves, A. O.; Fidalgo, E. C. C. & Bastos, C. L. 2006. Caracterização climática do município de São José de Ubá, estado do Rio de Janeiro. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos*, 95: 26p.

- 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.
- Greenleaf, S. S.; Williams, N. M.; Winfree, R. & Kremen, C. 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153: 589-596.
- 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.
- Heinrich, B. 1979. *Bumblebee economics*. Harvard University Press, Cambridge. 245p.
- Hikawa, M. & Miyanaga, R. 2009. Effects of pollination by *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) on tomatoes in protected culture. *Applied Entomology and Zoology*, 44(2): 301-307.
- Holzschuh, A.; Steffan-Dewenter, I. & Tschamtko, T. 2008. Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos*, 117: 354-361.
- Ikeda, F. & Tadauchi, Y. 1995. Use of bumblebees as pollinators on fruits and vegetables. *Honeybee Science*, 16: 49-56.
- IBGE, 2012. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 18 set. 2012.
- INMET, 2012. *Instituto Nacional de Meteorologia*. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 04 mar. 2012.
- Imperatriz-Fonseca, V. L. 2004. *Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização*. 10p. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/vinces/logo/vera.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2012.
- Kearns, C. A. & Inouye, D. 1993. *Techniques for pollinations biologists*. University Press of Colorado, Niwot. 579p.
- Keasar, T. 2010. Large carpenter bees as agricultural pollinators. *Psyche*, 1-7p.
- 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.
- Kevan, P. G. & Imperatriz-Fonseca, V. L. 2006. *Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. 336p.

- Kim, J.; Williams, N. & Kremen, C. 2006. Effects of cultivation and proximity to natural habitat on ground-nesting native bees in California sunflower fields. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 79(4): 309-320.
- Kinet, J. M. & Peet, M. M. 2002. Tomato. In: Wien, H.C. *The physiology of vegetable crops*. Wallingford: CABI Publishing, 207-258p.
- 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.
- Kohler, F.; Verhulst, J.; Klink, R. & Kleijn, D. 2008. At what spatial scale do high-quality habitats enhance the diversity of forbs and pollinators in intensively farmed landscapes? *Journal of Applied Ecology*, 45: 753-762.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia*. México: Fondo de Cultura Económica. 478p.
- 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.
- Kremen, C. 2008. Crop Pollination Services from Wild Bees. 10-26 in R. James & T. L. Pitts-Singer, Editors. *Bee Pollinators in Agricultural Ecosystems*. Oxford University Press, New York.
- Lacerda, C. A.; Almeida, E. C. & Lima, J. O. G. 1994. Estádio de desenvolvimento da flor de *Lycopersicon esculentum* Mill. Cv. Santa Cruz Kada ideal para coleta de pólen a ser germinado em meio de cultura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29: 169-175.
- Larsen, T. H.; Williams, N. M. & Kremen, C. 2005. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. *Ecology Letters*, 8: 538-547.
- Macías, M. J. O.; Quezada-Euan, J. J. G.; Parra-Tabla, V. & Reyes, O. V. 2001. Comportamiento y eficiencia de polinización de las abejas sin aguijón (*Nannotrigona perilampoides*) em el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) bajo condiciones de invernadero en Yucatán, México. In: *Memorias del II Seminario Mexicano Sobre Abejas sin aguijón*, Mérida, Yucatán, México. 119-124p.

- 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.
- 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.
- Menezes, G. B. 2011. *Abelhas coletoras de óleos florais na Reserva Biológica União-RJ: Composição e diversidade de espécies, nidificação em ninhos-armadilha e utilização de fontes polínicas*. Dissertação de Mestrado - UENF, 85p.
- 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, The Johns Hopkins University Press. 913p.
- Minami, K. & Haag, H. P. 1989. *O tomateiro*. Campinas: Fundação Cargill. 352p.
- Morandin, L. A.; Laverty, T. M. & Kevan, P. G. 2001a. Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and pollination levels in commercial tomato greenhouses. *Journal of Economic Entomology*, 94(2): 462-467.
- Morandin, L. A.; Laverty, T. M. & Kevan, P. G. 2001b. Effect of bumble bee (Hymenoptera: Apidae) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, 94(1): 172-179.
- Morato, E. F. 2004. *Efeitos da sucessão florestal sobre a nidificação de vespas e abelhas solitárias*. Tese de Doutorado – UFMG, 266p.
- Moura, N. N. 2005. *Percepção de risco do uso de agrotóxicos: o caso dos produtores de São José de Ubá/ RJ*. Dissertação de Mestrado - UFRRJ, 92p.
- Nascimento, M. T.; Ribeiro, A. C. C. & Dan, M. L. 2007. *Marco Zero: Dimensão ambiental da biodiversidade*. Relatório Técnico.
- Nunes-Silva, P.; Hrncir, M. & Imperatriz-Fonseca, V. L. 2008. Thoracic vibrations in stingless bees: is body size important for an efficient buzz pollination? 2033p. *In: XXIII International Congress of Entomology*. Durban, South Africa. 2440p.
- 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. II Publishing Lt

- 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. 2001. Granule-bound starch synthase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* Mill. Wettst. subsection *Lycopersicon*). *American Journal of Botany*, 88: 1888-1902.
- 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: 125-132.
- Pianka, E. R. 1994. *Evolutionary Ecology*. New York, Harper Collins, 5th ed. 486 p.
- Potts, S. G.; Biesmeijer, J. C.; Kremen, C. & Neumann, P. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6): 345-353.
- Ramírez, S.; Dressler, R.; Ospina, M. 2002. Abejas euglosinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Listado de especies con notas sobre su biología. *Biota Colombiana*, 3(1): 7-118.
- Ricketts, T. H.; Daily, G. C.; Ehrlich, P. R. & Michener, C. D. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101: 12579-12582.
- Ricketts, T. H.; Regetz, J.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S. A.; Kremen, C.; Bogdanski, A.; Gemmil-Herren, B.; Greenleaf, S. S.; Klein, A. M.; Mayfield, M. M.; Morandin, L. A.; Ochieng, A. & Viana, B. F. 2008. Landscape effects on crop pollinations services: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11: 499-515.
- Roubik, D. W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press, NY. 514p.
- Santos, A. B. & Nascimento, F. S. 2011. Diversidade de visitantes florais e potenciais polinizadores de *Solanum lycopersicum* (Linnaeus) (Solanales: Solanaceae) em cultivos orgânicos e convencionais. *Neotropical Biology and Conservation*, 6(3): 162-169.
- Scarano, F. R.; Costa, D. P.; Freitas, L.; Lima, H. C.; Martinelli, G.; Nascimento, M. T.; Sá, C. F. C.; Salgueiro, F.; Araujo, D. S. D. & Raíces, D. S. L. 2009. Conservação da flora do Estado do Rio de Janeiro: até onde a ciência pode ajudar. 221-233p. In: Bergallo, H. G.; et al. (Org.). *Estratégias e ações para conservação da biodiversidade no estado do Rio de Janeiro*. Instituto Biomas & Secretaria do Estado de Ambiente / Instituto Estadual do Ambiente, Rio de Janeiro.

- Spooner, D. M., Peralta, I. E. & Knapp, S. 2005. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum* L.b section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.]. *Taxon*, 54: 43–61.
- StatSoft, INC., 2007. *STATISTICA (data analysis software system)*, version 8.0. Disponível em: <www.statsoft.com>.
- Tôsto, S. G.; Brandão, E. S.; Costa, J. R. & Coppede, N. U. 2004. Características socioeconômicas da região noroeste fluminense com ênfase no Município de São José de Ubá. *Documentos/Embrapa solos*, 66: 60p.
- 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.
- Walther-Hellwig, K. & Frankl, R. 2000. Foraging Distances of *Bombus muscorum*, *Bombus lapidarius*, and *Bombus terrestris* (Hymenoptera, Apidae). *Journal of Insect Behavior*, 13(2): 239-246.
- 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.
- Whittaker, R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science*, 147: 250-260.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4. edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Zucchi, R. 1973. *Aspectos bionômicas de Exomalopsis aureopilosa e Bombus atratus incluindo considerações sobre a evolução do comportamento social (Hymenoptera-Apoidea)*. Tese de Doutorado – USP, Ribeirão Preto. 172p.
- Zurbuchen, A.; Landert, L.; Klaiber, J.; Müller, A.; Hein, S. & Dorn, S. 2010. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation*, 143: 669-676.
- Vogel, S. 1969. *Flowers offering fatty oil instead of nectar*, In: XI Proceedings of Botanic Congress, Abstracts, Seattle, 229p.