

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

**Ecologia da Polinização da Amoreira-Preta (*Rubus* sp.)
(Rosaceae) em Timbó, SC, Sul do Brasil.**

LEÔNIDAS JOÃO DE MELLO JUNIOR

FLORIANÓPOLIS-SC

2007

**Ecologia da Polinização da Amoreira-Preta (*Rubus* sp.)
(Rosaceae) em Timbó, SC, Sul do Brasil.**

LEÔNIDAS JOÃO DE MELLO JÚNIOR

- Biólogo –

ORIENTADOR: Dr. Afonso Inácio Orth

CO-ORIENTADOR: Dr. Geraldo Moretto

Dissertação apresentada para
obtenção do grau de Mestre em
Recursos Genéticos Vegetais, do
Departamento de Fitotecnia, do
Centro de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal de Santa
Catarina.

FLORIANÓPOLIS-SC

2007

À minha querida mãe, Terezinha de Mello que, mesmo com sua recente partida, jamais deixou de estar presente...

Ao meu pai, cujo exemplo de força e coragem será sempre seguido...

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Afonso Inácio Orth pelo acolhimento e amizade. Sua orientação, paciência e compreensão foram imprescindíveis nesta realização.

Ao professor Dr. Geraldo Moretto pela amizade e incondicional orientação, na vida acadêmica e pessoal.

Ao Biólogo Maurício Lenzi, cuja presença e contribuição foram extremamente valiosas, especialmente nos momentos mais difíceis.

Às minhas irmãs Carmem, Norma, Vera, Mara e Márcia, pelo carinho, ternura e incentivo.

Ao produtor Sr. Wilson Perboni, por permitir o uso de seu pomar para a realização deste trabalho. Agradeço imensamente sua cordialidade e hospitalidade.

Ao amigo Cristian Shwartz pela hospitalidade, apoio logístico e parceria.

Aos amigos Biólogos: Arnor Bublitz Filho, Harry e Karin Boos pelo incentivo e companheirismo.

Aos coordenadores pedagógicos: Dianne Wruck, Íris Weiduschat, Laura Chaves, Luiz Eugênio Lenzi e Simonette E. Tarnowski pela paciência, apoio, incentivo e principalmente compreensão.

Aos professores Maurício Sedrez dos Reis, Miguel Pedro Guerra e Rubens O. Nodari pelos ensinamentos e contribuições.

À professora Rosete Pescador pelos ensinamentos e incentivos desde a graduação.

Aos colegas de Mestrado Rafael, Sandra, Diogo, Samantha e Ricardo, pelo companheirismo.

Aos colegas do Laboratório de Entomologia pela parceria e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, especialmente à secretária Bernadete pela dedicação e paciência.

Finalmente, minha especial gratidão à Mônica, cuja ternura, dedicação, compreensão e amor incondicional fizeram a vida fazer mais sentido nestes dias difíceis.

Minha gratidão a todos que direta ou indiretamente fizeram parte, não somente deste trabalho, mas também da minha existência.

“Não acredite no que os olhos lhe dizem. Tudo o que eles mostram é limitação. Olhe com compreensão, descubra o que já sabe e descobrirá a maneira de voar.”

Fernão Capelo Gaivota

Richard Bach

SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO.....	iii
DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE.....	vi
SUMÁRIO.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELA.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS	7
2.1 POLINIZAÇÃO	8
2.2 PRODUÇÃO DE NÉCTAR	10
2.3 VISITANTES FLORAIS	11
3. RESULTADOS.....	15
3.1 POLINIZAÇÃO DE <i>Rubus</i> sp.	15
3.2 PRODUÇÃO DE NÉCTAR	16
3.3 VISITANTES FLORAIS	19
4. DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÕES	39
6. BIBLIOGRAFIA	41

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-Propriedade com pomar de amoreira-preta (*Rubus* sp.), município de Timbó, SC. _____ 8
- Figura 2 – Fotos dos testes de polinização realizados em *Rubus* sp. no município de Timbó, SC. **A-** Polinização Livre, **B-** Autopolinização e **C-** Anemofilia. _____ 9
- Figura 3 – Ninhos de abelhas nativas Apidae (Meliponinae) introduzidos em pomar de *Rubus* sp., município de Timbó, SC em Dezembro de 2005. _____ 12
- Figura 4 – Produção de néctar potencial e instantaneamente disponível ao longo do dia em *Rubus* sp. no município de Timbó-SC, em Dezembro de 2005. _____ 18
- Figura 5 – Porcentagem de indivíduos incluídas nas diferentes ordens de insetos, coletados sobre as flores de *Rubus* sp., no município de Timbó-SC em Dezembro/2005. _____ 19
- Figura 6 – Riqueza de espécies de quatro famílias de abelhas (Hymenoptera) visitantes florais de *Rubus* sp. em Timbó (SC), Dezembro de 2005. _____ 21
- Figura 7– Abundância de indivíduos das famílias de abelhas (Hymenoptera) visitantes florais de *Rubus* sp. (excluindo os indivíduos de *Apis mellifera*) em Timbó (SC), Dezembro de 2005. _____ 21
- Figura 8 – Total de abelhas coletadas sobre *Rubus* sp. ao longo do dia no município de Timbó (SC), Dezembro de 2005. _____ 22

Figura 9– Comparação entre o volume de néctar potencial produzido por *Rubus* sp. e o número de visitantes florais da espécie nos diferentes horários em Timbó, (SC). Dezembro de 2005. _____ 23

Figura 10 – Comparação entre o volume de néctar instantaneamente disponível e o número de visitantes florais de *Rubus* sp. nos diferentes horários. Timbó (SC), Dezembro de 2005. _____ 23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Taxa de frutificação média (percentual de frutículos produzidos por infrutescência) em *Rubus* sp (N=40) para cada teste de polinização, no município de Timbó-SC, em Dezembro de 2005. _____ 15

Tabela 2. Volume (μL) e concentração de sacarose ($^{\circ}\text{Brix}$) do néctar potencial obtido em diferentes horários, em 72 flores divididas em 18 indivíduos de *Rubus* sp. no município de Timbó-SC, em Dezembro de 2005. _____ 16

Tabela 3. Volume (μL) e concentração de sacarose ($^{\circ}\text{Brix}$) do néctar instantaneamente disponível obtido em diferentes horários, em 60 flores distribuídas em 15 indivíduos de *Rubus* sp. no município de Timbó-SC, Dezembro de 2005. _____ 17

Tabela 4. Volume (μL) de néctar obtidos nas avaliações do néctar potencial e do néctar instantaneamente disponível (standing crop) de *Rubus* sp. no município de Timbó,SC, em Dezembro de 2005. _____ 17

Tabela 5. Concentrações de sacarose ($^{\circ}\text{Brix}$) obtidas das avaliações de néctar potencial e instantaneamente disponível (standing crop) de *Rubus* sp. no município de Timbó-SC, em Dezembro de 2005. _____ 18

Tabela 6 – Espécies de abelhas visitantes florais de *Rubus* sp. L no Município de Timbó (SC), em Dezembro de 2005. _____ 20

RESUMO

Estudou-se a ecologia da polinização da amoreira-preta (*Rubus* sp.), da família Rosaceae, por meio de testes de polinização, análise da produção de néctar e da amostragem de visitantes florais em área de cultivo comercial. Objetivou-se, especificamente, confirmar a síndrome de polinização de *Rubus* sp, através da análise de sua biologia floral e alocação de recursos florais para os insetos. Objetivou-se, também, avaliar a importância das abelhas como vetores de pólen e se esta associação influencia positivamente no sucesso reprodutivo de *Rubus* sp. Os experimentos foram realizados em uma área de cultivo de amoreira-preta, durante a florada no município de Timbó, SC (Latitude 26°46'38,5" S e Longitude 49°15'42,0" W). Para a avaliação do potencial polinizador de *Rubus* sp., foram introduzidos, próximo ao cultivo das amoreiras, oito ninhos de abelhas "sem-ferrão" (Apidae, Meliponinae), sendo dois de cada espécie: *Melipona marginata*, *Melipona quadrifasciata*, *Plebeia droryana* e *Plebeia remota*. Constatou-se que a maior taxa de frutificação (48,3 % ± 3,2) ocorreu via polinização livre (natural). Foi verificada a ocorrência de autopolinização, porém com uma taxa de frutificação inferior (12,2% ± 4,9). Não foi verificada, nas plantas (N=40), a formação de frutos agamospérmicos e partenocármicos. A anemofilia também não foi constatada na espécie. A avaliação de néctar potencial e néctar instantaneamente disponível em *Rubus* sp., por meio da análise do volume e da concentração de sacarose resultou em valores compatíveis com a síndrome de melitofilia (polinização por abelhas). Os valores médios de produção diária por flor foram de 6,41 ± 0,15 µL, com concentração de sacarose que variou de 11,6 a 29,5 °Brix. A comparação entre o néctar potencial e o néctar instantaneamente disponível se mostrou diferente nos horários de maior visitação por abelhas, corroborando com a síndrome de polinização entomófila, especialmente por abelhas. Os visitantes florais coletados e observados sobre as flores de *Rubus* sp. foram predominantemente abelhas (Hymenoptera) (97%), que iniciam a atividade de forrageamento às 7h, com pico de atividade às 11h e declinando até as 17h. As 48 coletas resultaram numa amostragem de 1.360 abelhas, divididas em quatro famílias e 13 espécies. A família com maior riqueza de espécies (N = 7) foi Halictidae e a mais abundante foi Apidae, com 1.288 indivíduos. Em Apidae houve o predomínio da espécie exótica *Apis mellifera*, cuja representação foi de 1.246 indivíduos. Apidae também foi representada por indivíduos das espécies *Melipona marginata* (N= 21), *Plebeia droryana* (N= 13) e *Plebeia remota* (8). Os dados da abundância e as observações naturalísticas apontaram *A. mellifera* como o principal polinizador de *Rubus* sp, na área amostrada, mas confirma que as demais espécies de abelhas também podem exercer um papel no processo de polinização de *Rubus* sp. Das espécies da subfamília Meliponinae introduzidas na área de estudo, recomenda-se *Melipona marginata*, que, além da sua maior representatividade na amostragem, apresenta comportamento forrageiro mais adequado à polinização de *Rubus* sp., e pode contribuir para a produção de frutos em pomares de amoreira-preta.

Palavras chave: amoreira-preta, *Rubus* sp., sistema reprodutivo, visitantes florais, produção de néctar.

ABSTRACT

In this study we verified the pollination ecology of the blackberry (*Rubus* sp.) (Rosaceae), by means of pollination tests, analysis of the nectar production and sampling of the floral visitors in a commercial orchard. The specific objective was to confirm the pollination syndrome of *Rubus* sp, through analysis of its floral biology and allocation of floral resources for the flower visiting insects. We intended, also, to evaluate the importance of bees as vectors of pollen and if this association influenced positively the reproductive success of *Rubus* sp. The experiments were carried out in a flowering orchard of blackberry, in Timbó, SC, (latitud 26°46' 38,5" S and longitud 49°15'42,0" W). For the evaluation of the potential pollinators of *Rubus* sp., we introduced, next to the blackberry orchard, ten nests of stingless bees (Apidae, Meliponinae), belonging to the species: *Melipona marginata*, *Melipona quadrifasciata*, *Plebeia droryana* and *Plebeia remota*. The highest fruit set (48.3% ± 3,2) occurred in the free pollination test (natural). Self-pollination was verified, however with a lower fruit set (12.2% ± 4.9) as compared to the natural pollination test. It was not observed in the plants (N=40), the formation of agamospermic or parthenocarpic fruits. Wind pollination was also not observed in the species. The nectar potential and the nectar standing crop evaluation in *Rubus* sp., by means of the analysis of its volume and its concentration of sucrose, presented values, compatible with the melittophily syndrome (pollination by bees). The average volumes of nectar daily produced by each flower was 6.41 ± 0.15 µL with a sucrose concentration that varied between 11.6 and 29.5°Brix. The comparison between the volumes of nectar potential and nectar standing crop, showed high differences in the hours of higher visitation rates by bees, corroborating the pollination by insects' syndrome, especially by bees. The floral visitors collected and observed on the flowers of *Rubus* sp. were predominantly bees (Hymenoptera) (97%), which initiate their foraging activity around 7 am, with a peak of activity around 11 am, and the activity declining until 17 pm. In the 48 hours of collection we sampled 1.360 bees, included in four families and 13 species. The family represented in the survey with the highest number of species (N = 7) was Halictidae and the most abundant family was Apidae, with 1.288 individuals. In Apidae there was observed a predominance of the exotic species *Apis mellifera*, represented in the survey by 1.246 individuals. Apidae was also represented by individuals of the species *Melipona marginata* (N= 21), *Plebeia droryana* (N= 13) and *Plebeia remota* (8). The data of the abundance and the behavior of the visiting insects pointed *A. mellifera* as the main pollinator of *Rubus* sp, in the studied area, but also suggest that many species of wild bees also might be important in pollinating *Rubus* sp. Of the species of Meliponinae, introduced in the study area, we suggest that *Melipona marginata*, due to its higher abundance in the orchard, and by presenting a more adequate foraging behavior while visiting *Rubus* sp. flowers, can contribute effectively to increase the production of fruits in blackberry orchards.

Key words: blackberry, *Rubus* sp reproductive system, floral visitors, nectar production.

INTRODUÇÃO

A amoreira-preta faz parte de um grupo de plantas do gênero *Rubus*, bastante diverso e difundido, para o qual se estima existir entre 400 a 500 espécies de framboesas e amoreiras. São encontradas na América, Europa, África e Ásia (ANTUNES, 2002; RADMANN *et al.*, 2003). Este gênero pertence à família Rosaceae, assim como outros gêneros de grande relevância para a fruticultura brasileira, como *Malus*, *Prunus* e *Pyrus*. O gênero *Rubus* apresenta 12 subgêneros, sendo o *Idaeobatus* e *Eubatus* de grande importância econômica para a fruticultura. Muitas espécies são subtropicais e temperadas, mas algumas ocorrem também em regiões tropicais montanhosas no hemisfério sul (ANTUNES, 2002).

A caracterização taxonômica do gênero *Rubus* é difícil de ser determinada, devido à diversidade do hábito de crescimento das plantas, distribuição das espécies e à alta diversidade morfológica (ANTUNES, 2002). A poliploidia e as freqüentes hibridizações também dificultam sua classificação infragenérica (LAWRENCE, 2001; TAYLOR, 2005). Há ocorrência de diferentes níveis de ploidia, conforme citado por Antunes (2002), com existência natural de diplóides ($2n = 14$) até dodecaplóides ($12n = 84$). As espécies de mesma ploidia são interférteis e a maioria das populações de amoreiras encontradas no mundo é híbrida, dificultando o agrupamento das cultivares em espécies distintas (MOORE, 1984; WERLEMARK & NYBOM, 2003 e TAYLOR, 2005).

Em *Rubus* sp. ocorre a presença de ramos bianuais, com produção nas porções superiores no primeiro ano e em porções inferiores no segundo ano

(ANTUNES, 2002). Este autor descreve, também, que há espécies decíduas e outras com folhas perenes. Segundo Facchinello *et al.* (1994), enquanto alguns ramos estão produzindo, outros ramos emergem e desenvolvem, renovando o material para a próxima produção. A cultivar Tupy, objeto deste estudo, apresenta plantas de porte ereto ou rasteiro, com hastes vigorosas e espinhos (VILLA *et al.*, 2003; RASEIRA, 2004).

As flores de *Rubus* sp. são pequenas e de simetria radial, diclamídeas, com cálice formado por cinco sépalas e corola com cinco pétalas livres entre si. As espécies de *Rubus* apresentam também flores com receptáculo bem desenvolvido, elevado em relação à flor, e pétalas brancas levemente salpicadas de rosa. Suas flores são monóclinas, com androceu formado por numerosos estames, que ocasionalmente se apresentam em partes petalóides dispostos em verticilos. Quanto ao gineceu, este é formado por pistilos livres entre si e muito numerosos (TAYLOR, 2005).

O fruto da amoreira é classificado como mini drupa ou drupete, e denomina-se amora, amora-preta ou “blackberry” (POLING, 1996; TAYLOR, 2005). Estes frutos são agregados e de coloração negra e sabor ácido a doce-ácido (ANTUNES, 2002; VILLA *et al.*, 2003; RASEIRA, 2004). A variedade Tupy tem de 8 à 10g de peso médio por infrutescência, sabor equilibrado, com teor de sólidos solúveis entre 8 e 9°Brix (RASEIRA, 2004).

A polinização biótica é a mais comum fonte de mutualismo em comunidades terrestres, revelando um complexo mecanismo de interação planta-polinizador (PACCINI *et al.*, 2003; CHALCOFF *et al.*, 2006; WOLFF, 2006). Para atrair os polinizadores, diferentes recursos florais são alocados,

entre eles, o néctar e o pólen, que representam o principal motivo de visitas florais para muitos polinizadores (CHALCOFF *et al.*, 2006; WOLFF, 2006). O néctar consiste, basicamente, em uma solução de água e glicídios: um dissacarídeo (sacarose) e duas hexoses (frutose e glicose) (CORBET, 2003; CHALCOFF *et al.*, 2006; WOLFF, 2006). Insetos, pássaros e mamíferos utilizam o néctar para suprir sua própria necessidade energética ou para provisão de suas larvas, enquanto o pólen representa uma fonte protéica para estas provisões (CORBET, 2003).

Se para o polinizador o conteúdo do néctar é o objetivo principal do forrageamento, então a exploração deste recurso deve ser maximizada quanto ao ganho energético (CORBET, 2003). Para Kearns & Inouye (1993) e Corbet (2003) é relevante mensurar as quantidades e conhecer as dinâmicas da secreção do néctar para se entender o contexto evolutivo e ecológico das interações planta-polinizador. Ainda, para estes mesmos autores, existe a recomendação de estudos de campo para a mensuração de duas esclarecedoras variáveis dos estudos biocenóticos: (1) o volume do néctar secretado e (2) a sua concentração de sacarose.

Os insetos ocupam lugar de destaque no serviço de polinização, em especial as abelhas, que são os mais estudados e conhecidos vetores de pólen. As abelhas silvestres, incluindo as espécies solitárias e sociais, são os visitantes florais mais freqüentes em muitas plantas (TAURA & LAROCA, 2001; LENZI *et al.*, 2003; BIESMEIJER *et al.*, 2005; POTTS *et al.*, 2006) e os mais importantes polinizadores de muitas angiospermas (ZANETTE *et al.*, 2005). Segundo Samejima *et al.* (2004), as abelhas formam um grupo responsável por

22% da polinização nas florestas tropicais. Para Potts *et al.* (2006), estes insetos são responsáveis pela produção de 30% do alimento consumido pelos seres humanos.

Para a obtenção de dados para a abundância relativa de polinizadores e flores visitadas é comum a utilização da metodologia desenvolvida por Sakagami & Laroca (1967) que consiste em capturar abelhas sobre as flores, utilizando-se de rede entomológica. Este tipo de coleta possibilita importantes levantamentos apifaunísticos da área (SAKAGAMI & FUKUDA, 1973; ORTH, 1983; BARBOLA, 2000 e LENZI *et al.*, 2003).

Conhecer profundamente dados de abundância e riqueza de espécies é importante porque permite obter informações de diferentes interesses, relativas à taxonomia, flutuação de populações ao longo do tempo, alteradas por diferentes fatores (SILVEIRA, 2004). Este conhecimento contribui também para elucidar os mecanismos co-evolutivos que garantem o sucesso reprodutivo de espécies vegetais, já que a polinização entomófila, neste contexto, constitui um dos mais complexos destes mecanismos. A interação planta-polinizador resulta no sucesso reprodutivo da planta, ou seja, a alocação de recursos aos insetos garante a transferência de pólen tanto na autopolinização quanto na polinização cruzada (LUNAU, 2004). Muitas plantas de importância econômica dependem de insetos para incrementar sua produção (TOLEDO *et al.*, 2003) e a polinização insuficiente resulta no insucesso reprodutivo e conseqüentemente num impacto econômico na fruticultura (PELLETIER *et al.*, 2001; PIAS & GUITIÁN, 2006).

A apicultura em área de fruticultura constitui uma prática comum, que visa incrementar a produção tanto de frutos quanto de produtos apícolas, como mel, cera e própolis. A meliponicultura, embora menos difundida, também contribui para a maior produção de frutos e mel, e permite, com o manejo adequado das colônias, contribuir para sustar o atual processo de extinção em que se encontram estas abelhas (CRUZ *et al.*, 2005). Para Kraemer & Favi (2005), as abelhas nativas são freqüentemente superiores quanto ao serviço de polinização prestado em muitas culturas.

Um terço dos alimentos ingeridos pelos seres humanos dependem diretamente ou indiretamente da polinização das flores por animais. (KEARNS *et al.*, 1998; MARCO JR. & COELHO, 2004). As contribuições dos polinizadores no incremento da fertilização das flores de diversas plantas são estimados entre 20-40 bilhões de dólares por ano somente nos Estados Unidos (KEARNS *et al.*, 1998), podendo chegar à 200 bilhões de dólares em escala global, (CONSTANZA *et al.*, 1997). Segundo Biesmeijer *et al.* (2005), conhecer as interações entre as abelhas e as plantas cultivadas é fundamental no processo de conservação e manejo das espécies envolvidas. O homem contemporâneo tem alterado profundamente o ambiente em que vive, elevando, portanto, a necessidade de análises qualitativas e quantitativas da alteração da fauna, dos recursos necessários para a sua sobrevivência e da influência da ação humana sobre a mesma (TAURA & LAROCCA, 2001; LAROCCA & ORTH, 2002; LENZI *et al.*, 2003).

O presente estudo objetivou confirmar experimentalmente a síndrome de polinização de *Rubus* sp. Também objetivou levantar a entomofauna visitante

de *Rubus* sp na área de estudo, determinar seu potencial polinizador e elucidar algumas relações mutualísticas que ocorrem entre insetos, especialmente abelhas e *Rubus* sp.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi executado em uma área particular de 0,14 hectare de cultivo de amora-preta (Figura 1), localizada no bairro Cedro Margem Esquerda, município de Timbó-SC, Latitude 26°46'38,5" S e Longitude 49°15'42,0" W, altitude de 86m. Seguindo-se a classificação de Köppen, a região apresenta clima Cfa, definido como subtropical úmido com verões quentes. A temperatura média anual é de 20°C. Os meses mais quentes do ano são dezembro, janeiro e fevereiro, com média de temperaturas máximas de 28°C. Os meses mais frios são junho, julho e agosto, quando a média das temperaturas mínimas é inferior a 10°C. A precipitação pluvial anual varia entre 1.600 e 1.800 mm (EPAGRI, 1997). O pomar está circundado por vegetação de Mata Atlântica, intensamente antropomorfizada, com pastagens e outras culturas. Os experimentos foram conduzidos de dezembro de 2005 a julho de 2006.



Figura 1-Propriedade com pomar de amoreira preta (*Rubus* sp.), município de Timbó, SC. Vista parcial do pomar, com área de pastagem ao fundo e de outras fruticulturas na lateral direita. Dezembro de 2005.

1 – Polinização

A estratégia de polinização de *Rubus* sp. foi determinada utilizando-se 40 flores por tratamento. Quatro flores por planta foram amostradas em 10 plantas sorteadas (repetições). Os tratamentos foram de polinização livre, autopolinização, agamospermia e anemofilia

No tratamento de polinização livre (Figura 2-A) foi permitida toda forma de transferência de pólen. O tratamento da autopolinização (Figura 2-B) consistiu no ensacamento das flores em pré-antese, com sacos de papel manteiga para impedir a xenogamia. O tratamento de agamospermia foi realizado em flores ensacadas e emasculadas em período de pré-antese, impedindo a fertilização das flores por pólen endógeno e via xenogamia. No

tratamento de anemofilia (Figura 2-C) as flores foram ensacadas em pré-antese com tecido de voal, com tela de 500 μ , que impediram a abordagem de insetos e outros animais transportadores de pólen, porém, permitindo a passagem de grãos de pólen transportados pelo vento. Estas flores também sofreram emasculação para evitar possível autopolinização.

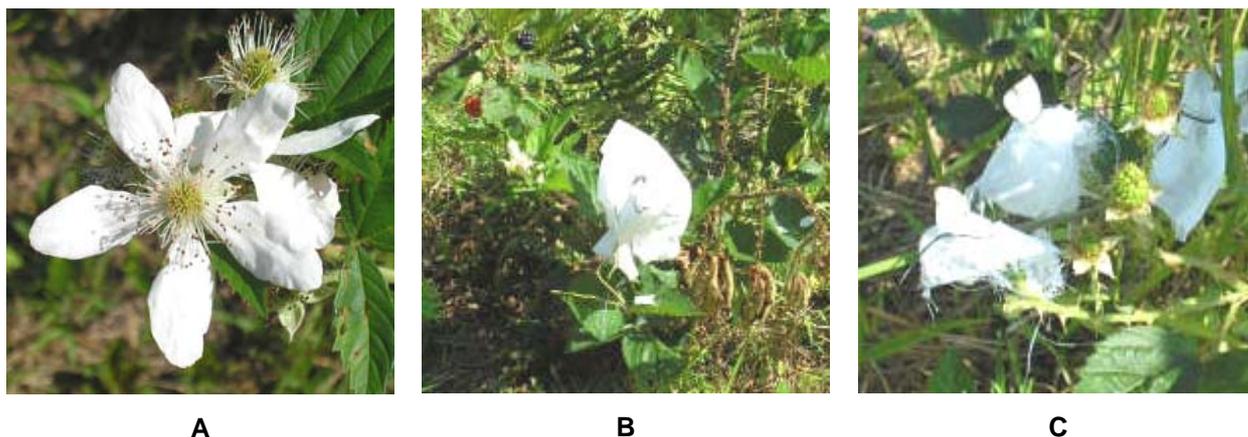


Figura 2 – Fotos dos testes de polinização realizados em *Rubus* sp. no município de Timbó, SC. **A**-Polinização Livre, **B**-Autopolinização e **C**-Anemofilia.

A partenocarpia foi avaliada, através da observação da ausência de sementes e embriões em frutículos (N=240) de 20 infrutescências em todos os tratamentos de polinização. Os frutículos foram abertos sob microscópio estereoscópico (40X), retiradas as sementes e verificada a presença ou ausência do embrião. Frutos com sinais de predação foram descartados.

Em todos os tratamentos foram avaliadas as taxas de frutificação, em porcentagem (%), determinada 20 dias após a antese, dada pela relação entre o número de frutículos produzidos por infrutescência e o número médio de estigmas. Este número foi determinado a partir da contagem de estigmas em 40 flores, previamente coletadas e observadas ao microscópio estereoscópico

(aumento de 40X). O percentual de infrutescências que produziram frutículos também foi observado em cada tratamento.

Todas as plantas e ramos utilizados nos diversos experimentos foram marcados com fitas e arames de coloração diferenciada para os diferentes tratamentos.

O experimento que procurou elucidar a estratégia de polinização de *Rubus* sp. foi delineado de forma completamente casualizada. Para avaliar o efeito dos tratamentos na taxa de frutificação foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA), e considerou-se um nível de significância de no máximo 5% para considerar as diferenças (SOKAL & ROHLF, 1981).

2 – Produção de Néctar

Neste experimento, foi analisado o volume de néctar e as respectivas concentrações de sacarose, produzidos por *Rubus* sp. ao longo do dia. Estas variáveis foram analisadas sob duas perspectivas: a produção diária total deste recurso por flor - néctar potencial e o néctar instantaneamente disponível aos polinizadores – néctar *standing crop* (DAFNI, 1992). Esta metodologia é sugerida por Kearns & Inouye (1993) e Corbet (2003) e utilizada por Lenzi *et al.* (2005) e Mendonça & Anjos (2006).

O néctar potencial foi avaliado em 4 flores de dezoito indivíduos, totalizando 72 flores observadas. As flores foram ensacadas em pré-antese para evitar a retirada de néctar por animais e reensacadas após cada coleta. O néctar instantaneamente disponível aos polinizadores foi avaliado em 4 flores

não ensacadas em quinze plantas, totalizando 60 observações. As coletas foram realizadas em três horários ao longo do período diurno: 8h, 12h e 16h para os dois estudos, sempre na mesma flor, segundo sugerem Corbet (2003), Mendonça & Anjos (2006) e Wolff (2006).

Para a coleta de néctar foram utilizados tubos microcapilares de 5µl. Estes tubos foram delicadamente colocados em contato com o néctar, que sobe ao tubo por capilaridade (KEARNS & INOUE, 1993; CORBET, 2003; HIGGINSON *et al.*, 2006; MENDONÇA & ANJOS, 2006; WIST & DAVIS, 2006; WOLFF, 2006). A quantificação do néctar foi dada pela fórmula $VN = (CN \times VM) / CM$, onde VN = volume de néctar (µL); CN=comprimento da coluna de néctar no microcapilar (mm); VM=volume do capilar calibrado (µL); CM = comprimento do microcapilar (mm) (DAFNI, 1992; SOUZA *et al.*, 2004).

A concentração de sacarose foi obtida com o uso de um refratômetro de campo (Bellingham & Stanley, modelo Eclipse) (KEARNS & INOUE, 1993; CORBET, 2003; WERYSZKO-CHMIELEWSKA *et al.*, 2003; LENZI *et al.*, 2005).

O experimento foi delineado de forma completamente casualizada e os dados resultantes das coletas nos diferentes horários foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA). Um nível máximo de significância de 5% foi adotado para considerar as médias diferentes e o Teste de Tukey foi utilizado para detectar as diferenças entre as médias (SOKAL & ROHLF, 1981).

3 – Visitantes Florais

Para o estudo de visitantes florais, colônias de abelhas nativas foram introduzidas para a avaliação de seu potencial polinizador. As introduções

foram realizadas 10 dias antes do início das coletas e consistiram na colocação de 8 ninhos (dois de cada espécie) de abelhas nativas (Figura 3), oriundas do meliponário do Laboratório de Genética do Centro de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Regional de Blumenau. As espécies introduzidas foram: *Plebeia remota* Holmberg, *Plebeia droryanna* Friese, *Melipona quadrifasciata* Lepeletier e *Melipona marginata* Lepeletier.

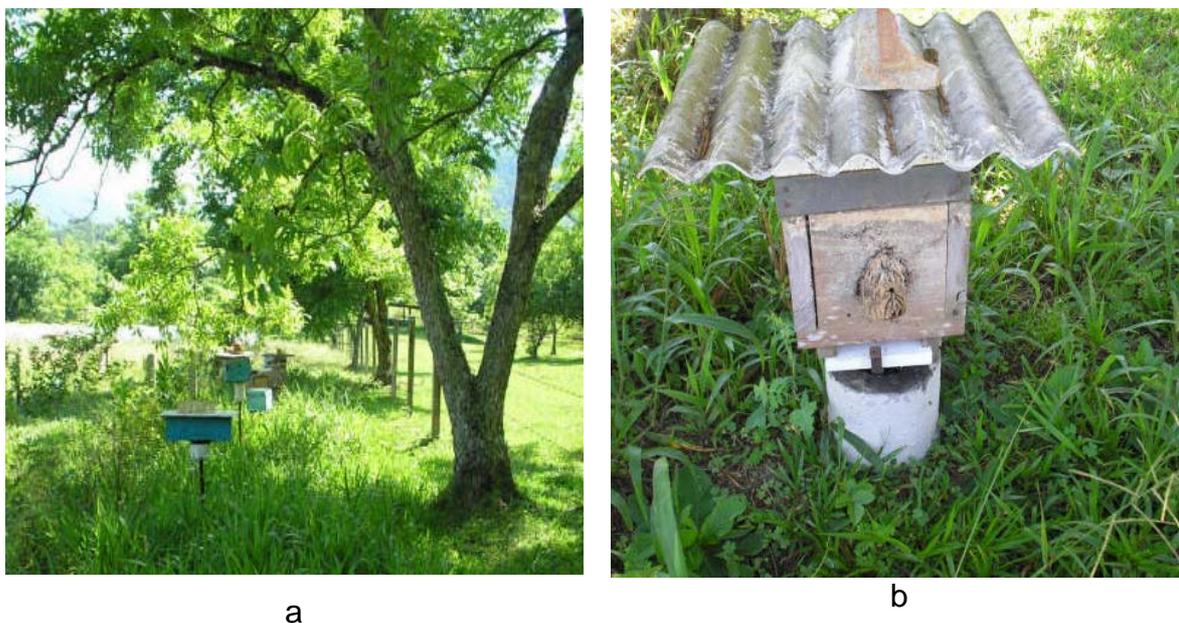


Figura 3 – a) Ninhos de abelhas nativas sem ferrão, Apidae: Meliponinae introduzidos no pomar de *Rubus* sp., em Timbó, SC em Dezembro de 2005. b) detalhe do ninho de *Melipona marginata* Lepeletier.

O método utilizado para a coleta de insetos sobre as flores de *Rubus* sp foi a descrito por Sakagami *et al.* (1967) e posteriormente utilizado por Orth (1983), Taura & Laroca (2001), Lenzi *et al.* (2003), Santana *et al.* (2002), Jamhour & Laroca. (2004), Potts *et al.* (2006). A técnica consistiu na coleta de insetos a partir de deslocamentos contínuos ao longo das plantas em flor e obtidas ao acaso. As coletas iniciaram às 7h e prosseguiram até o final do dia, por períodos de 30 minutos a cada duas horas. Assim, os horários de coletas

foram: 7h, 9h, 11h, 13h, 15h e 17h. Observações preliminares não revelaram presença de insetos antes e depois deste período de coleta. As coletas ocorreram durante o mês de dezembro de 2005, num total de 48 coletas (6 coletas diárias ao longo de 8 dias). Para reduzir o efeito subtrativo de cada coleta sobre a população de insetos, estas foram realizadas em dias intercalados.

Os insetos foram coletados com o auxílio de um sugador (tubo de ensaio adaptado para permitir que o inseto seja sugado ao seu interior). A utilização do mesmo em detrimento à utilização da rede entomológica deu-se diante da dificuldade de manuseio desta sobre as plantas, cujas pétalas são extremamente sensíveis. A presença de espinhos que prendem a rede também diminuem a mobilidade do coletor. Assim, durante o deslocamento, foram aspirados os insetos que visitavam a flor de *Rubus* sp. Os visitantes florais capturados foram transferidos para um tubo mortífero, contendo cianeto de potássio, e, posteriormente transferidos para mantas entomológicas. Foram separados por hora de coleta e triados conforme seus morfotipos. Após serem alfinetados, foram identificados através de consulta bibliográfica, a especialistas e à coleção entomológica do Laboratório de Entomologia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias, UFSC, onde permanecem para referência e consultas.

Com o intuito de maximizar o rendimento de coleta, as abelhas exóticas da espécie *Apis mellifera* não foram coletadas, mas contadas quando estavam em contato com a flor de *Rubus* sp. Para tanto, utilizou-se um contador manual de campo.

Para a classificação das famílias, subfamílias, gêneros e espécies de abelhas utilizou-se a chave proposta por Michener (1990, 2000) e Silveira *et al.* (2002). Exclusivamente para subfamília Augochlorinae (Hymenoptera: Halictidae) utilizou-se a metodologia proposta por Eickwort (1969). A descrição das espécies de Meliponinae seguiu Nogueira-Neto (1997).

Os valores observados não expressaram somente a entomofauna local, uma vez que colônias de abelhas melíponas foram introduzidas na área de estudo. Os valores de abundância e riqueza serviram exclusivamente para avaliar o desempenho dos insetos na polinização de *Rubus* sp.

A determinação de polinizadores potenciais foi realizada naturalisticamente, observando o comportamento das abelhas nativas por ocasião da abordagem e partida das flores, tempo de visita, número de visitas em uma mesma seqüência, se o corpo dos visitantes tocou efetivamente as anteras e estigmas das flores e a coleta de recursos tróficos (néctar, pólen ou ambos).

RESULTADOS

1 – Polinização de *Rubus* sp.

Todas as inflorescências de tratamentos de polinização livre e de autopolinização produziram infrutescências. No entanto, a resposta de frutificação nas infrutescências ocorreu diferentemente entre os tratamentos. As flores de *Rubus* sp do tratamento polinização livre, em média produziram quatro vezes mais frutículos que as flores do tratamento da autopolinização (Tabela 1).

Tabela 1. Taxa de frutificação média (percentual de frutículos produzidos por infrutescência) em *Rubus* sp (N=40) para os testes de polinização livre e autopolinização, no município de Timbó-SC, em Dezembro de 2005.

Testes de Polinização	Frutificação	F	P
Polinização Livre	48,3 % ± 3,2	378,00	<0,001
Autopolinização	12,2% ± 4,9		

Observou-se que nenhuma flor frutificou sem a presença de grãos de pólen (fertilização), demonstrando que não há agamospermia como uma estratégia reprodutiva e nem partenocarpia, já que todos os frutículos observados apresentavam um embrião. As plantas do tratamento de anemofilia não produziram infrutescências revelando que os grãos de pólen não são transportados pelo vento para as flores testadas, confirmando a necessidade de agentes bióticos para seu transporte.

2 – Produção de Néctar

Com as flores ensacadas de *Rubus* sp. foi observado a produção de néctar desde a hora inicial até a hora final em todos os dias em que foram realizadas as observações. A produção diária de néctar por flor (soma das três coletas diárias) foi de $6,41 \pm 0,15 \mu\text{L}$ nas dezoito plantas testadas com concentração de sacarose média de $17,4 \pm 5,9$ °Brix.

Na tabela 2 são mostrados os valores da avaliação do néctar potencial e a concentração de sacarose nos três horários de coleta (N=18). Estatisticamente foi encontrado uma diminuição significativa no volume de néctar e concentração de sacarose na coleta realizada no período das 16 horas. Nos dois primeiros horários as diferenças observadas não foram significativas.

Tabela 2. Volume (μL) e concentração de sacarose (°Brix) do néctar potencial, obtidos em diferentes horários, em 72 flores divididas em 18 indivíduos de *Rubus* sp. no município de Timbó-SC, em Dezembro de 2005.

Horário	Néctar Potencial			
	Volume	F	Concentração	F
08:00	$2,13 \pm 0,95$ a		$22,44 \pm 11,81$ a	
12:00	$2,66 \pm 1,33$ a	5,25	$23,75 \pm 11,45$ a	42,0
16:00	$1,79 \pm 1,75$ b		$8,67 \pm 9,13$ b	

Os valores seguidos de letras iguais, nas mesmas colunas, não diferem entre si (ANOVA e Tukey, $P < 0,001$)

Na avaliação do néctar instantaneamente disponível (*nectar standing crop*), as variáveis volume de néctar e a concentração de sacarose também foram significativamente diferentes entre os horários de coleta (Tabela 3) Em

nenhuma das flores amostradas (N=60) foi detectada a presença de néctar no horário das 12h.

Tabela 3. Volume (μL) e concentração de sacarose ($^{\circ}\text{Brix}$) do néctar instantaneamente disponível obtido em diferentes horários, em 60 flores distribuídas em 15 indivíduos de *Rubus* sp. no município de Timbó-SC, Dezembro de 2005.

Néctar Instantaneamente Disponível				
Horário	Volume	F	Concentração	F
08:00	1,95 \pm 0,56	145,0 *	11,99 \pm 1,77	95,0*
16:00	0,18 \pm 0,07		5,11 \pm 2,06	

* Diferem significativamente (ANOVA, $P < 0,001$)

Ao comparar os volumes de néctar potencial e néctar instantaneamente disponível, obtidos em cada horário (Tabela 4), verificou-se que no primeiro horário matutino (8h) os valores não diferem significativamente. Comparando os volumes produzidos no horário vespertino, verificou-se uma significativa diferença entre as duas avaliações. A Figura 4 apresenta a dinâmica de secreção do néctar ao longo do período diurno.

Tabela 4. Volume (μL) de néctar obtido nas avaliações do néctar potencial e do néctar instantaneamente disponível (*nectar standing crop*) de *Rubus* sp. no município de Timbó,SC, em dezembro de 2005.

Néctar	Horário		
	08:00	12:00	16:00
Potencial (N=18)	2,13 \pm 0,95	2,66 \pm 1,33	1,79 \pm 1,75
Standing Crop (N=15)	1,95 \pm 0,56	0,00	0,18 \pm 0,07
	$F=0,71^{\text{ns}}$		$F=50,8^*$

* Diferem significativamente; ^{ns} não diferem significativamente. (ANOVA, $P < 0,05$)

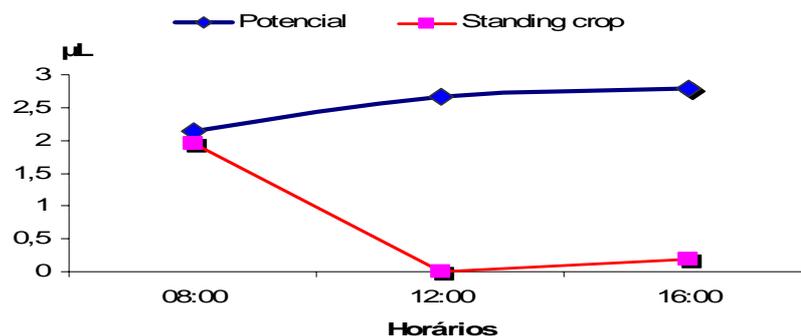


Fig. 4 – Produção média de néctar potencial e de néctar instantaneamente disponível em cada flor ao longo dia em *Rubus* sp. no município de Timbó-SC, em dezembro de 2005.

A concentração de sacarose no néctar de *Rubus* sp. mostrou-se diferente entre a avaliação de néctar potencial ($22,44 \pm 11,81$ °Brix) e do néctar instantaneamente disponível ($11,99 \pm 1,77$ °Brix) para o horário das 8 horas. Conforme mencionado na avaliação do volume, às 12 horas não foram encontrados néctares disponíveis em nenhuma das flores amostradas. Já nas flores ensacadas houve concentração média de $23,75 \pm 11,45$ °Brix. No entanto, esta variável não mostrou diferença significativa na coleta realizada às 16 horas com médias de $8,67 \pm 9,13$ °Brix para o néctar potencial e $5,11 \pm 2,06$ para o néctar instantaneamente disponível (Tabela 5).

Tabela 5. Concentrações de sacarose (°Brix) obtidas das avaliações de néctar potencial e do néctar instantaneamente disponível (*standing crop*) de *Rubus* sp., no município de Timbó-SC, em Dezembro de 2005.

Néctar	Horário		
	08:00	12:00	16:00
Potencial (N=18)	$22,44 \pm 11,81$	$23,75 \pm 11,45$	$8,67 \pm 9,13$
Standing Crop (N=15)	$11,99 \pm 1,77$	-	$5,11 \pm 2,06$
	$F=45,4^*$	-	$F=7,1^{ns}$

* Diferem significativamente; ^{ns} não diferem significativamente. (ANOVA, P<0,05)

3 – Visitantes Florais

Nas 48 coletas realizadas durante todo período de execução do trabalho, foram registrados 1390 insetos visitando as flores de amoreira-preta. A ordem Hymenoptera foi a mais abundante, com 1360 indivíduos (97%) (Figura 5). Entre os himenópteros foram encontradas quatro famílias: Apidae 94,7% (N=1288), Halictidae 5,1% (N=70), Anthophoridae 0,1% (N=1) e Megachilidae 0,1% (N=1).

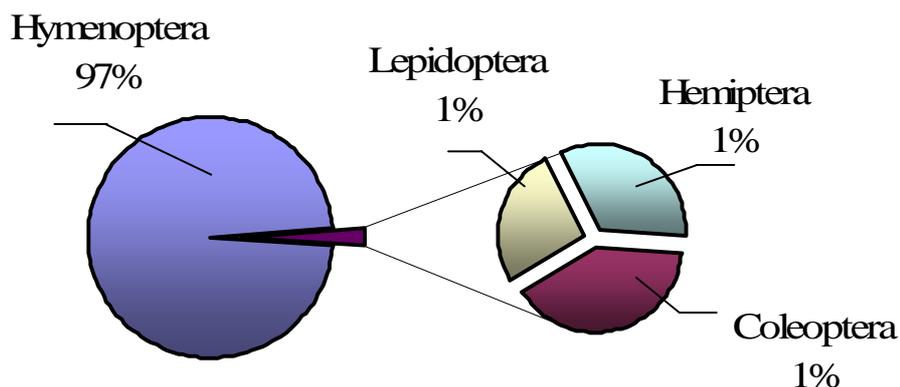


Figura 5 – Porcentagem de indivíduos incluídas nas diferentes ordens de insetos, coletados sobre as flores de *Rubus* sp., no município de Timbó-SC em dezembro/2005.

As espécies de abelhas encontradas visitando as flores de *Rubus* sp. na área amostrada estão relacionadas na Tabela 6. Os 1360 indivíduos relacionados pertencem a 13 espécies de abelhas distribuídas em quatro famílias. A espécie mais abundante foi *Apis mellifera* Linnaeus, com 91,6% (N=1246).

Tabela 6 – Número de abelhas por família e espécies de abelhas visitantes florais (N=1360) de *Rubus* sp. no Município de Timbó, SC, em Dezembro de 2005.

FAMÍLIA (Subfamília)	Espécie	N
APIDAE		1288
Apinae		
	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	1246
Meliponinae		
	<i>Melipona marginata</i> (Lepelletier, 1836)	21
	<i>Plebeia droryana</i> (Friese, 1900)	13
	<i>Plebeia remota</i> (Holmberg, 1903)	8
HALICTIDAE		70
	<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900)	15
	<i>Augochloropsis</i> sp1	2
	<i>Augochloropsis</i> sp2	31
	<i>Augochlora</i> sp1	1
	<i>Augochlora</i> sp2	10
	<i>Dialictus (Chloralictus)</i> sp.	10
	<i>Pseudoaugochloropsis graminea</i> (Fabricius, 1804)	1
ANTHOPHORIDAE		1
	<i>Exomalopsis</i> sp.	1
MEGACHILIDAE		1
	<i>Megachile</i> sp.	1
TOTAL		1360

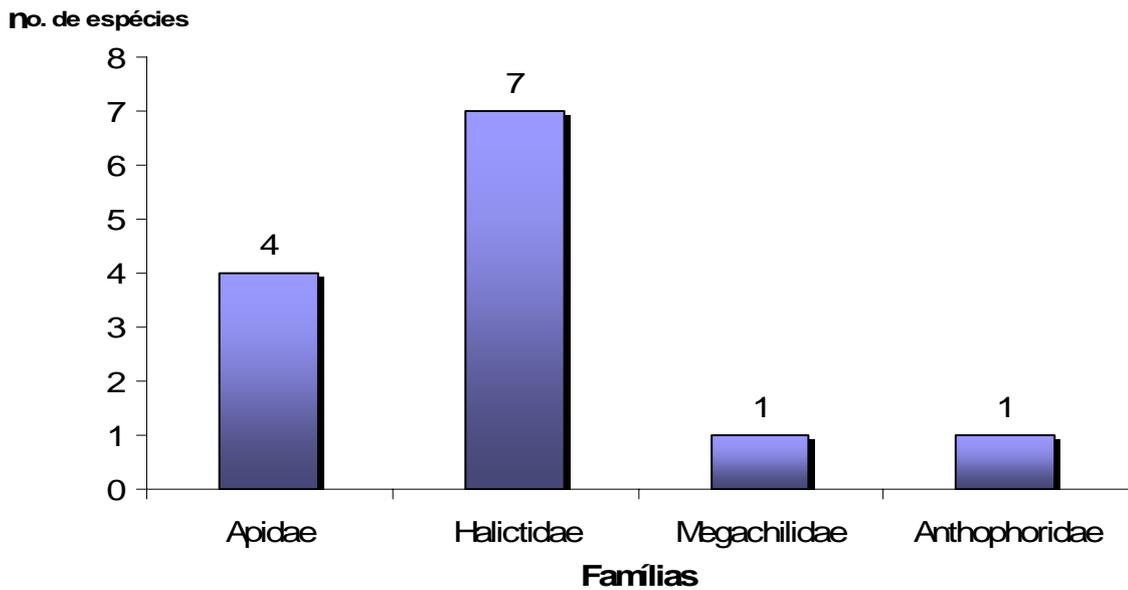


Figura 6 – Riqueza de espécies de quatro famílias de abelhas (Hymenoptera) visitantes florais de *Rubus* sp. em Timbó, SC, Dezembro de 2005.

Quando observados apenas os dados das abelhas nativas, verifica-se maior abundância das espécies: *Augochloropsis* sp2 (Halictidae) (N=31), *Melipona marginata* (Melipolinae) (N=21), *Augochloropsis cupreola* (Halictidae) (N=15) e *Plebeia droryana* (Melipolinae) (N=13).

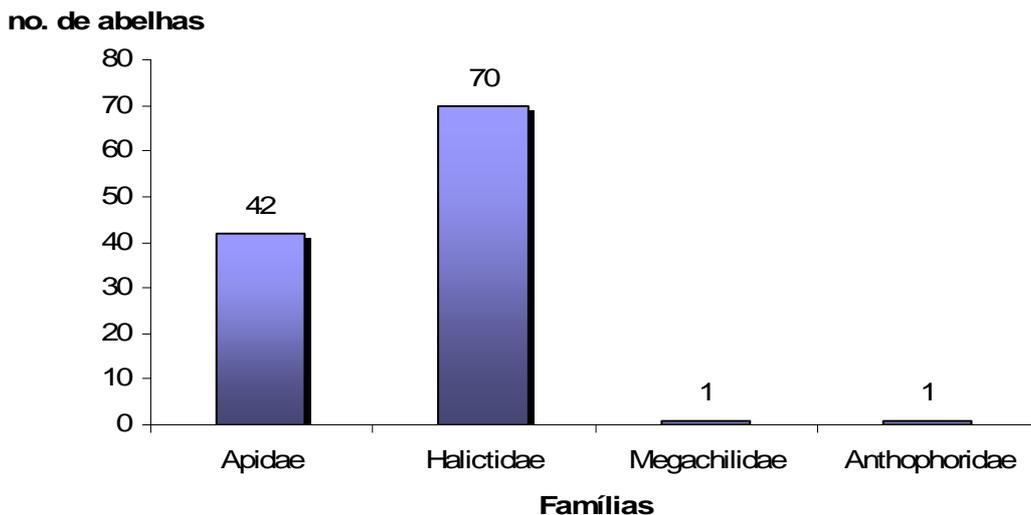


Figura 7– Abundância de indivíduos das Famílias de abelhas (Hymenoptera) visitantes florais de *Rubus* sp. (excluindo os indivíduos de *Apis mellifera*) em Timbó (SC), Dezembro de 2005.

As abelhas iniciam o forrageamento sobre as flores de *Rubus* sp. às 7h, visualmente coletando pólen e néctar e terminam esta atividade entre às 17 e 18h, com poucos indivíduos visitando as flores neste horário. A atividade forrageira mais intensa foi observada entre 9h e 15h, conforme é observado na Figura 8.

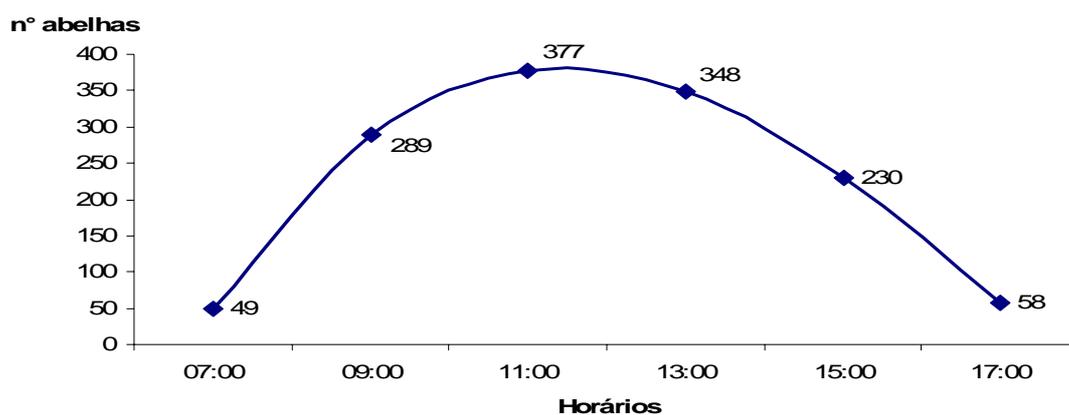


Figura 8 – Total de abelhas coletadas sobre flores *Rubus* sp. ao longo do dia em todos os dias de coleta. Timbó (SC), Dezembro de 2005.

Os picos de visitação das abelhas sobre as flores de *Rubus* sp. são coincidentes com o horário de maior secreção de néctar potencial (Figura 9). Foi detectado intensa visitação por abelhas e baixo volume de néctar instantaneamente disponível nas flores de *Rubus* sp neste horário. (Figura 10).

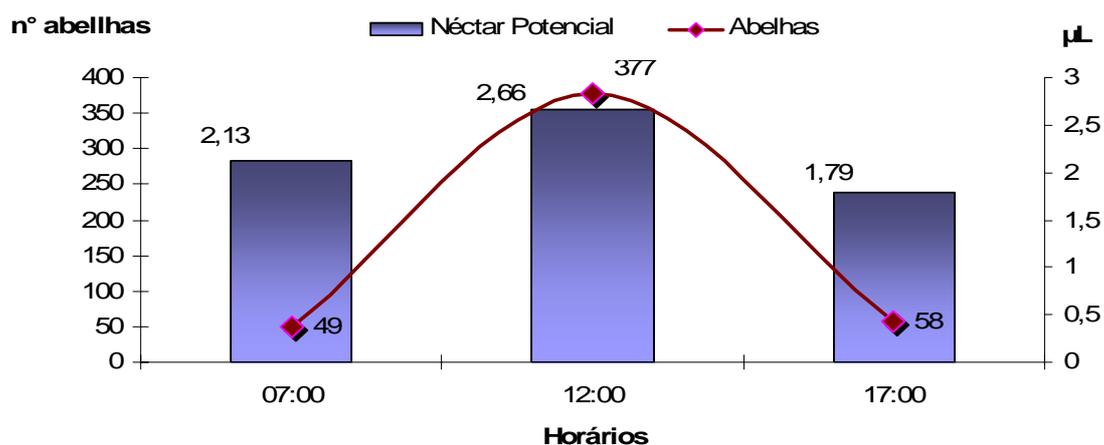


Figura 9– Comparação entre o volume de néctar potencial produzido por *Rubus* sp. e o número de visitantes florais da espécie nos diferentes horários em Timbó, (SC). Dezembro de 2005.

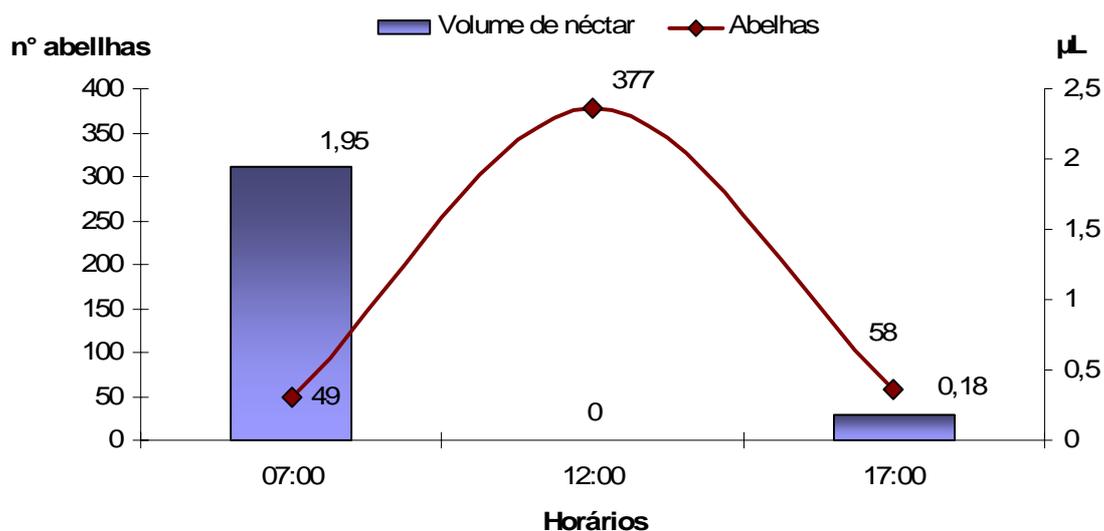


Figura 10 – Comparação entre o volume de néctar instantaneamente disponível e o número de visitantes florais de *Rubus* sp. nos diferentes horários. Timbó (SC), Dezembro de 2005.

As observações naturalísticas revelaram que todas as espécies de abelhas (Hymenoptera) relacionadas na Tabela 6 apresentam seqüência de visitas que permite a transferência de pólen entre as flores e entre plantas. Foi observado que mesmo ao coletar exclusivamente néctar, todas as espécies de

abelhas observadas tocam as anteras e os estigmas das flores visitadas, contribuindo para a transferência de pólen. O mesmo não foi verificado para as demais ordens, exceto Lepidoptera, que apresenta comportamento semelhante às abelhas ao abordar as flores de *Rubus* sp.

Entre as abelhas nativas, o número médio de flores visitadas por minuto foi de $2,8 \pm 0,1$ e não se mostrou diferente entre as espécies ($F=0,11$; $P>0,05$). Quando comparadas com as abelhas da espécie *A. mellifera*, que teve um número de flores visitadas por minuto de $5,4 \pm 0,8$ verificou-se que as abelhas nativas foram menos eficientes quanto ao número de flores visitadas em uma mesma seqüência de visitação ($F=8,29$; $P<0,05$). Durante a coleta de néctar, as abelhas pousaram geralmente sobre os estigmas das flores e deslocaram-se circularmente para atingir o disco nectarífero, localizado inferiormente. Enquanto acessaram o disco nectarífero e coletaram o néctar, as abelhas tocaram as anteras e, conseqüentemente ficaram com uma grande quantidade de pólen aderido ao seu corpo, atuando como um potencial vetor deste gameta.

DISCUSSÃO

A floração de *Rubus* sp., na área de estudo, ocorreu tardiamente em relação aos anos anteriores, conforme relatado pelo produtor. A floração iniciou na segunda quinzena de novembro de 2005, com plenitude de floração durante todo o mês de dezembro e declinou bruscamente na primeira semana de janeiro de 2006. Peruzzo *et al.* (1995) observaram, em Videira (SC), que a variedade Brazos iniciou a floração na segunda dezena de setembro e a variedade Caingangue na terceira dezena de dezembro. Nas condições do Rio Grande do Sul, a cultivar Ébano inicia a floração na segunda quinzena de outubro, estendendo-se até o início de novembro, sendo que o período de colheita vai de meados de dezembro a início de fevereiro (ANTUNES, 2002). A maioria das espécies de amora-preta não se desenvolve bem em regiões com inverno ameno, necessitando de inverno rigoroso para produzir bem (MOORE, 1984). Desta forma, os aspectos fenológicos da amoreira-preta podem variar de ano para ano, em função da exigência ao frio ter sido ou não satisfeita. Locais de inverno ameno requerem, portanto, cultivares com baixa necessidade de horas de frio (MARTINS & PEDRO JR., 1999; PELLETIER *et al.*, 2001) e a variedade Tupy apresenta esta característica (RASEIRA, 2004). Nesta variedade a floração ocorre em setembro e outubro, segundo Raseira (2004), corroborando para a informação de que a variedade Tupy, também cultivada em Timbó, SC, teve sua floração atrasada no ano de 2005.

As diferenças entre os testes de polinização demonstram a importância da polinização biótica para a reprodução de *Rubus* sp. e para a produção de frutos. A frutificação obtida a partir das flores testadas na polinização livre,

nesse trabalho, teve um significativo aumento de 36% em relação aos frutos produzidos pelas flores submetidas ao tratamento da autopolinização. Os resultados da taxa de frutificação da variedade Tupy encontrados neste trabalho são superiores aos resultados obtidos por Nybom (1988) e Kollmann *et al.* (2000), que obtiveram médias de 41 e 43%, respectivamente. Entretanto, os mesmos autores verificaram 26 e 33% de frutificação em flores ensacadas em pré-antese, contra 12,2% deste trabalho. Os resultados de frutificação também corroboraram os resultados dos experimentos de Pías & Guitián (2006), os quais trabalhando com *Sorbus aucuparia* L. (Rosaceae), encontraram baixa produção de frutos em plantas autopolinizadas e sugerem um forte mecanismo de autoincompatibilidade. Trabalhando em cultivo protegido, Cruz *et al.* (2005), verificaram em *Capsicum annum* L. (Solanaceae), que, apesar da autocompatibilidade, há um incremento de produção de frutos quando colônias de abelhas nativas (*Mellipona subnitida* Ducke - Apidae, Meliponini) são introduzidas na casa de vegetação.

A não frutificação no tratamento da anemofilia confirma os experimentos realizados em outras rosáceas, nos quais não verificou-se polinização pelo vento (PÍAS & GUITIÁN, 2006). As observações do pólen de *Rubus* sp. ao microscópio mostraram que este apresenta aspecto pegajoso, somando à rejeição da hipótese de polinização por anemofilia. Segundo Kearns *et al.* (1998) este tipo de pólen apresenta vantagem no processo de polinização biótica, uma vez que adere mais facilmente ao corpo dos vetores em detrimento de ser transportado pelo vento, mostrando a adaptação do pólen de *Rubus* sp. para a síndrome de polinização entomófila.

Convém destacar que a inferioridade na taxa de frutificação nas flores ensacadas pode estar relacionada não somente com mecanismos de autoincompatibilidade, mas também com o fato de que estas condições não permitem que insetos se movimentem sobre a flor, para liberar o pólen das anteras, e assim realizar uma autopolinização mais eficiente. De qualquer forma, ambas as hipóteses convergem para um quadro de síndrome de polinização entomófila.

A menor taxa de frutificação ($12,2\% \pm 4,9$) no tratamento da autopolinização, que impediu a presença de polinizadores bióticos, simula o impacto da ausência destes na produção de frutos da amoreira-preta. Segundo Pías & Guitián (2006) a escassez de insetos é um fator limitante para o sucesso reprodutivo de muitas plantas da família Rosaceae, que dependem do serviço de polinização, especialmente as abelhas, conforme observou Kaufman & Rumpunen (2002).

Os valores de produção diária de néctar ($6,41 \pm 0,15 \mu\text{L}$ para o volume e $17,4 \pm 5,9$ °Brix para a concentração de sacarose) confirmam os dados obtidos em outros trabalhos com Rosáceas, apesar da variação ser muito grande dentro do grupo (WERYSZKO-CHMIELEWSKA *et al.*, 2003). Este padrão de produção de néctar sugere seguramente um padrão de polinização entomófila (KEARNS & INOUE, 1993; CHALCOFF *et al.*, 2006). Wolff (2006) afirma que flores polinizadas especificamente por abelhas têm produção diária de néctar variável de $0,2 - 5,8 \mu\text{L}$. A concentração de sacarose observada neste mesmo estudo também sugere este tipo de polinização, conforme classificou Perret *et al.* (2001) e Chalcoff *et al.* (2006). Valores médios de 25,9

± 12,8 °Brix em um estudo com 47 espécies polinizadas por abelhas foram observados por Wolff (2006).

Para muitas plantas, a produção de néctar apresenta uma estreita relação com o tipo específico de polinizador e esta convergência visa adaptar-se às exigências (palatabilidade, digestibilidade, acesso ao recurso) do polinizador (WOLFF, 2006). As diferenças na composição e ou concentração de glicídios do néctar nas diferentes plantas são também adaptações ao comportamento, morfologia e nutrição de um polinizador específico (GALLETO & BERNARDELLO, 2003; CHALCOFF *et al.*, 2006; WOLFF, 2006).

Há uma associação entre as diferenças encontradas no volume e concentração de néctar com o tamanho do corpo dos visitantes, segundo Rust *et al.* (2003), os de grande porte preferem néctar mais concentrado enquanto os pequenos não demonstram tal preferência. Essa informação confere com o pico de visitação por *Apis mellifera*, os maiores visitantes florais de *Rubus* sp. observados neste estudo. Já a distribuição de abelhas de pequeno porte ocorreu mais homogeneamente ao longo do dia. Lenzi *et al.* (2005) observaram o mesmo padrão sobre as flores de *Momordica charantia* (Cucurbitaceae) e atribuem isto a uma relação complexa entre o ritmo da planta e seus visitantes florais.

Os valores obtidos para o néctar instantaneamente disponível são equivalentes aos dados obtidos por Wolff (2006) para o néctar de flores não protegidas de polinizadores: 0,1 – 1,2 µL em plantas melitófilas, com concentrações de sacarose também equivalentes.

Há significantes variações na produção do néctar, quanto ao volume e concentração e estas são distinguidas facilmente pelos polinizadores (HIGGINSON *et al.*, 2006). A necessidade de ser eficiente energeticamente, ou seja, obter um saldo positivo entre ganho e custo determina preferências quanto às plantas a serem visitadas e estreita as relações co-evolutivas, uma vez que a alocação de recursos também pode ser onerosa para a planta (CORBET, 2003; HIGGINSON *et al.*, 2006). Esta premissa é corroborada por muitos estudos que mostraram preferências por plantas em função dos recursos por ela alocados, especialmente no aspecto volume e concentração do néctar (HIGGINSON *et al.*, 2006). Chalcoff *et al.* (2006) citam duas tendências quanto às características do néctar (concentração e composição) e o tipo de polinizador: (1) a concentração de glicídios alta ocorre geralmente em plantas polinizadas por insetos em detrimento aos vertebrados polinizadores e (2) a composição do néctar de plantas polinizadas por beija-flores, mariposas e abelhas com glossa alongada é mais rica em sacarose, enquanto o néctar de plantas polinizadas por outros pássaros, abelhas de glossa curta e morcegos é mais rica em hexose, como a glicose e a frutose.

O padrão melitófilo de secreção de néctar e a sua concentração de açúcares enquadraram *Rubus* sp. como uma planta de alto potencial para a apicultura e meliponicultura, por permitir o incremento da produção de mel.

Avaliando a dinâmica de secreção de néctar ao longo do dia, verifica-se uma diferença nos volumes entre os tratamentos de néctar potencial e néctar instantaneamente disponível, principalmente nos horários das 12h e 16h. Diminuição de até 50% do volume de néctar instantaneamente disponível em

relação às flores protegidas, são comuns em síndromes de polinização entomófila, e alta frequência de visitação por insetos coletando néctar é o motivo desta discrepância (MENDONÇA & ANJOS, 2006).

O número reduzido de insetos não himenópteros observados sobre *Rubus* sp. na área de estudo demonstra sua pouca importância como polinizadores desta espécie. O comportamento dos indivíduos pertencentes às ordens hemíptera e coleóptera foi visivelmente inadequado ao processo de polinização: são comumente encontrados sobre a base das pétalas, onde acessam o néctar sem tocar os estigmas. Mesmo um possível processo de autopolinização por vibração das anteras não foi verificado, devido ao seu tamanho reduzido. Já a ordem Lepidoptera contribui para a polinização de *Rubus* sp., pois ao acessar o néctar, os insetos coletados encontraram-se pousados diretamente sobre os estigmas e tocavam nitidamente as anteras das flores visitadas. No entanto, para a área estudada, estes insetos não contribuem para a polinização em escala produtiva por estarem mal representados em riqueza e abundância.

Considerando as quatro famílias de Hymenoptera encontradas na área de estudo, a superioridade em abundância da família Apidae sobre as outras famílias ocorreu devido ao grande número de abelhas exóticas *Apis mellifera* em atividade de forrageamento. No entanto, a família Halictidae mostrou-se mais rica em número de espécies e também mais abundante quando os dados são analisados suprimindo *A. mellifera* L.

A opção de contar as abelhas *A. mellifera* sobre as flores e não coletá-las ocorreu devido a sua facilidade de identificação no campo e também para

umentar a eficiência de coleta de espécies nativas, que ocorreram em número significativamente menor. Este tipo de método foi sugerido por Barbola & Laroca (1993). A maior quantidade de *A. mellifera* na área pode ser interpretada como um indicador de declínio de entomofauna neste local ou a presença de atividade apícola na região, conforme verificaram Lenzi *et al.* (2003) comparando área degradada com área de restinga. Este declínio torna-se mais evidente se considerarmos o fato de que três espécies nativas da família Apidae coletadas foram introduzidas artificialmente na área de cultivo. Analisando os valores de abundância sem a abelha *A. mellifera* verifica-se uma redução de 1360 para 114 indivíduos, que, se ocorresse, certamente teria impacto na produção de frutos.

Diante desta abundância e em face ao comportamento de *A. mellifera* ao visitar as flores de *Rubus* sp., esta abelha mostrou ser o mais importante polinizador na área amostrada. Seu tamanho tem papel efetivo na polinização de *Rubus* sp., seja pela amplitude de contato com as estruturas florais envolvidas na reprodução, seja pela seu potencial de consumo de néctar. Essa informação é corroborada por Pelletier *et al.* (2001), que comprovou o mesmo para a polinização de *Rubus chamaemorus* (Rosaceae).

A coleta de pólen sobre *Rubus* sp. por *A. mellifera* geralmente não é simultânea à de néctar, e ocorre em uma seqüência de movimentos bastante complexos, que visa a compactação destes em sua corbícula. Esta seqüência de movimentos foi descrita por Proctor *et al.* (1996). Durante estes movimentos, invariavelmente muitos grãos de pólen foram vistos aderidos em outras partes do corpo da abelha e estão provavelmente disponíveis para a

polinização das próximas flores visitadas. A análise de grãos de pólen retirado do corpo de alguns exemplares de *A. mellifera* coletadas durante o forrageamento de *Rubus* sp. confirmou que esta espécie de abelha utiliza efetivamente este recurso floral, retirando-o das anteras. A eficiência de *A. mellifera* na polinização de *Rubus idaeus* foi confirmada por Neira *et al.* (2000), que verificou que esta abelha é superior às espécies nativas do Chile quanto ao serviço de polinização prestado.

No presente estudo não foi verificada nenhuma agressividade entre as espécies de abelhas envolvidas e uma possível competição somente ocorreu no âmbito da eficiência de forrageamento, ou seja, na coleta maximizada de recursos florais. A ocorrência simultânea da abelha *A. mellifera* e abelhas nativas são comuns e descritas para muitas culturas (MARCO JR. & COELHO, 2004).

A família Halictidae representa, para a área estudada, o grupo de abelhas nativas, oriundas de populações naturais, mais importante para a polinização de *Rubus* sp., face ao número de indivíduos e ao número de espécies representadas neste estudo. A família Halictidae ocorre no mundo todo, reunindo abelhas pequenas e médias (MICHENER, 2000). As espécies de Halictidae mais abundantes, na área de estudo, foram *Augochloropsis* sp2 e *Augochloropsis cupreola*, porém todos os representantes da família Halictidae apresentam comportamento adequado à polinização de *Rubus* sp. O número de visitas por minuto foi menor quando comparado com *A. mellifera*. No entanto, estas abelhas, mesmo as menores, como *Dialictus (Chloralictus)* sp., tocam os estigmas das flores visitadas. A observação das abelhas coletadas ao

microscópio estereoscópico (40x), mostraram que estas apresentavam grãos de pólen aderidos ao corpo, o que as torna potenciais polinizadoras da amoreira-preta. As abelhas da família Halictidae são classificadas como poliléticas ou generalistas, que visitam muitas espécies de plantas melitófilas (EICKWORT, 1969). Recentes levantamentos biocenóticos e de interações de plantas e abelhas visitantes evidenciam a importância desta família de abelhas, devido à sua abundância e riqueza de espécies, bem como seu papel na polinização de diversas plantas (PIECADE-KILL & RANGA, 2000; BARBOLA *et al.* 2000; LAROCCA & ORTH, 2006). Lenzi *et al.* (2003) encontrou abundância de 259 indivíduos desta família forrageando *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae) em Florianópolis, SC. Esta família foi também bastante representativa em estudo de polinização de macieira (*Pyrus malus* L, Rosaceae), em Caçador, SC (ORTH, 1983).

As espécies da subfamília Meliponinae que visitaram *Rubus* sp. foram introduzidas artificialmente. Das quatro espécies introduzidas na área de estudo, três forragearam as flores de amoreira: *Plebeia remota* Holmberg, *Plebeia droryanna* Friese, e *Melipona marginata* Lepeletier. As operárias da espécie *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, apesar de estarem em plena atividade, verificada na entrada do ninho, não forragearam as flores de *Rubus* sp. Outros trabalhos com introdução de ninhos de meliponíneos em áreas de cultivo demonstraram incremento na produção de frutos, conforme Cruz *et al.* (2005), que introduziu ninhos de *Melipona subnitida* Duke em cultivo protegido de pimentão (*Capsicum annum*, Solanaceae). Dentre as espécies de meliponíneos observadas, *M. marginata* destacaram-se como polinizadores

potenciais, por seu tamanho médio, que amplia o contato com estigmas e anteras, pela sua abundância e pela observação de transporte de pólen de *Rubus* sp. em seu corpo e em sua corbícula. No entanto, as espécies do gênero *Plebeia* observadas neste estudo, também foram vistas tocando o estigma e as anteras, mas permaneceram menos tempo sobre as flores. Esta observação pode estar relacionada ao seu tamanho reduzido, que dispensa grandes volumes de néctar, satisfazendo-se mais rapidamente a cada visita. Slaa *et al.* (2006) destaca a importância deste grupo de abelhas para a polinização nas mais diversas culturas, inclusive algumas rosáceas e sustenta a necessidade de sua conservação.

As abelhas são os insetos polinizadores mais importantes para angiospermas (ZANETTE *et al.*, 2005) e formam o grupo mais numeroso e diverso envolvido na polinização de várias espécies vegetais (HEARD, 2001; POTTS *et al.*, 2006). As abelhas nativas são parte integrante do sistema de reprodução vegetal, aumentando a produtividade em plantas cultivadas e a fertilidade dos vegetais que dependem de fecundação cruzada (NOGUEIRA-NETO, 1997). Especificamente em algumas áreas da Amazônia e em algumas manchas da Mata Atlântica 80-90% das espécies vegetais necessitam de abelhas para sua polinização (KERR *et al.*, 2001; TOLEDO *et al.*, 2003).

A representatividade da família Halictidae reforça a importância de medidas para a sua conservação, seja pelo serviço de polinização prestado à produtividade ou pela sua importância biocenótica. As discussões na literatura a respeito da importância dos insetos no sistema reprodutivo das rosáceas indicam, fortemente, a necessidade da conservação de remanescentes

próximas às áreas de cultivo, já que se observa uma redução significativa de grupos de insetos polinizadores nestes locais (LAROCA & ORTH, 2006, POTTS *et al.*, 2006). Liow *et al.* (2001) classifica esta redução como perigosa para os ecossistemas sul-americanos. A manutenção de áreas preservadas no entorno de certas culturas contribuem efetivamente para a produção, pois a melhor eficiência de forrageamento para as abelhas nativas ocorrem entre 100 e 400 metros do ninho (HEARD, 1999). Assim, medidas conservacionistas podem tornar-se um diferencial para a sobrevivência de um grande número de espécies de polinizadores. A redução da vegetação nativa e seus impactos negativos para o sucesso reprodutivo de plantas foi também elucidada por Lenzi *et al.* (2003), em estudos na ilha de Santa Catarina. Laroca & Orth (2002) revisando estudos realizados no Estado do Paraná, concluíram que a ação antrópica sobre os ecossistemas pode vir a causar a extinção de algumas espécies de abelhas silvestres ou o favorecimento de outras, tendo como consequência a redução ou o aumento de algumas populações de espécies vegetais. Reduções nas populações naturais de polinizadores podem impedir inclusive a regeneração de áreas degradadas (SAMEJIMA *et al.*, 2004). O manejo de ecossistemas florestais depende diretamente da manutenção da integridade desta estreita relação planta-polinizador e da produtividade garantida pelas espécies de abelhas nativas (ELTZ *et al.*, 2003).

Em um estudo sobre flores de rosáceas, Taura & Laroca (2001) coletaram 2 espécies da família Anthophoridae, 3 espécies da família Halictidae, 1 espécie de Xylocoponinae e duas espécies da família Apidae. Visitantes florais pertencentes a entomofauna Hymenoptera, Apoidea também

foram observadas em *Pyrus malus* (Rosaceae) na cidade de Caçador, SC com sua biocenose elucidada (ORTH, 1983). Experimentos de polinização realizados em *Rubus chamaemorus* detectaram abundante entomofauna na espécie e determinaram a importância destes visitantes como agentes polinizadores, principalmente insetos himenópteros (PELLETIER *et al.* 2001). As flores *Rubus* sp. são comumente visitadas por abelhas nativas (TAURA & LAROCCA, 2001; SIQUEIRA DE CASTRO, 2002). Trabalhando com espécies nativas de frutas tropicais Siqueira de Castro (2002) obteve dados importantes quanto à visitação destas plantas por abelhas "sem-ferrão" (Apidae, Meliponinae), indicando-as como potenciais polinizadores, verificando também maior abundância da família Apidae e maior diversidade da família Anthophoridae, num total de 95 espécies.

Os horários de visitação às flores de *Rubus* sp. mantiveram-se constantes nos diferentes dias de coleta e não mostraram-se significativamente diferentes entre as famílias, visto que todas tiveram o pico de atividade próximo às 12h, corroborando outros estudos semelhantes (LENZI *et al.*, 2003; CORREIA *et al.*, 2005).

O baixo número de visitantes florais no horário matutino manteve os níveis de néctares equivalentes entre os tratamentos de néctar potencial e néctar instantaneamente disponível. O horário de pico de visitação às flores de *Rubus* sp. pelas abelhas coincidem com o pico de produção de néctar potencial, sugerindo uma estreita relação entre os padrões de secreção deste recurso e as atividades de forrageamento dos insetos, conforme pode ser observado na Figura 15, onde os valores de néctar observados referem-se às

flores ensacadas, ou seja, protegidas dos visitantes florais. A ausência de néctar às 12h nas flores não ensacadas (instantaneamente disponível) confirma que este recurso é alocado para atrair os polinizadores e está sendo ostensivamente coletado pelas abelhas. Já o volume de néctar potencial mantém-se alto neste horário, uma vez que este néctar não pôde ser coletado pelos insetos devido ao ensacamento das flores. O horário das 16h, o pequeno aumento de néctar instantaneamente disponível foi atribuído ao declínio de visitação das flores pelos polinizadores neste horário. A diferença de volume de néctar entre os tratamentos, neste horário, refere-se também a atividade de coleta realizada pelos insetos, que mesmo em declínio, ocorreu intensamente durante a tarde, impedindo seu acúmulo até a última coleta.

As discrepâncias de volumes entre néctar instantaneamente disponível e néctar potencial expressam-se de maneira diferente ao longo das diferentes síndromes de polinização. Volumes maiores de néctar potencial são comuns em síndrome de polinização entomófila, devido à atividade forrageira dos insetos (McDADE & WEEKS, 2004; WOLFF, 2006).

A capacidade de aprendizado das abelhas para otimizar a obtenção de recursos, requer das plantas uma complexa estratégia para a atração e alocação de recursos florais aos polinizadores, também com eficiência, quanto ao gasto destes recursos e desenvolvimento de características morfológicas e fenológicas específicas (LUNAU, 2004).

As flores de *Rubus* sp. são diurnas e percebe-se discreto odor adocicado durante todo o período de antese. A presença deste odor, ainda que discreto, é um importante mecanismo utilizado para a atração de

polinizadores, já que, conforme Proctor *et al.*, (1996), mesmo odores suaves para o ser humano são facilmente percebidos pelas abelhas. Além do odor, a coloração das flores de *Rubus* sp., com pétalas vistosas e levemente salpicadas de rosa também funciona como atrativo floral, associado pelos visitantes florais à presença de alimento na forma de néctar e pólen, conforme classificou Faegri & Van Der Pijl (1979). Estes autores classificaram as plantas com estas características como possuidoras de síndrome de polinização entomófila. A polinização entomófila tem sido descrita como única ou a mais eficiente, em diversos experimentos com a família Rosaceae, conforme os resultados de Kaufman & Rumpunen (2002); Werlemark & Nybom, (2003); Taylor (2005) e Pías & Guitián (2006). Apesar de as flores de *Rubus* sp. apresentarem volumes e concentrações de sacarose no néctar compatíveis com a melitofilia, sua morfologia radial e plana não oferece barreiras físicas à visita por outros insetos, enquadrando-se, neste caso, na categoria de flores generalistas, conforme a classificação de Faegri & Van Der Pijl (1979) e utilizada por Lenzi *et al.* (2003).

CONCLUSÕES

Os resultados dos testes de polinização deste estudo comprovam que as plantas amostradas de *Rubus* sp. frutificam preferencialmente na presença de um polinizador biótico. A boa produção de frutículos por infrutescência somente ocorreu naqueles tratamentos que permitiram a transferência de pólen entre as flores.

Nos estudos conduzidos em Timbó, SC, as plantas não apresentaram agamospermia, partenocarpia ou polinização anemófila. Verificou-se que há ocorrência de autopolinização em *Rubus* sp., porém inadequada para cultivo e produção comercial, devido ao número reduzido de frutículos formados.

Os resultados da produção de néctar apresentados revelam um complexo cenário de interação entre esta produção em *Rubus* sp. e seus visitantes florais e sugerem uma especialização em melitofilia.

Foi verificado uma baixa representatividade de visitantes florais não himenópteros na área amostrada, contra 1360 indivíduos divididos em 13 espécies de abelhas coletadas sobre as flores. Todas as espécies de abelhas observadas são polinizadores potenciais de *Rubus* sp., pois muitas características do forrageio destes visitantes coincidem com algumas estratégias fenológicas destas flores, como a antese diurna seguida da disponibilização de recursos tróficos como pólen e néctar, este em volumes e concentrações específicas e coincidentes com os horários de visitação das abelhas.

Comprovou-se, por dados de abundância e comportamento forrageiro que a abelha *Apis mellifera* foi a principal polinizadora de *Rubus* sp. e desempenha, na área estudada, um papel importante na frutificação da amoreira. A interação planta-polinizador envolvendo *Rubus* sp. e *A. mellifera* descrita neste trabalho corrobora para a recomendação do uso integrado destas espécies, não somente para incrementar a produção de frutos. A apicultura, principalmente quanto voltada para a produção de mel, poderá ser beneficiada pela alocação de recursos florais por *Rubus* sp., que revelou-se uma planta com forte potencial apícola. Tanto os volumes de néctar secretado quanto a sua concentração de açúcares indicam ser esta planta de grande valor para a apicultura.

A família Halictidae (Hymenoptera) apresentou maior riqueza de espécies e abundância entre as abelhas nativas coletadas sobre as flores de *Rubus* sp. e contribuem efetivamente para a sua polinização. Como são oriundas de populações naturais, a conservação e a manutenção de seu ecossistema podem contribuir para o incremento da produtividade na fruticultura e reduzir o impacto causado à fertilidade de espécies vegetais nativas pelo declínio de seus polinizadores.

Entre as espécies de abelhas Apidae (meliponineae) introduzidas na área de cultivo, destaca-se a abelha *Melipona marginata*, que é o melhor polinizador de *Rubus* sp. deste grupo. Conforme os resultados obtidos, a atividade de meliponicultura em cultivo de amora, com o uso da espécie *Melipona marginata*, pode ser uma alternativa à introdução de *Apis mellifera*.

BIBLIOGRAFIA

ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa. Amora-preta: Nova opção de cultivo no Brasil. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.151-158, 2002.

BARBOLA, I.F.; LAROCCA, S. A comunidade de Apoidea (Hymenoptera) da Reserva Passa Dois (Lapa, Paraná, Brasil): Diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. **Acta Biológica Paranaense** v.22, n.1, 2, 3 e 4, p. 91-113, 1993.

BARBOLA, I.F. **Biocenótica de Apoidea (Hymenoptera) de uma área restrita de Floresta Atlântica, Paraná, Brasil, e aspectos de ecologia da polinização de *Stachytarpheta maximilianai* Scham. (Verbanaceae)**, 2000, 137 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BARBOLA, I.F.; LAROCCA, S.; ALMEIDA, M.C. Utilização de recursos florais por abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Floresta Estadual Passa Dois (Lapa, Paraná, Brasil). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.44, n.1 e 2, p. 9-19, 2000.

BIESMEIJER, J.C.; SLAA, E.J.; CASTRO, M.S.; VIANA, B.F.; KLEINERT, A.M.P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Connectance of Brazilian social bee – food plant network is influenced by habitat, but not by latitude, altitude or network size. **Biota Neotropica**, v.5, n.1, p. 85-93, 2005.

CHALCOFF, V.R.; AIZEN, M.A.; GALETTO, L. Nectar concentration and composition of 26 species from the Temperate Forest of South America. **Annals of Botany**, v. 97, p.413-421, 2006.

CONSTANZA, R. D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M. The Value of the world's service and natural capital. **Nature**, v.387, p. 253-260, 1997.

CORBET, S. A. Nectar sugar content: estimating standing crop and secretion rate in the field. **Apidologie**, v.34, p.1-10, 2003.

CORREIA, M.C.R.; PINHEIRO, M.C.B.; LIMA, H.A. Biologia floral e polinização de Arrabidaeae conjugata (Vell.) Mart. (Bignoniaceae). **Acta Botânica Brasileira**, v.3, p. 501-510, 2005.

CRUZ, D.A.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A.; SILVA, E.M.S.; BOMFIM, I.G.A. Pollination efficiency of stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.12, p.1197-1201, 2005.

DAFNI, A. **Pollination Ecology – a practical approach**. Oxford University Press, 1992, 50 p.

EICKWORT, G. C. A comparative morphological study and generic revision of the Augochlorine bees (Hymenoptera: Halictidae). **Kansas Science Bulletin**, v. 48, n. 13 p. 325-524. 1969.

ELTZ, T., BRÜHL, C.A.; IMIYABIR, Z.; LINSENMAIR, K.E. Nesting and nest trees of stingless bees (Apidae:Meliponini) in lowland dipterocarp forest in Sabah, Malaysia, with implication for forest management. **Forest Ecology and Management**, v.172, p. 301-313, 2003.

EPAGRI. **Relatório do seminário regional interno sobre a situação da agricultura no Alto Vale do Itajaí**. Rio do Sul, não paginado, 1997.

FACCHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; SANTOS, A.M. Amoreira-preta, framboesa e mirtilo: pequenos frutos para o sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Resumos**. Sociedade Brasileira de Fruticultura. , v.13, n.3, p. 989-990, 1994.

FAEGRI , K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollinating ecology**. 3ed. New York: Pergamon Press, 1979, 291p.

GALLETO, L.; BERNARDELLO, G. Nectar sugar composition in angiosperms from Chaco and Patagonia (Argentina): do animal visitors matter? **Plant Systematics and Evolution**, v.238, p.69-86, 2003.

HEARD, T.A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual Review of Entomology**, v.44, p.183–206, 1999.

HEARD, T.A. Stingless bee and crop pollination. **Bee World**, v.85, N.2, p. 110-112, 2001.

HIGGINSON, A.D.; GILBERT, F.S.; BARNARD, C.J. Morphological correlates of nectar production used by honeybees. **Ecological Entomology**, v.31, p. 269-276, 2006.

JAMHOUR , J ; LAROCCA, S., Uma comunidade de abelhas silvestres (Hym., Apoidea) de Pato Branco (PR-Brasil): diversidade, fenologia, recursos florais e aspectos biogeográficos. **Acta Biologica Paranaense**, v.33, n.1, 2, 3, 4, p. 27-119, 2004.

KAUFMANE, E.; RUMPUNEN, K. Pollination, Pollen Tube Growth and Fertilization in *Chaenomeles japonica* (Japanese quince). **Scientia Horticulturae** v.94. p. 257-271, 2002.

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. **Techniques for pollination biologists.** Niwot (CO): University Press, 1993, 913 p.

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W.; WASER, N.M. Endangered mutualism: The conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 29, 83-112, 1998.

KERR, W.E; CARVALHO, G.A.; SILVA, A.C.; ASSIS, M.G.P. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Biodiversidade, pesquisa e desenvolvimento na Amazônia- Parcerias e Estratégias**, v.12, 2001.

KOLLMANN, J.; STEINGER; T. R. B. Evidence of Sexuality in European *Rubus* (Rosaceae) Species Based on AFLP and Alloenzyme Analysis. **American Journal of Botany**, v.87, n.11, p.1592–1598, 2000.

KRAEMER, M.E.; FAVI, F.D. Flower phenology and pollen choice of *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in Central Virginia. *Environment Entomology*, v.34, n.6, p. 1593-1605, 2005.

LAROCA, S.; ORTH, A.I. Melissoecology: historical, perspective, method of sampling and recommendations to the “Program of Conservation and Sustainable Use of Pollinator with Emphasis on Bees (ONU). **Pollinating Bees. The Conservation Link Between Agriculture and Nature.** Ed. by KEVAN, P.G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.Ministry of Environment., p.217-225, 2002.

LAROCA, S. ORTH, A.I. Melissoecology: historical, perspective, method of sampling and recommendations to the “Program of Conservation and Sustainable Use of Pollinator with Emphasis on Bees. **Pollinating Bees. The Conservation Link Between Agriculture and Nature.** Ed. by KEVAN,

P.G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.. Ministry of Environment., p. 239-246, 2006.

LAWRENCE, A.A. Evolutionary Relationships in *Rubus* (Rosaceae) Based on Molecular Data. In: 8TH INTERNATIONAL RUBUS AND RIDES SYMPOSIUM, Dundee, Scotland, **Annual Report**, p. 226-233, 2001.

LENZI, M.; ORTH, A. I. e LAROCCA, S. A Associação das abelhas silvestres (Hym., Apoidea) visitantes das flores de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae), na Ilha de Santa Catarina (sul do Brasil). **Acta Biológica Paranaense**, v.32, n. 1, 2, 3, 4, p. 107-127. 2003.

LENZI, M.; ORTH, A.I.; GUERRA, T.M. Ecologia da Polinização de *Momordica charantia* L. (Cucurbitaceae) em Florianópolis, SC, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, n.3, p.305-313, 2005.

LIOW, L.H.; SODHIU, N.S.; ELMQVIST, T. Bee diversity along a disturbance gradient in tropical lowland forests of south-east Asia. **Journal of Applied Ecology** v. 38, p.180-192, 2001.

LUNAU, K. Adaptative radiation and coevolution – pollination biology case studies. **Organisms, Diversity & Evolution**, v. 4, p.207-224, 2004.

MARCO JR., P.; COELHO, F.M. Services performed by the ecosystem: forest remmants influence agricultural cultures pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, v.13, p.1245-1255, 2004.

MARTINS, F. P.; PEDRO JR, M.J. Influência do espaçamento na produtividade da amora-preta, cv. Ébano, em Jundiaí. **Bragantia**, v.58, n.2, p.317-321, 1999.

McDADE L.A.; WEEKS, J. Nectar in hummingbird-pollinated Neotropical plants. II. Interactions with flower visitors. **Biotropica**, v.36, p. 216-230, 2004.

MENDONÇA, L.B. ANJOS, L. Flower morphology, nectar features, and hummingbird visitation to *Palicourea crocea* (Rubiaceae) in the upper Paraná River floodplain, Brazil. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v.78, n.1, p. 45-57, 2006.

MICHENER, C. D. Classification of Apidae (Hymenoptera). **The University of Kansas Science Bulletin**, v. 54, n. 4, p. 75-164, 1990.

MICHENER, C. D. **Bees of the World**. 1 ed. Johns Hopkins University, 2000, 584 p.

MOORE, J.N. Blackberry breeding. **HortScience**, v.19, n.2, p.183-185. 1984.

NEIRA, N.A.; VISCARRA, R.C.; RIVEROS, M. Polinizadores de *Rubus idaeus* L., in la "X" región, Chile. **Phyton**, v.67, p.43-551, 2000.

NOGUEIRA-NETO, P. **A criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997, 445 p.

NYBOM, H. Apomixis versus sexuality in blackberries (*Rubus* subgen. *Rubus*, Rosaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v.160, n. 3 e 4, p. 207-218, 1988.

ORTH, A.I. **Estudo ecológico de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) em Caçador, SC, com ênfase em polinizadores potencial de macieira (*Pyrus malus* L.) (Rosaceae)**. 1983, 135f. Dissertação (Mestrado

em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia),
Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PACCINI, E.; NEPI, M.; VESPRINI, J.L.. Nectary biodiversity: a short review.
Plant Systematics and Evolution, v.238, p. 7-21, 2003.

PELLETIER, L.; BROWN, A.; OTRYSKO, B. McNEIL, J.N. Entomophily of
the Cloudberry (*Rubus chamaemorus*) **Entomologia Experimentalis et
Applicata**, v.101, p.219-224, 2001.

PERRET, M.C.A.; SPICHIGER, R.; PEIXOTO, M.; SAVOLAINEM, V. Nectar
sugar composition in relation to pollinator syndromes in Sinningieae
(Gesneriaceae). **Annals of Botany**, v.87, p. 267-273, 2001.

PERUZZO, E.L.; DAL BÓ, M.A.; PICCOLI, P.S. Amoreira-preta: variedades
e propagação. **Agropecuária Catarinense**, v.8, n.3, p.53-55, 1995.

PÍAS, B.; GUITIÁN, P. Breeding System and Pollen limitation in the masting
tree *Sorbus aucuparia* L. (Rosaceae) in the NW Iberian Peninsula. **Acta
Oecologica**, v. 29, p. 97-103, 2006.

PIEDEDE-KILL, L.H.; RANGA, N.T. Biologia floral e sistema de reprodução
de Jacquemontia multiflora (Choisy) Hallier f. (Convolvulaceae). **Revista
Brasileira de Botânica**, v.23, n. 1, p. 37-43, 2000.

POLING, E.B. Blackberries. **Journal of Small Fruit and Viticulture**, v.14,
n.1-2, p.38-69, 1996.

POTTS, G.P.; PETANIDOU, T.; ROBERTS, S.; O'TOOLE, C.; HILBERT, A.
WILLMER, P. Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a
complex Mediterranean landscape. **Biological Conservation**, v.129, p.
519-529, 2006.

PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. **The natural history of pollination.** Oregon: Timber Press, 1996, 479 p.

RADMANN, E.B., GONCALVES, E.D., FORTES, G. Concentrações de ácido indolbutírico e períodos de escuro, no enraizamento "in vitro" de amoreira-preta (*Rubus* sp.), cv. ébano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.1, p.124-126, 2003.

RASEIRA, M.C.B. A Pesquisa Com Amora-preta no Brasil. In: 2º Simpósio Nacional do Morango. 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas. Pelotas –RS. **Resumo**, p.220, 2004.

RUST, R.W.; VAISSIÈRE, B.E.; WESTRICH, P. Pollinator biodiversity and floral resource use in *Exhallium elaterium* (Cucurbitaceae), a Mediterranean endemic. **Apidologie**, v. 34, p. 29-42, 2003.

SAKAGAMI, S. F.; LAROCCA, S. & MOURE, J. S. Wild bee biocenotics in São José dos Pinhais (PR) South Brazil. **Journal of Faculty of Science of Hokkaido University**, v.16, n.2, p. 253-291, 1967.

SAKAGAMI, S. F. & H. FUKUDA. Wild bee survey at the campus of Hokkaido University. **Journal of Faculty of Science of Hokkaido University**, v.19, n.1, p 190-250, 1973.

SAMEJIMA, H. MARZUKI, M.; NAGAMITSU, T. NAKASIZUKA, T. The effects of human disturbance on a stingless bee community in a tropical rainforest. **Biological Conservation**, v.120, p. 577-587, 2004.

SANTANA, M.P.; CARVALHO, C.F.; SOUZA, B.; MORGADO, L.N. Abelhas (hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores do feijoeiro, *Phaseolus vulgaris*

L., em Lavras e Ijaci, MG. **Ciência Agroveterinária de Lavras**, v.26, n. 6, p.1119-1127, 2002.

SIQUEIRA DE CASTRO, M. Bee fauna of some tropical and exotic fruits: potencial pollinators and their conservation. IN: Kevan P & Imperatriz Fonseca VL (eds) - **Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature**, Ministry of Environment, Brasília. p. 275-288. 2002.

SILVEIRA, F.A SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R; ALMEIDA, A. B. **Abelhas brasileiras: Sistemática e identificação**. 1. ed. Belo Horizonte: IDM, 2002, 253 p.

SILVEIRA, F. Monitoring Pollinating Wild Bees in: Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination. p.. 73, **Workshop on Solitary Bees and Their Role in Pollination held in Beberibe**, Universidade Federal do Ceará, Ed.. Freitas, B. M. e Pereira J.O, 2004.

SLAA, E.J.; SÁNCHEZ CHAVES, L.A.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; HOFSTEDE, H.E. Stingless Bee in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v.37, p. 293-315, 2006.

SOKAL, R. R; ROHLF, F. J. **Biometry**. 2. ed. New York: W.H. Freeman and Company, 1981. 859 p.

SOUZA, D.A.S.; LENZI, M.; ORTH, A.I. Contribuição à ecologia de polinização de *Tabebuia pulcherrima* (Bignoniaceae), em área de restinga, no sul de Santa Catarina. **Biotemas**, vol. 17, n.2, p. 47-66, 2004.

TAURA, H. M.; LAROCCA, S. A associação de abelhas silvestres de um biótopo urbano de Curitiba (Brasil), com comparações espaço-temporais: abundância relativa, fenologia, diversidade e exploração de recursos

(Hymenoptera, Apoidea). **Acta Biologica Paranaense**, v.30, n.1, 2, 3 e 4, p. 35-137, 2001.

TAYLOR, K. Biological flora of the British Isles. **Journal of Ecology**, v.93, p. 1249-1262, 2005.

TOLEDO, V.A.A.; FRITZEN, A.E.T.; NEVES, C.A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C; SOFIA, S.H.; TERADA, Y. Plants and pollinating bees in Maringá, State of Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.46, n.4, p 705-710, 2003.

VILLA, F.; PIO, R.; CHALFUN N.N.J., GONTIJO, T.C.A.; DUTRA, L.F. Propagação de Amoreira-Preta utilizando estacas Lenhosas. **Ciência Agrotécnica**, v.27, n.4, p.829-834, 2003.

WERLEMARK, G.; NYBOM, H. Pollen Donor Impact on Progenies of Pseudogamous Blackberries (*Rubus* subg. *Rubus*). **Euphytica**, v.133, p.71-80, 2003.

WERYSZKO-CHMIELEWSKA, E. MASIEROWSKA, M.L.; KONARSKA, A. Characteristics of floral nectarines and nectar in two species of *Crataegus* (Rosaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v.238, p. 33-41, 2003.

WIST, T.J.; DAVIS, A.R. Floral nectar production and nectary anatomy and ultrastructure of *Echinacea purpurea* (Asteraceae). **Annals of Botany**, v.97, p.177-193, 2006.

WOLFF, D. Nectar sugar composition and volumes of 47 species of Gentianales from a Southern Ecuadorian Montane Forest. **Annals of Botany**, v.97, p. 767-777, 2006.

ZANETTE, L.R.S.; MARTINS, R.P.; RIBEIRO, S.P. Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. **Landscape and Urban Planning**, v.71, p. 105-121, 2005.