

**Biologia de nidificação e estratégias de manejo de
Xylocopa ordinaria e *Xylocopa frontalis*
(Hymenoptera: Apidae) no norte do Rio de Janeiro**

André Sarlo Bernardino

Universidade Estadual do Norte Fluminense

**Campos dos Goytacazes – RJ
Abril de 2008**

**Biologia de nidificação e estratégias de manejo de
Xylocopa ordinaria e *Xylocopa frontalis*
(Hymenoptera: Apidae) no norte do Rio de Janeiro**

André Sarlo Bernardino

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

Orientador: Dr^a. Maria Cristina Gaglianone

**Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
Campos dos Goytacazes – RJ
Abril de 2008**

**Biologia de nidificação e estratégias de manejo de
Xylocopa ordinaria e *Xylocopa frontalis*
(Hymenoptera: Apidae) no norte do Rio de Janeiro**

André Sarlo Bernardino

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

Aprovado em 11 de Abril de 2008

Comissão Examinadora

Dr^a. Ana Maria Matoso Viana (Dr^a. em Biologia do Comportamento – CCTA/UENF)

Dr^a. Magali Hoffman (Dr^a. em Entomologia – CCTA/UENF)

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

Dr^a. Solange Cristina Augusto (Dr^a. em Entomologia – UFU)

*“Quanto melhor soubermos captar a realidade,
melhor será a qualidade dos nossos resultados”*
Robert Ringer

Agradecimentos

**Agradeço, primeiramente, a Deus, autor, protetor e guia da minha vida!
O único capaz de proporcionar tantas oportunidades de crescimento pessoal.**

Agradeço aos meus pais, **Soliel Bernardino da Silva** e **Ulda Sarlo Bernardino**, por seu amor, apoio, compreensão e carinho.

Agradeço à minha irmã, **Simone Sarlo Bernardino**, por sua cooperação, amizade, incentivos e confiança.

Agradeço à minha tia, **Vilma Bernardino da Silva**, e às minhas avós, **Eny Bernardino** e **Francisca Sarlo** pelo suporte nas necessidades e por suas constantes orações.

Agradeço à minha amiga, companheira de batalhas e voraz crítica, **Güinevere Fernandes Lourenço de Souza Lima**.

Agradeço à Prof. Dra. **Maria Cristina Gaglianone** pela orientação na realização deste trabalho, por sua amizade, companheirismo e dedicação no ensinar.

Agradeço ao **Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro** pelo apoio técnico e logístico.

Agradeço aos meus amigos do laboratório, **Frederico Teixeira**, **Giselle Menezes**, **João Manoel**, **José Luiz**, **Lorena Cesário**, **Marcelle Muniz**, **Marcelita Marques**, **Willian Aguiar**, por me compreenderem e ajudarem em todos os momentos de necessidade.

Agradeço aos meus **Colegas da Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais** por seu companheirismo e disposição para ajudar.

Agradeço aos meus **Amigos de BH**, que moram no meu coração, por serem meu porto seguro e apoio pra todas as alegrias e tristezas.

Agradeço ao povo da **República da Amizade**, que aturou meus dias de bom e mau humor, especialmente ao meu amigo **Anibal Pezzini**, que me apoiou e auxiliou em várias decisões.

Agradeço aos meus amigos da **Turma de Biologia de 2005** que continuam fazendo da minha vida um mundo de alegrias, desafios, novidades e crescimento pessoal.

Agradeço à Prof. Dra. **Ana Paula Madeira Di Beneditto**, pela revisão desta dissertação.

Agradeço ao programa **PROBIO – MMA** pelo incentivo inicial aos estudos de manejo de polinizadores do maracujá-amarelo na região Norte Fluminense.

Agradeço a **FAPERJ** pela bolsa de mestrado.

Sumário

Lista de Figuras	VII
Lista de Tabelas	X
Resumo	XII
Abstract	XIII
1. Introdução.....	1
1.1. Conservação e manejo de abelhas nativas	1
1.2. Bionomia das abelhas carpinteiras do gênero <i>Xylocopa</i>	5
2. Objetivos.....	9
3. Material & Métodos.....	10
3.1. Área de Estudo	10
3.2. Espécies estudadas.....	13
3.2.1. <i>Xylocopa ordinaria</i>	13
3.2.2. <i>Xylocopa frontalis</i>	13
3.3. Obtenção e Transferência dos ninhos-matriz	13
3.4. Arquitetura dos ninhos em diferentes substratos	15
3.5. Comportamento de nidificação e relação com fatores climáticos.....	17
3.6. Razão sexual	19
3.7. Conteúdo polínico nas células de cria.....	20
3.8. Inimigos Naturais	21
3.9. Transferência de fêmeas de <i>Xylocopa</i> visando à multiplicação de ninhos	21
3.10. Análise dos dados.....	21
4. Resultados.....	24
4.1. Nidificação	24
4.1.1. Transferência dos Ninhos-Matriz e Fundação de Ninhos no Rancho de Criação de Abelhas	24
4.1.2. Arquitetura dos Ninhos	27
4.2. Comportamentos de Nidificação	31
4.2.1. Escavação de ninhos	31
4.2.2. Atividade das fêmeas nos ninhos	34
4.2.3. Atividade dos machos	50
4.2.4. Desidratação de néctar	52
4.2.5. Interação entre indivíduos	54
4.3. Razão Sexual.....	56
4.4. Conteúdo polínico nas células de cria.....	57
4.5. Inimigos naturais	60
4.6. Transferência de fêmeas de <i>Xylocopa</i> visando à multiplicação de ninhos	61
5. Discussão	62
6. Sugestões para o manejo de <i>Xylocopa ordinaria</i> e <i>Xylocopa frontalis</i> na região norte do estado do Rio de Janeiro.....	74
8. Referências Bibliográficas	77

Lista de Figuras

- Figura 1: (a) Rancho de Criação de Abelhas na UENF; colmos de bambu oferecidos como substrato de nidificação às espécies de *Xylocopa* dispostos em tijolos (b) e em garrafas do tipo pet (c). 11
- Figura 2. Dados microclimáticos de temperatura (T°C) e umidade relativa (UR%) coletados no Rancho de Criação de Abelhas. (a) Variação de T°C e UR% entre os meses de observação; (b) Variação de T°C e UR% ao longo do dia na estação chuvosa (Out – Abr); (c) Variação de T°C e UR% ao longo do dia na estação seca (Mai – Set) (Barras de variação = Desvio padrão). 12
- Figura 3. Mapa de localização das três áreas utilizadas para obtenção de ninhos-matriz de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* (plantios de maracujá-amarelo próximos à Mata do Carvão (21°23'S; 41°05'O) RJ, restinga de Grussai/Iquipari, RJ (21°44'S; 41°02'O) e restinga de Praia das Neves no extremo sul do ES (21°16'S; 40°58'O)). 15
- Figura 4. Caracterização de ninho de *Xylocopa ordinaria* escavado em galho seco de *Pera glabrata* evidenciando as principais estruturas medidas. 16
- Figura 5. Marcação das abelhas no Rancho de Criação de Abelhas: (a) contenção de uma fêmea de *Xylocopa frontalis* para marcação; (b,c) Fêmeas de *Xylocopa frontalis* marcadas no tórax; (d) Fêmea de *Xylocopa ordinaria* marcada no tórax. 19
- Figura 6. Acondicionamento dos estágios imaturos das espécies de *Xylocopa* em recipiente acrílico estéril com tampa perfurada (ovo de *X. frontalis* sobre massa de provisionamento). 20
- Figura 7. Porcentagem de ninhos de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* trazidos de três áreas-fonte, porcentagem de ninhos onde as fêmeas permaneceram nidificando após transferência para o Rancho de Criação de Abelhas e porcentagem de ninhos fundados no Rancho de Criação de Abelhas (números dentro das barras representam os valores absolutos do número de ninhos). 25
- Figura 8. Porcentagem de ninhos de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* fundados em diferentes substratos no Rancho de Criação de Abelhas (números dentro das barras representam os valores absolutos do número de ninhos). 25
- Figura 9. Porcentagem de utilização dos substratos oferecidos como atrativos à nidificação de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas (números dentro das barras representam os valores absolutos dos substratos utilizados). 26
- Figura 10. Número de ninhos de (a) *Xylocopa ordinaria* e (b) *Xylocopa frontalis* existentes e fundados no Rancho de Criação de Abelhas ao longo do período de observação. 26
- Figura 11. Substratos fornecidos e utilizados para nidificação por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas (a- substratos de madeira (*Eucalyptus* sp., *Pera glabrata* e *Terminalia* sp; b- colmos de bambu fornecidos e utilizados por fêmeas de *Xylocopa frontalis*). 29
- Figura 12. Regressão do comprimento do canal de ninhos em função do comprimento do substrato (a) e da soma das áreas dos canais de ninhos em função da área

transversal do substrato (b) no Rancho de Criação de Abelhas (<i>Xylocopa ordinaria</i> = pontos brancos e linha cinza; <i>Xylocopa frontalis</i> = pontos pretos e linha tracejada preta).	29
Figura 13. Gráfico de correlação entre o número de células e o comprimento do canal dos ninhos de <i>Xylocopa ordinaria</i> (pontos brancos e linha cinza) e <i>Xylocopa frontalis</i> (pontos pretos e linha tracejada preta) no Rancho de Criação de Abelhas.	30
Figura 14. Fluxograma das atividades desenvolvidas durante a escolha do substrato para nidificação das fêmeas de <i>Xylocopa ordinaria</i> e <i>Xylocopa frontalis</i> .	33
Figura 15. Lascas de madeira acumuladas próximo à entrada de um ninho de <i>Xylocopa ordinaria</i> caracterizando a fase de escavação de canais do ninho.	34
Figura 16. Porcentagem de tempo investido em diferentes atividades realizadas por fêmeas e machos de <i>Xylocopa ordinaria</i> e <i>Xylocopa frontalis</i> no Rancho de Criação de Abelhas.	36
Figura 17. Atividade em ninhos de <i>Xylocopa ordinaria</i> no Rancho de Criação de Abelhas. Coletas de pólen e desidratação de néctar identificam os períodos reprodutivos em cada ninho, e a reutilização ocorreu nos ninhos 9, 10, 12 e 13, onde não se observou comportamentos por mais de dois meses.	37
Figura 18. Atividade em ninhos de <i>Xylocopa frontalis</i> no Rancho de Criação de Abelhas. Coletas de pólen e desidratação de néctar identificam os períodos reprodutivos em cada ninho, e a reutilização ocorreu nos ninhos 6, 8, 9 e 10, onde não se observou comportamentos por mais de dois meses.	38
Figura 19. Frequência de atividades desenvolvidas por fêmeas de <i>Xylocopa ordinaria</i> em ninhos e número de ninhos ativos no Rancho de Criação de Abelhas em relação aos meses de observação (a- forrageio por pólen; b- forrageio por néctar; c- desidratação de néctar).	41
Figura 20. Frequência de atividades desenvolvidas por fêmeas de <i>Xylocopa frontalis</i> em ninhos e número de ninhos ativos no Rancho de Criação de Abelhas em relação aos meses de observação (a- forrageio por pólen; b- forrageio por néctar; c- desidratação de néctar).	42
Figura 21. Estimativa de frequência média de ocorrência das diferentes atividades realizadas por fêmeas de <i>Xylocopa ordinaria</i> (Xo) e <i>Xylocopa frontalis</i> (Xf) ao longo dos meses de observação no Rancho de Criação de Abelhas (a- forrageio por pólen; b- forrageio por néctar; c- desidratação de néctar).	43
Figura 22. Média da frequência de ocorrência das atividades de forrageio por pólen, desidratação de néctar e forrageio por néctar por fêmeas de <i>Xylocopa ordinaria</i> e <i>Xylocopa frontalis</i> em relação ao intervalo de horas do dia.	45
Figura 23. Exemplo da seqüência das atividades diárias de fêmeas de <i>Xylocopa ordinaria</i> durante o período de construção e aprovisionamento de ninhos no Rancho de Criação de Abelhas (ninho 16 de <i>X. ordinaria</i>).	48
Figura 24. Exemplo da seqüência das atividades diárias de fêmeas de <i>Xylocopa frontalis</i> durante o período de construção e aprovisionamento de ninhos no Rancho de Criação de Abelhas (ninho 3 de <i>X. frontalis</i>).	49
Figura 25. Frequência de atividades desenvolvidas por machos de <i>Xylocopa ordinaria</i> e <i>Xylocopa frontalis</i> em ninhos e número de ninhos ativos no Rancho de Criação de	

Abelhas em relação aos meses de observação e horários ao longo do dia.....	51
Figura 26. Fêmeas de <i>Xylocopa frontalis</i> (a) e <i>Xylocopa ordinaria</i> (b) posicionadas à entrada de seus ninhos no Rancho de Criação de Abelhas realizando o comportamento de desidratação de néctar. Na Figura (a) é possível observar o carregamento de pólen nas escopas e uma gota de néctar escorrendo entre as gáleas de uma fêmea <i>Xylocopa frontalis</i>	53
Figura 27. Curvas de rarefação de morfotipos polínicos encontrados em células de cria de <i>Xylocopa ordinaria</i> e <i>Xylocopa frontalis</i> do Rancho de Criação de Abelhas.	59
Figura 28. Cleptoparasitas dos ninhos de <i>Xylocopa</i> no Rancho de Criação de Abelhas (a- <i>Cissites maculata</i> (Coleoptera: Meloidae); b- Diptera sp.).....	61

Lista de Tabelas

- Tabela 1. Comprimento e circunferência dos diferentes substratos utilizados e não-utilizados por *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas (medidas em cm; valores = intervalo de variação (média ± desvio padrão, n= número de substratos medidos))..... 27
- Tabela 2. Caracterização da arquitetura e comparações entre ninhos de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* escavados em diferentes substratos no Rancho de Criação de Abelhas (letras sobrescritas indicam igualdade ou diferença de médias entre espécies e substratos; valores = intervalo de variação (média ± desvio padrão, n= número mensurações)) (WMW – Teste U de Wilcoxon-Mann-Whitney). 28
- Tabela 3. Caracterização e comparações de médias de medidas das células de cria de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* (Teste t; letras sobrescritas indicam igualdade ou diferença de médias entre espécies; valores = intervalo de variação (média ± desvio padrão, n= número mensurações)). 30
- Tabela 4. Caracterização da arquitetura e comparações de médias de parâmetros das células de cria de machos e fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* (Teste U de Wilcoxon-Mann-Whitney; letras sobrescritas indicam igualdade ou diferença de médias entre espécies; valores = intervalo de variação (média ± desvio padrão, número mensurações = 3 para todas as variáveis)). 31
- Tabela 5. Regressão do tempo de duração dos vôos realizados por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* para forrageio por pólen e néctar em função das variáveis temperatura (T°C) e umidade relativa (UR%) e suas interações (* α = 0,05; ** α = 0,01). 46
- Tabela 6. Tempo de duração (em segundos) dos vôos para forrageio por pólen e néctar realizados por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas (letras sobrescritas indicam igualdade entre médias; valores = intervalo de variação em segundos (média ± desvio padrão, n = número mensurações)) e comparação da média do tempo de duração entre espécies e atividades. 46
- Tabela 7. Caracterização do comportamento de desidratação de néctar realizado por fêmeas e machos de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas e comparação do tempo de duração deste comportamento (letras sobrescritas indicam igualdade ou diferença de médias entre espécies; valores = intervalo de variação (média ± desvio padrão, n = número mensurações)). 53
- Tabela 8. Regressão do tempo de duração do comportamento de desidratação de néctar realizado por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* em função das variáveis temperatura (T°C) e umidade relativa (UR%) e suas interações..... 54
- Tabela 9. Porcentagem de fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* produzidas em cada célula, de acordo com as suas posições nos ninhos (células enumeradas a partir do fundo dos canais dos ninhos; P = parasita na célula)..... 57
- Tabela 10. Número de morfotipos polínicos encontrados em células de cria de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* e porcentagem dos morfotipos polínicos mais

abundantes (valores = intervalo de variação (média \pm desvio padrão, n= número de células de cria)) 59

Resumo

A importância econômica e ecológica do serviço de polinização tem sido demonstrada em trabalhos recentes e muita atenção voltada ao conhecimento das abelhas nativas para sua utilização racional em áreas naturais e agrícolas. Dentre essas se encontram as mamangavas do gênero *Xylocopa*. No norte do estado do Rio de Janeiro, *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* são indicadas como espécies essenciais à produção de frutos nos plantios de maracujá-amarelo e na polinização de plantas nativas. Este trabalho tem o objetivo de analisar a biologia de *X. ordinaria* e *X. frontalis* na região norte do estado do Rio de Janeiro, bem como seus comportamentos de nidificação, fornecendo dados ecológicos à conservação e manejo sustentável destas abelhas. O estudo foi realizado entre ago/2006 e dez/2007 em um Rancho de Criação de Abelhas na Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), onde fêmeas e machos destas espécies foram observados quanto ao comportamento em ninhos. Descrições dos comportamentos de escolha do substrato, fundação de ninhos, desidratação de néctar e interações entre indivíduos co-genéricos foram analisadas. A atividade diária foi observada em indivíduos marcados com tinta e numerados no tórax. Ninhos de ambas as espécies foram abertos para estudo da estrutura interna e análise polínica do provisionamento. As fêmeas de *X. ordinaria* e *X. frontalis* utilizaram *Eucalyptus* sp., *Pera glabrata* e *Terminalia* sp. como substratos de nidificação, enquanto colmos de bambu foram utilizados somente por *X. frontalis*. A fundação de ninhos novos de *X. frontalis* ocorreu entre dez e abril, enquanto que para *X. ordinaria* este processo foi observado durante todo o ano. Entretanto, ninhos ativos de ambas as espécies podiam ser observados ao longo do ano. Fêmeas reutilizaram ninhos previamente escavados por outras fêmeas da mesma espécie. Para ninhos de *X. ordinaria* observou-se maior número de canais em substratos com maior circunferência. A largura dos canais dos ninhos e dimensões das células de cria de *X. ordinaria* foram menores do que as observadas para *X. frontalis*. Contudo, não houve diferença significativa quanto às dimensões das células de machos e fêmeas da mesma espécie, ocorrendo tendência à produção de maior número de fêmeas em ninhos de ambas as espécies. Fêmeas investem a maior parte do tempo em atividades dentro do ninho, seguida de coletas de néctar, pólen e desidratação de néctar, enquanto machos realizam apenas vôos esporádicos. A temperatura e/ou umidade relativa influenciaram fracamente o tempo de duração dos vôos para coleta de pólen ou néctar, sendo que o tempo investido por fêmeas nas coletas de pólen e néctar não diferiu significativamente entre os comportamentos, nem entre espécies. Os recursos polínicos utilizados por *X. ordinaria* e *X. frontalis* apresentaram uma sobreposição maior que 40%. Embora sejam espécies poliléticas, ambas apresentaram grande constância floral no provisionamento de suas células de cria. *Cissites maculata* (Coleoptera) e uma espécie de Diptera foram os inimigos naturais encontrados nos ninhos. Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas no comportamento de *X. ordinaria* e *X. frontalis*, aspectos da arquitetura dos ninhos e do ciclo reprodutivo, como período e quantidade de prole produzida por ano, devem ser considerados na escolha destas espécies para a conservação e manejo sustentável.

Abstract

The economical and ecological importance of pollination services have been demonstrated in recent researches and attention has been drawn to the rational use of native bees in natural and agricultural fields. Among the important bees, are the carpenter bees of the *Xylocopa* genus. In the north of Rio de Janeiro state, *Xylocopa ordinaria* and *Xylocopa frontalis* have been demonstrated as essential pollinators of passion fruit and native plants. The present work aims to analyze the biology of *X. ordinaria* and *X. frontalis* in the north of Rio de Janeiro state, as well as their nesting behavior, providing some ecological data for the conservation and management of these bees. The study was performed between Aug/2006 and Dec/2007 at an experimental station in the *campus* of Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), where females and males were observed in relation to their behavior in nests. Descriptions of bees' behavior on the nest substrate selection, nest construction, nectar dehydration, and interactions with co-generic individuals were analyzed. The daily activity was observed for individuals that were marked with paint and a numbered plaque. Nests were opened to study their architecture and pollen content of provisioning masses and feces. Females of *X. ordinaria* and *X. frontalis* nested in *Eucalyptus* sp., *Pera glabrata* and *Terminalia* sp., while only *X. frontalis* nested in bamboo culms. The foundation of new nests of *X. frontalis* occurred between Dec and Apr, while *X. ordinaria* nested trough out the year. However, nests of both species could be active all over the year. Females could also reactivate pre-excavated nests. For nests of *X. ordinaria* there were more tunnels in nests dug in wider substrates. The width of nest tunnels and the dimensions of brood cells of *X. ordinaria* presented smaller measurements than the ones observed for *X. frontalis*. On the other hand, there were no significant differences between male and female cells of the same species – even though the sexual ratio was biased to female production in both species. Females spent most of their time in activities inside their nests, followed by nectar and pollen flights and nectar dehydration, while males perform few flights during the day. The temperature and/or relative humidity weakly influenced the time duration of nectar and pollen flights, and the time duration did not differ significantly between these behaviors, or species. The pollen resources used by *X. ordinaria* and *X. frontalis* presented more than 40% of similarity. Although they are polliletic, both species presented a high level of floral constancy while provisioning brood cells. *Cissites maculata* (Coleoptera) and a species of Diptera were the natural enemies found in these nests. Although no significant differences were found in the behaviors of *X. ordinaria* and *X. frontalis*, some aspects of their nest architecture and biological cycle, as the reproductive period and brood production per year, should be considered in order to choose one of them for conservation and management purposes.

1. Introdução

1.1. Conservação e manejo de abelhas nativas

Desde a publicação do livro *The forgotten pollinators*, por BUCHMANN & NABHAN em 1996, há uma crescente preocupação com a manutenção dos serviços prestados por polinizadores, bem como com a conservação de populações viáveis destes agentes em áreas naturais e agrícolas (STEFFAN-DEWENER *et al.*, 2005).

O rompimento do sistema de polinização e o declínio das populações de polinizadores são descritos para todos os continentes e julga-se que estes fatos ocorram de forma global por serem causados por diversas atividades humanas (KEARNS *et al.*, 1998). Dentre as principais causas do declínio dos polinizadores encontram-se a fragmentação do hábitat e mudanças no uso da terra, a agricultura e o pastoreio, o uso de defensivos químicos e a introdução de espécies não-nativas (KEVAN, 1999; TSCHARNTKE & BRANDL, 2004; SCHOONHOVEN *et al.*, 2005).

Aproximadamente dois terços das plantas com flores apresentam os insetos como seus polinizadores, sendo essa interação crucial para a manutenção da diversidade vegetal nos vários ecossistemas do planeta. Estima-se que quase 30% das plantas utilizadas no consumo humano têm as abelhas como seus polinizadores efetivos (ROUBIK, 1995; FAO, 2004; SCHOONHOVEN *et al.*, 2005). Estas constituem um grupo de grande importância ecológica e econômica devido ao seu papel na polinização e conseqüente produção de frutos de espécies nativas e/ou cultivadas (DRUCKER, 2004). A sua dependência por recursos florais para alimentação, reprodução e construção de ninhos as torna o principal grupo de polinizadores na região neotropical (ROUBIK, 1989).

Apesar da escassez de estudos valorando os benefícios obtidos com a polinização por abelhas, os ganhos diretos em cultivos nos Estados Unidos têm apontado valores tão altos quanto US\$1,6 a 40 bilhões por ano, embora estes números sejam ainda controversos (Gouson, 2003; DRUCKER, 2004). Entretanto, a soma dos benefícios econômicos, sociais e naturais obtidos com a polinização de espécies

nativas e cultivadas pode exceder muitas vezes essas estimativas, já que os serviços ecológicos não apresentam preços definidos por um mercado consumidor estabelecido (KEVAN & PHILLIPS, 2001; KAHN, 2005).

Tradicionalmente, o manejo racional de espécies de abelhas apóia-se nas atividades de apicultura, onde já existem técnicas bem elaboradas para a criação de colônias de *Apis mellifera* Linnaeus e o maior objetivo é a produção de mel e a obtenção de outros produtos fornecidos por estas abelhas. Entretanto, BUCHMANN & NABHAN (1996) apontam que a utilização dessas abelhas na polinização de diferentes frutíferas (ex.: *Citrus* L.) apresenta valor econômico muito maior que o obtido com os seus produtos, sendo as culturas polinizadas por essas abelhas bem conhecidas (ROUBIK, 1995).

A ampla utilização de *A. mellifera* na polinização de diferentes plantas cultivadas tem criado um grande problema ecológico. Por se tratar de uma espécie eussocial introduzida na maioria dos continentes, com colônias que requerem grandes quantidades de pólen e néctar para se manter, e por apresentar o comportamento de recrutamento de indivíduos da mesma colônia para forragear em recursos florais mais abundantes, sua presença pode causar a exclusão competitiva de outros polinizadores (SCHAFFER *et al.*, 1979; KEARNS *et al.*, 1998). Outro fato importante é que *A. mellifera* pode apresentar menor eficiência, ou ineficiência, na polinização de diversas espécies cultivadas e nativas quando comparada aos polinizadores nativos (WESTERKAMP, 1991). Esse fato vem sendo explicado pelo maior espectro de estratégias na obtenção dos recursos florais e pela relação histórica dos polinizadores nativos com as condições locais (BUCHMANN, 1983; WILLMER, 1988; ROUBIK, 1995; GOULSON, 2003).

No intuito de manter a diversidade e populações viáveis de agentes polinizadores em ecossistemas nativos e em áreas de cultivo, diversos projetos foram realizados ou ainda são mantidos pela Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO) (KEVAN & PHILLIPS, 2001; FAO, 2004), pelo Banco Mundial e por governos de diferentes países, dentre eles o Brasil (IMPERATRIZ-FONSECA & Dias, 2004).

Além das abelhas sociais *A. mellifera*, abelhas do gênero *Bombus* Latreille têm sido criadas racionalmente para a polinização de plantas com anteras poricidas, como o

tomateiro, onde as primeiras não são efetivas (VELTHUIS & VAN DOORN, 2004). Algumas espécies de abelhas solitárias vêm sendo estudadas e manejadas com sucesso para a polinização de espécies de interesse agrícola, tais como: *Megachile rotundata* (Fabricius), usada na polinização de alfafa (VISCENS & BOSCH, 2000); *Osmia cornuta* (Latreille), utilizada em culturas de amêndoas e maçãs (BOSCH & KEMP, 2001) e *Osmia lignaria* Cresson, utilizada em culturas de maçã (BOSCH & KEMP, 2000). Entretanto, esse manejo é conduzido em regiões de clima temperado, com a introdução de alguns destes agentes fora de suas áreas naturais, o que pode ocasionar problemas similares aos observados para *A. mellifera*. Portanto, há grande incentivo para se conhecer a biologia de nidificação, demografia e ecologia trófica das espécies de abelhas solitárias, bem como as composições locais e regionais dessas comunidades, buscando melhor utilização desses recursos naturais sem a necessidade de introdução de espécies não-nativas (KEARNS *et al.*, 1998).

Dentre as abelhas solitárias que apresentam potencial ao manejo sustentável para utilização em cultivos agrícolas encontram-se espécies do gênero *Xylocopa* Latreille, 1802, representado por abelhas de grande porte e que escavam seus ninhos em madeira (GERLING *et al.*, 1989). Atualmente, as abelhas deste gênero são reconhecidas como importantes agentes polinizadores de plantas cultivadas e nativas de grande relevância econômica e ecológica (GOTTSBERGER *et al.*, 1988; GERLING *et al.*, 1989; ROUBIK, 1995; CAMILLO, 1996; VARASSIN & SILVA, 1999; HOFFMANN *et al.*, 2000; GAGLIANONE *et al.*, 2006a,b; BENEVIDES, 2006; BERNARDINO, 2006).

No Brasil, as abelhas do gênero *Xylocopa* são amplamente reconhecidas como polinizadores naturais efetivos do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.), sendo apontadas como essenciais à diminuição dos custos e ao incremento na produção de seus frutos em áreas de cultivo (CAMILLO, 1996; HOFFMANN *et al.*, 2000; RUGGIERO, 2000; GAGLIANONE *et al.*, 2006a). Embora o Brasil caracterize-se como o maior produtor mundial de frutos do maracujá-amarelo (RUGGIERO, 2000), este apresenta baixa produtividade devido a fatores como carência de polinizadores naturais nas áreas de cultivo (CAMILLO, 1996; FREITAS & OLIVEIRA FILHO, 2001).

Na tentativa de proporcionar um contingente satisfatório destes polinizadores nas

áreas de cultivo do maracujá-amarelo, estudos vêm sendo realizados visando identificar a distribuição, ocorrência e hábitos de nidificação de espécies de *Xylocopa* (CAMILLO, 1996; VARASSIN & SILVA, 1999; BERNARDINO, 2006; GAGLIANONE *et al.*, 2006a,b), quantificar e qualificar o uso e as necessidades desses polinizadores em plantações de diferentes áreas do Brasil e desenvolver técnicas para criação racional dessas abelhas (FREITAS & OLIVEIRA FILHO, 2001; PEREIRA, 2002; OLIVEIRA FILHO & FREITAS 2003).

Atualmente, as tentativas de incrementar as populações de espécies de *Xylocopa* em plantios de maracujá-amarelo da região norte do estado do Rio de Janeiro baseiam-se simplesmente na oferta de peças de madeira ou mourões de eucalipto (não tratados) com a expectativa de que as abelhas venham a utilizá-los como substrato para nidificação (GAGLIANONE *et al.*, 2006a). Todavia, essas tentativas não permitem o controle das populações de *Xylocopa* dentro dos cultivos, impossibilitando o manejo racional dessas abelhas. Informações sobre a diversidade de espécies de *Xylocopa* na região norte do estado do Rio de Janeiro, bem como as plantas que elas utilizam para alimentação e nidificação estão disponíveis em BERNARDINO (2006) e GAGLIANONE *et al.* (2006a,b), sendo ainda necessária a obtenção de dados que viabilizem o uso racional desses agentes em áreas de cultivo do maracujá-amarelo ou para polinização de plantas em áreas naturais onde este serviço é insuficiente.

1.2. Bionomia das abelhas carpinteiras do gênero *Xylocopa*

O gênero *Xylocopa* Latreille, 1802 (Apidae: Xylocopini) compreende abelhas robustas, com fêmeas apresentando coloração que varia de preto a azul, sendo que espécies do subgênero *Neoxylocopa* podem apresentar forte dimorfismo sexual, no qual os machos apresentam coloração que varia de marrom a amarelado (GERLING *et al.*, 1989). Estas abelhas são conhecidas, popularmente, como mangangás, mamangavas, mamangabas ou abelhas carpinteiras (FREITAS & OLIVEIRA FILHO, 2001), devido ao comportamento de nidificarem em madeira morta. Exceção foi descrita somente para o subgênero paleártico *Proxylocopa*, que faz seus ninhos no chão (MICHENER, 2000).

A distribuição e a abundância de substratos susceptíveis à nidificação de espécies de *Xylocopa* são fatores amplamente discutidos na literatura como limitantes à distribuição e ocorrência das espécies deste gênero, podendo ser mais importantes que a distribuição de fontes de pólen e néctar (HURD, 1958; HURD & MOURE, 1959; MICHENER, 1979; GERLING *et al.*, 1989). A associação de espécies de *Xylocopa* com substratos de nidificação parece não estar relacionada às espécies vegetais de táxons afins, mas a restrições ambientais como ocorrência e abundância dos substratos ou às características destes (HURD & MOURE, 1959; GERLING *et al.*, 1989). Portanto, preferências associadas à dureza da madeira, seu estágio de conservação, características de comprimento e diâmetro dos galhos e troncos e abundância dos substratos são determinantes em sua utilização pelas abelhas.

Relação estreita com um tipo de substrato foi descrita para *Xylocopa* (*Stenoxylocopa*) spp. (HURD, 1978) e *Xylocopa* (*Biluna*) *tranquebarorum tranquebarorum* (Swederus) (MAETA *et al.*, 1996), nidificando em colmos de bambu, e para *Xylocopa* (*Monoxylocopa*) *abreviatta* Hurd & Moure em hastes de *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. (RAMALHO *et al.*, 2004). Adicionalmente, SILVEIRA (2002) relata a nidificação de *X. (Stenoxylocopa) artifex* Smith em caules de *Velozzia* spp., sugerindo que a preferência por substratos de nidificação esteja relacionada também à diversidade de substratos disponíveis. Desta forma, associações estreitas podem

ocorrer devido às restrições ambientais, e não as afinidades por táxons relacionados.

As abelhas *Xylocopa* habitam os mais diversos ecossistemas, desde florestas até ambientes antrópicos. Geralmente apresentam hábito solitário, mas algumas espécies podem apresentar sobreposição de gerações e tolerância à presença de co-específicos no ninho (CAMILO & GAROFALO, 1982; VELTHUIS & GERLING, 1983; CAMILLO *et al.*, 1986; GERLING *et al.*, 1989; HOGENDOORN & VELTHUIS, 1993; PEREIRA, 2002; BERNARDINO, 2006). Este comportamento é caracterizado como facultativamente social e as “colônias” são denominadas quasi-sociais (MICHENER, 1974). *Xylocopa* apresenta mais de 700 espécies descritas, sendo abundante nas regiões tropical e subtropical, com maior diversidade de espécies no hemisfério oriental (MICHENER, 1979) e com 50 espécies descritas para o Brasil (SILVEIRA *et al.*, 2002).

GERLING *et al.* (1989), em uma revisão sobre este gênero, destacam duas formas de estruturação de seus ninhos: I) ninhos lineares, com um único canal que pode se estender para ambos os lados da entrada do ninho e II) ninhos ramificados, com mais de um canal. A construção de ninhos lineares ou ramificados pode representar uma característica espécie-específica, ou estar associada a restrições impostas por fatores ambientais como características do substrato ou clima (HOGENDOORN & VELTHUIS, 1993; STEEN & SCHWARS, 2000; SILVEIRA, 2002; RAMALHO *et al.*, 2004). A arquitetura do ninho tem influência direta sobre o número de células aprovisionadas (HOGENDOORN & VELTHUIS, 1999), sobre as interações entre indivíduos do mesmo ninho (CAMILLO & GAROFALO, 1989; HOGENDOORN, 1996), bem como sobre as estratégias reprodutivas e de aprovisionamento adotadas pelas fêmeas (HOGENDOORN & VELTHUIS, 1993 e 1995; PEREIRA, 2002).

A procura e escolha de substratos para nidificação é realizada de forma solitária por fêmeas de *Xylocopa*, que após escavarem os canais do ninho, começam as atividades de construção e aprovisionamento de células de cria (ROUBIK, 1989). Para tal, a fêmea dá forma à célula de cria e posteriormente realiza vôos para coleta de pólen e néctar. Estes recursos são depositados e manipulados no interior da célula de cria formando uma massa de coloração bege, denominada aprovisionamento. Após coletar alimento suficiente, um ovo é posto sobre a massa de aprovisionamento e é

feita a operculação da célula, sendo estes comportamentos repetidos para as demais células construídas (FREITAS & OLIVEIRA FILHO, 2001; PEREIRA, 2002). Após o período de desenvolvimento, emergem indivíduos adultos que podem permanecer no interior do ninho (GERLING *et al.*, 1989).

A ocorrência de mais de um adulto nos ninhos de *Xylocopa* é uma característica compartilhada por muitas espécies do gênero, sendo esta co-ocorrência reportada como um caráter de desenvolvimento dos indivíduos emergentes, onde estes precisam de um período para maturação dentro dos ninhos, após o qual abandonam o ninho materno (CAMILLO & GAROFALO, 1982 e 1989; VELTHUIS & GERLING, 1983; CAMILLO *et al.*, 1986; GERLING *et al.* 1989; OLIVEIRA FILHO & FREITAS, 2003).

Estudos abordando as interações entre co-específicos têm demonstrado o comportamento de alimentação (trofalaxia) dos jovens realizado pela mãe ou irmã mais velha (GERLING *et al.* 1989), o comportamento dos machos dentro do ninho e em sítios de acasalamento (GERLING & HERMANN, 1978; BARTHELL & BAIRD, 2004), o comportamento das fêmeas na reativação de ninhos antigos (CAMILLO & GAROFALO, 1989), bem como das interações entre fêmeas na construção, provisionamento e guarda dos ninhos, postura de ovos e competição por substratos para nidificação (VELTHUIS & GERLING, 1983; HOGENDOORN & LEYS, 1993; HOGENDOORN & VELTHUIS, 1993 e 1995; HOGENDOORN, 1996). Entretanto, estudos do comportamento de nidificação de espécies de *Xylocopa* são escassos no Brasil (PEREIRA, 2002; BERNARDINO, 2006).

No Brasil, aspectos da biologia de nidificação foram estudados para *X. (Neoxylocopa) frontalis* (Olivier), *X. (N.) grisescens* Lepeletier (CAMILO & GARÓFALO, 1982; FREITAS & OLIVEIRA FILHO, 2001; PEREIRA, 2002; OLIVEIRA FILHO & FREITAS, 2003) e *X. (N.) suspecta* Moure & Camargo (CAMILLO *et al.*, 1986), utilizando a técnica de ninhos-armadilha. Estudos caracterizando ninhos naturais foram realizados para *X. (S.) artifex* em região de campo rupestre em Minas Gerais (Silveira, 2002); *X. (M.) abbreviatta* em região semi-árida na Bahia (RAMALHO *et al.*, 2004); *X. (N.) grisescens* em área de dunas do médio São Francisco na Bahia (NEVES *et al.*, 2006); *Xylocopa subcyanea* Perez em região de restinga na Bahia (GIMENES *et al.*, 2006); e *Xylocopa (N.) ordinaria* Smith em área de restinga no norte do estado do Rio de Janeiro

(BERNARDINO, 2006). Estudos da ecologia, hábitos de nidificação e comportamento de forrageio de *Xylocopa (N.) cearensis* Ducke foram realizados por VIANA *et al.* (2002) e COSTA *et al.* (2002) em área de dunas litorâneas em Salvador na Bahia.

Na região norte do estado do Rio de Janeiro, em ambientes de restinga, mata estacional semidecidual, mata aluvial e em áreas antrópicas foram registradas cinco espécies de *Xylocopa*: *X. ordinaria*, *X. frontalis*, *X. suspecta*, *Xylocopa nigrocincta* Smith e *X. (Schoenherria) sp.* (GAGLIANONE *et al.*, 2006b). Destas, *X. ordinaria* e *X. frontalis* vêm sendo apontadas como de grande importância na polinização de culturas do maracujá-amarelo na região (HOFFMANN *et al.*, 2000; GAGLIANONE *et al.*, 2006a), podendo apresentar alta densidade de ninhos nas áreas de cultivo (66 ninhos/hectare) e proporcionar taxas de frutificação de até 50% (GAGLIANONE *et al.*, 2006a). Essas espécies ainda são indicadas como importantes polinizadores de plantas nativas (VARASSIN & SILVA, 1999; PEREIRA, 2002; BENEVIDES, 2006; BERNARDINO, 2006; GAGLIANONE *et al.*, 2006a,b; MENEZES, 2007).

Estudos considerando os hábitos e o comportamento de nidificação de *X. frontalis* estão disponíveis para o estado de São Paulo (CAMILLO & GARÓFALO, 1982 e 1989; PEREIRA, 2002) e nordeste do Brasil (FREITAS & OLIVEIRA FILHO, 2001; OLIVEIRA FILHO & FREITAS, 2003). Para *X. ordinaria*, o único estudo disponível foi conduzido por BERNARDINO (2006) em ecossistema de restinga da região norte do estado do Rio de Janeiro e apresenta dados de distribuição espacial de ninhos e arquitetura dos ninhos, bem como preferências florais.

Dados sobre a bionomia, escolha do substrato e suas influências sobre a arquitetura do ninho e estratégias reprodutivas das fêmeas, bem como o entendimento das interações intra-específicas e com fatores ambientais são de fundamental importância para viabilizar o manejo destas abelhas (FREITAS & OLIVEIRA FILHO, 2001; PEREIRA, 2002; OLIVEIRA FILHO & FREITAS, 2003). Informações relacionadas à quantidade de prole produzida por fêmea, tempo de desenvolvimento dos estágios imaturos, taxa de mortalidade dos imaturos, períodos de maior atividade de forrageio e suas correlações com as atividades desenvolvidas e idade dos indivíduos são escassas para as espécies de *Xylocopa* que ocorrem no Brasil.

2. Objetivos

Este estudo tem o objetivo de analisar a biologia de nidificação de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* na região norte do estado do Rio de Janeiro fornecendo dados ecológicos à conservação e manejo sustentável destas abelhas.

Para tal, foram analisados dados referentes à construção de ninhos, comportamento nos ninhos e reprodução, com os objetivos específicos de:

- a- Verificar a taxa de permanência das fêmeas em ninhos transferidos de áreas naturais para áreas de criação e a viabilidade da utilização destes ninhos como fontes de novas fêmeas para a criação racional destas abelhas.
- b- Avaliar a influência do substrato sobre a arquitetura do ninho e atividades de construção.
- c- Identificar os períodos de construção e aprovisionamento dos ninhos.
- d- Avaliar influências das variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa sobre os comportamentos de forrageio por pólen e néctar, bem como sobre o comportamento de desidratação de néctar.
- e- Analisar as interações intra-específicas e elaborar etogramas que considerem as atividades ao longo do dia.
- f- Identificar a razão sexual dentro dos ninhos, diferenças entre células de machos e fêmeas e a constância na coleta de pólen.

3. Material & Métodos

3.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado em uma área experimental (aqui denominada: Rancho de Criação de Abelhas) no *campus* da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) (21°45'S; 41°17'O) , em Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro. Os ninhos de *Xylocopa* foram coletados em três áreas naturais (ver tópico 3.3) e levados para o Rancho de Criação de Abelhas, o qual é composto de prateleiras paralelas ao solo dispostas em três diferentes alturas (50, 100 e 150 cm em relação ao solo) protegidas da incidência direta do sol e chuvas (Fig. 1).

O clima da região é caracterizado como tropical sub-úmido a semi-árido, com precipitação pluviométrica média anual variando de 800 a 1.200 mm, com as maiores taxas de precipitação nos períodos de verão (outubro a abril) e as menores nos períodos de inverno (maio a setembro) (RADAMBRASIL, 1983).

Os dados microclimáticos de temperatura e umidade relativa para o Rancho de Criação de Abelhas demonstram um período com temperaturas mais baixas compreendido entre maio e setembro de 2007 (estação seca) (Fig. 2a). Já a umidade relativa não apresentou padrão definido entre estação seca e chuvosa. Portanto, os dados de variação microclimática ao longo do dia, foram separados em função da estação seca (Fig. 2b) e chuvosa (Fig. 2c) para avaliar suas influências sobre o comportamento das espécies de *Xylocopa*.



Figura 1: (a) Rancho de Criação de Abelhas na UENF; colmos de bambu oferecidos como substrato de nidificação às espécies de *Xylocopa* dispostos em tijolos (b) e em garrafas do tipo pet (c).

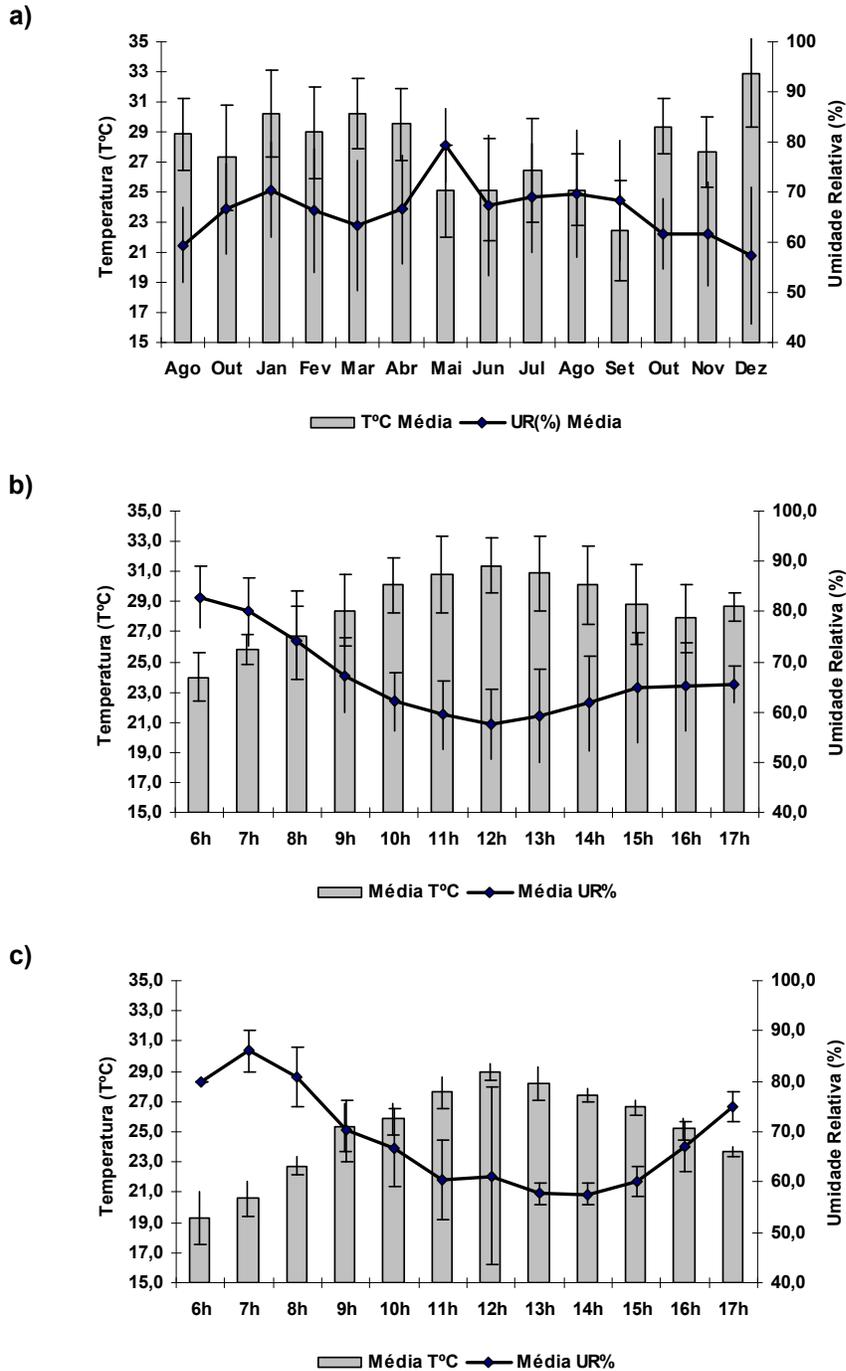


Figura 2. Dados microclimáticos de temperatura (T°C) e umidade relativa (UR%) coletados no Rancho de Criação de Abelhas. (a) Variação de T°C e UR% entre os meses de observação; (b) Variação de T°C e UR% ao longo do dia na estação chuvosa (Out – Abr); (c) Variação de T°C e UR% ao longo do dia na estação seca (Mai – Set) (Barras de variação = Desvio padrão).

3.2 Espécies estudadas

3.2.1. *Xylocopa ordinaria*

Xylocopa ordinaria foi relatada para o Brasil nos estados da BA, ES, RJ, MS, SP e RS (SCHLINDWEIN *et al.*, 2003). Estas abelhas apresentam grande porte corpóreo podendo as fêmeas chegar a 25 mm de comprimento e apresentam forte dimorfismo sexual, sendo as fêmeas pretas e os machos amarelados. No norte do estado do Rio de Janeiro *X. ordinaria* ocorre em ambientes de restinga, mata de tabuleiro e áreas antrópicas, sendo seus ninhos encontrados em madeira morta em estágio inicial de apodrecimento (GAGLIANONE *et al.*, 2006b).

3.2.2. *Xylocopa frontalis*

Segundo SCHLINDWEIN *et al.* (2003) *X. frontalis* é uma espécie com ampla distribuição, com ocorrência reportada desde a Argentina até o México, incluindo todo o Brasil, sendo freqüente em ambientes antrópicos. É uma das maiores abelhas da região neotropical, com algumas fêmeas chegando a medir 36 mm de comprimento. O dimorfismo sexual em *X. frontalis* é acentuado, sendo as fêmeas pretas (podendo ou não apresentar faixas alaranjadas no abdômen) e os machos de coloração fulvo-amarelado. No norte do estado do Rio de Janeiro *X. frontalis* é uma espécie abundante em mata de tabuleiro e áreas antrópicas, sendo seus ninhos encontrados em madeira morta em estágio inicial de apodrecimento (GAGLIANONE *et al.*, 2006b).

3.3. Obtenção e Transferência dos ninhos-matriz

Ninhos-matriz de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* foram obtidos em três diferentes áreas nos meses de julho de 2006, fevereiro, março e outubro de 2007, e com base no comportamento de filopatria (CAMILLO & GAROFALO, 1989) e agregação de ninhos de *Xylocopa* (BERNARDINO, 2006), estes serviram como fonte de fêmeas jovens para fundação de novos ninhos no Rancho de Criação de Abelhas (Fig. 3). Os ninhos-matriz contribuíram ainda na atração de fêmeas de *X. ordinaria* e *X. frontalis* previamente residentes no *campus* da UENF.

Os ninhos-matriz de *X. ordinaria* e *X. frontalis* foram coletados nas áreas-fonte em três tipos de substrato: *Eucalyptus* sp. L'Hér., *Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill. e *Terminalia* sp. L. Os ninhos encontrados em galhos secos de *P. glabrata* e *Terminalia* sp. estavam presos à plantas vivas ou soltos sobre a vegetação, enquanto os ninhos encontrados em *Eucalyptus* sp. foram escavados em mourões ou em espaldeiras de plantios de maracujá-amarelo. Desta forma, foram trazidos para o Rancho de Criação de Abelhas 31 ninhos de *X. ordinaria* e seis ninhos de *X. frontalis* contendo fêmeas adultas.

Os substratos utilizados como atrativos para a nidificação das espécies de *Xylocopa* foram colmos de bambu (fechados em uma das extremidades em seus próprios nós) e peças de madeira das três espécies citadas acima.

Os colmos de bambu oferecidos no Rancho de Criação de Abelhas apresentaram diâmetro interno mínimo de 1,40 cm e máximo de 2,60 cm (média = $1,99 \pm 0,24$ cm; n = 70), com a espessura da parede variando entre 0,22 cm e 0,72 cm (média = $0,41 \pm 0,13$ cm; n = 70), dispostos em tijolos, como sugerido por PEREIRA (2002) e BERNARDINO (2006), e em feixes inseridos em garrafas do tipo *pet*, totalizando 70 colmos de bambu. Não foram acrescentados substratos ao longo do estudo. As peças de madeira oferecidas apresentaram comprimento e circunferência variando entre os diferentes substratos e foram posicionadas horizontal e verticalmente nas prateleiras do Rancho de Criação de Abelhas (Fig. 1).



Figura 3. Mapa de localização das três áreas utilizadas para obtenção de ninhos-matriz de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* (plantios de maracujá-amarelo próximos à Mata do Carvão (21°23'S; 41°05'O) RJ, restinga de Grussai/Iquipari, RJ (21°44'S; 41°02'O) e restinga de Praia das Neves no extremo sul do ES (21°16'S; 40°58'O)).

3.4. Arquitetura dos ninhos em diferentes substratos

Medidas do comprimento e diâmetro interno dos colmos de bambu utilizados pelas abelhas foram tomadas, enquanto que as peças de madeira escavadas tiveram o seu comprimento total e a circunferência medidos à altura da entrada do ninho.

No intuito de descrever a arquitetura dos ninhos, 25 ninhos de *X. ordinaria* e 23 de *X. frontalis* (10 ninhos em substratos de madeira e 13 ninhos em colmos de bambu de *X. frontalis*), foram abertos para contagem do número de canais e células, sendo seus comprimentos e larguras, bem como as espessuras dos opérculos de fechamento das células (Fig. 4), tomadas com auxílio de paquímetro (precisão: 0,01cm). A partir dos

dados de comprimento e largura das células de cria foi possível o cálculo aproximado do volume das células através da fórmula $\pi \cdot r^2 \cdot h$ (volume do cilindro), onde $\pi = 3,14$, $r =$ raio da maior largura da célula e $h =$ comprimento da célula, como sugerido por NEVES *et al.* (2006).

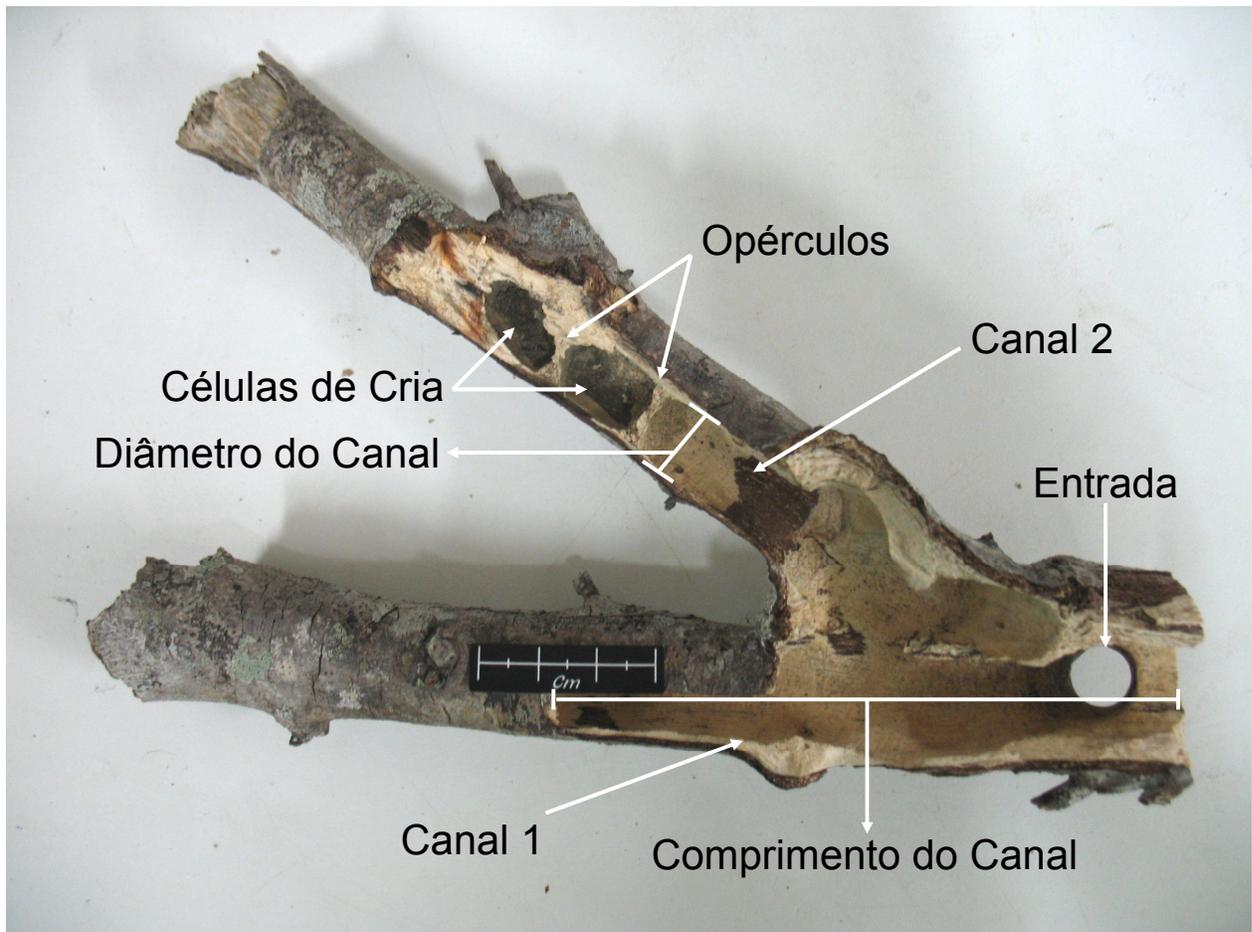


Figura 4. Caracterização de ninho de *Xylocopa ordinaria* escavado em galho seco de *Pera glabrata* evidenciando as principais estruturas medidas.

3.5. Comportamento de nidificação e relação com fatores climáticos

A coleta de dados referentes ao comportamento de nidificação das espécies de *Xylocopa* foi realizada no Rancho de Criação de Abelhas, entre Ago/2006 e Dez/2007. Neste período, 25 ninhos de *X. ordinaria* e 23 ninhos de *X. frontalis* foram observados por 60 dias (média de 5 dias em cada mês). As observações foram conduzidas por um único observador no período entre 7:00h e 18:00h, sendo também feitas observações esporádicas com início às 5:00h.

Para as observações de comportamento e diferenciação entre os indivíduos, as abelhas foram marcadas individualmente com canetas marcadoras universais coloridas (azul, branco, laranja, roxo e vermelho) e com etiquetas de papel numeradas e impermeabilizadas, coladas na parte superior do tórax (Fig. 5). No ato da marcação, as abelhas eram confinadas em um tubo plástico transparente pelo mínimo tempo possível, sendo posteriormente devolvidas ao ninho (HOGENDOORN & LEYS, 1993; PEREIRA, 2002).

Ao longo do período de observação foram marcadas 92 abelhas, sendo 43 indivíduos de *X. ordinaria* (13♂;30♀) e 49 de *X. frontalis* (10♂;39♀). As abelhas marcadas foram coletadas no momento em que retornavam ao ninho.

Dados microclimáticos de temperatura e umidade relativa foram aferidos de hora em hora nos dias de observação, utilizando-se um termohigrômetro digital (precisão: T°C = 0,1 e UR = 1%) (Fig. 2).

Os ninhos foram observados diretamente e com o auxílio de um otoscópio, sendo registradas e quantificadas seis classes de comportamento:

1. Atividades dentro do ninho – quando os indivíduos se encontravam dentro do ninho, mas não era possível diferenciar o comportamento que estes executavam.
2. Coletas de Pólen – caracterizada pela chegada da fêmea ao ninho com pólen em suas escopas.
3. Coletas de Néctar – caracterizada pela chegada das abelhas ao ninho sem carregamento de pólen.

4. Indivíduos na entrada do ninho – inspeção da área externa do ninho, vigilância ou guarda do ninho, desidratação de néctar ou defecação.
5. Escavação – este comportamento foi inferido de acordo com o período de desenvolvimento do ninho e através do comportamento de jogar “serragem” para fora do ninho.
6. Limpeza do ninho – caracterizado pelo despejo de material (ex.: provisionamento) de dentro para fora do ninho.
7. Interação entre indivíduos – caracterizado pelo contato direto entre indivíduos em um ninho ou por sons (provavelmente causados por vibração dos músculos das asas) provenientes de ninhos que apresentavam mais de um indivíduo.

Para todos estes comportamentos foram verificados o momento de início do comportamento e o tempo de duração (hora:minutos:segundos), o número do ninho e quando possível, a cor e o número de marcação da(s) abelha(s) para posterior análise dos dados referentes à frequência de ocorrência e o tempo gasto nas diferentes atividades (Apêndice 2). A partir dos dados de observação foram elaborados etogramas para as fêmeas das espécies de *Xylocopa* apresentando a frequência e o tempo de ocorrência destes comportamentos ao longo do dia.

Para descrição detalhada dos comportamentos de desidratação de néctar, trofalaxia, escavação do ninho e limpeza do canal e do corpo foram realizadas três horas de filmagens para cada espécie em câmera digital Sony, modelo TRV 361.

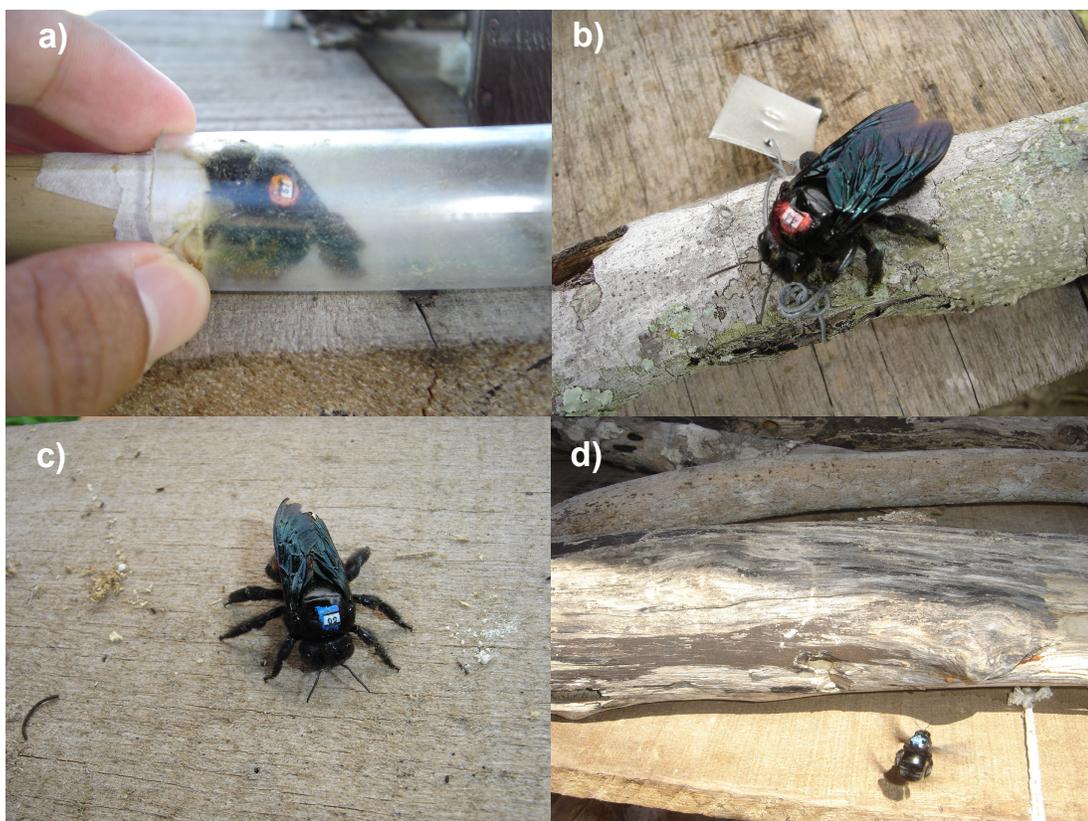


Figura 5. Marcação das abelhas no Rancho de Criação de Abelhas: (a) contenção de uma fêmea de *Xylocopa frontalis* para marcação; (b,c) Fêmeas de *Xylocopa frontalis* marcadas no tórax; (d) Fêmea de *Xylocopa ordinaria* marcada no tórax.

3.6. Razão sexual

No intuito de evitar perdas de fêmeas emergentes que poderiam nidificar no Rancho de Criação de Abelhas devido à morte causada pela ausência do cuidado parental (CAMILLO & GAROFALO, 1982), dados de razão sexual foram coletados somente no ano de 2007. Para isso, cinco ninhos de *X. ordinaria* e cinco ninhos de *X. frontalis* recém operculados foram abertos e os imaturos e seu aprovisionamento transferidos para recipientes acrílicos estéreis (com tampas perfuradas) para correlação da distribuição dos sexos com a posição no ninho das diferentes células de cria (Fig. 6). Desta forma, foi possível a análise da distribuição dos sexos nas diferentes células e a avaliação de possíveis diferenças entre células de machos e fêmeas. A razão sexual foi determinada calculando-se a proporção do número de machos em relação ao número

de fêmeas em cada ninho e na população de abelhas marcadas.



Figura 6. Acondicionamento dos estágios imaturos das espécies de *Xylocopa* em recipiente acrílico estéril com tampa perfurada (ovo de *X. frontalis* sobre massa de aprovisionamento).

3.7. Conteúdo polínico nas células de cria

O conteúdo polínico das massas de aprovisionamento e fezes encontradas em oito e 14 células de cria dos ninhos abertos de *X. frontalis* e *X. ordinaria*, respectivamente, foi coletado e fixado em álcool 70% para análise dos morfotipos polínicos presentes. O material polínico foi preparado em lâminas e montado em gelatina glicerinada (DAFNI, 1992).

Para as análises do conteúdo polínico foram confeccionadas três lâminas de pólen por amostra homogeneizada de aprovisionamento ou fezes, sendo a observação qualitativa realizada em microscópio ótico com aumento de 200x. As diferentes formas polínicas foram fotografadas em câmera digital Sony P-93 (5 mega-pixels) e identificadas em morfotipos polínicos. Posteriormente, 300 grãos de pólen foram contados e identificados em morfotipos polínicos em campos aleatórios em cada lâmina, totalizando 900 grãos de pólen contados por amostra (Apêndice 3).

3.8. Inimigos Naturais

Os cleptoparasitas encontrados no interior ou próximo aos ninhos de *Xylocopa* foram coletados para identificação e registro do período de ocorrência. Estes foram sacrificados em frascos mortíferos contendo acetato de etila, montados em alfinetes entomológicos e depositados no Laboratório de Ciências Ambientais da UENF.

3.9. Transferência de fêmeas de *Xylocopa* visando à multiplicação de ninhos

Um experimento de transferência de fêmeas de *Xylocopa* visando à multiplicação de ninhos foi realizado utilizando-se cinco ninhos de *X. ordinaria* e seis ninhos de *X. frontalis* (fundados no Rancho de Criação de Abelhas) que foram abertos para mensuração de suas características, mas estavam em fase final de provisionamento da última célula de cria.

Neste experimento, as fêmeas fundadoras foram retiradas de seus ninhos e transferidas para colmos de bambu de medidas similares às utilizadas por outras *Xylocopa* no Rancho de Criação de Abelhas. Após a transferência, os colmos de bambu eram lacrados com fita adesiva e permaneciam assim até a manhã do dia seguinte, quando as fêmeas eram liberadas. Os colmos de bambu foram identificados e referenciados e as abelhas foram marcadas, de forma que era possível precisar se houve permanência da fêmea no colmo à que foi transferida ou se esta procurou outro local para nidificar.

3.10. Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada com o programa R-system (R Version 2.3.1, Copyright 2005, The R Foundation for Statistical Computing).

Para avaliar preferências quanto às características do substrato utilizado para nidificação pelas espécies de *Xylocopa* foram observados os intervalos de comprimento e circunferência dos substratos utilizados por estas abelhas. Na análise quanto às preferências pelo tipo de madeira foram observadas as proporções de uso destas em

relação ao total de substratos oferecidos.

Com o objetivo de avaliar possíveis influências das características do substrato sobre a arquitetura dos ninhos, utilizou-se análises de regressão simples entre o comprimento dos canais e o comprimento do substrato, e entre a soma da área transversal dos canais (área transversal do canal = $\pi \cdot r^2$; onde r = raio do canal) de cada ninho em função da área transversal de seu substrato (calculada à partir da circunferência (c): área transversal do substrato = $c^2/4 \cdot \pi$). A utilização da soma das áreas transversais dos canais, ao invés do número de canais por ninho, fez-se necessária para evitar o caráter discreto e a falta de balanceamento desta variável, viabilizando o uso do modelo de regressão linear (CALLEGARI-JAQUES, 2004).

Para a comparação do comprimento dos canais dos ninhos de *X. ordinaria* e *X. frontalis* construídos em madeira e ninhos de *X. frontalis* fundados em colmos de bambu, utilizou-se o teste Anova One-Way. Neste teste, duas sub amostras ($n = 9$) do comprimento do canal dos ninhos de *X. ordinaria* e *X. frontalis* escavados em madeira foram obtidas por aleatorização com o objetivo de balancear as amostras e diminuir a probabilidade de erro do tipo I na comparação (CALLEGARI-JAQUES, 2004).

Os dados de diâmetro da entrada dos ninhos e diâmetro interno dos canais dos ninhos de *X. ordinaria* e *X. frontalis* foram comparados por meio do Teste t de *Student* (bicaudal, $\alpha = 0,05$).

Para verificar possíveis diferenças estruturais entre células de cria de *X. ordinaria* e *X. frontalis* dados de comprimento, largura e volume das células foram comparados por meio do Teste t . Já na comparação destes mesmos dados entre células de machos e fêmeas, devido à morte de indivíduos em estágios onde o sexo ainda não podia ser diferenciado, foi utilizada uma sub-amostra de três células de cada sexo para cada espécie, sendo o Teste U de Wilcoxon-Mann-Whitney (WMW) o mais apropriado por ser adequado a amostras pequenas (CALLEGARI-JAQUES, 2004). O Teste U foi utilizado ainda na comparação do número de células de cria por ninho de *X. ordinaria* e *X. frontalis*.

Análises de regressão linear múltipla entre o tempo gasto nos vôos para coleta de pólen e néctar, e desidratação de néctar em função das características

microclimáticas de temperatura e umidade relativa foram realizadas para machos e fêmeas das duas espécies estudadas ($\alpha = 0,05$). Nestas análises, extraiu-se a raiz quadrada dos dados de tempo de duração de vôos para coleta de pólen e néctar e os dados de tempo de duração de desidratação de néctar sofreram transformação logarítmica para atender às premissas do modelo linear. Os dados transformados também foram utilizados nas análises de comparação do tempo investido nas atividades realizadas pelas espécies estudadas.

Com o objetivo de avaliar possíveis diferenças no tempo gasto nas atividades de coleta e desidratação de néctar entre machos e fêmeas de ambas as espécies, utilizou-se o teste Anova One-Way com estas variáveis em função da combinação sexo e espécie. A duração dos vôos realizados para coleta de pólen foram comparadas por meio do Teste *t* (bicaudal, $\alpha = 0,05$) entre fêmeas das duas espécies, já que somente estas coletam pólen.

Quando o teste Anova One-Way foi utilizado, as comparações entre médias foram feitas através do Teste HSD de Tukey (CALLEGARI-JAQUES, 2004).

Com o objetivo de comparar a razão sexual das populações de *X. ordinaria* e *X. frontalis* em relação à expectativa teórica de 1♂:1♀, utilizou-se o Teste de Chi-quadrado entre os valores da expectativa teórica e os valores encontrados para os indivíduos emergentes e as abelhas marcadas em vôo na população.

Referente às fontes de pólen utilizadas no provisionamento das células de cria, comparou-se a diversidade de morfotipos polínicos através do índice de Shannon-Wiener e a similaridade entre as espécies de *Xylocopa* com os índices de similaridade qualitativo de Sørensen e quantitativo de Morisita-Horn, sendo estes últimos mais robustos em suas respectivas análises (MAGURRAN, 1988). Calcularam-se, ainda, curvas de rarefação de espécies (com 1000 permutações) para os morfotipos polínicos utilizados pelas abelhas.

4. Resultados

4.1. Nidificação

4.1.1. Transferência dos Ninhos-Matriz e Fundação de Ninhos no Rancho de Criação de Abelhas

Após a transferência dos ninhos-matriz das áreas naturais para o Rancho de Criação de Abelhas, as fêmeas podiam persistir no ninho ou abandoná-lo no dia seguinte à transferência (Fig. 7). A permanência de fêmeas nidificantes foi de 42% para *X. ordinaria* e 50% para *X. frontalis*, enquanto as demais abandonaram os ninhos na área de estudo, provavelmente à procura de outros locais para nidificação. As fêmeas que persistiram em seus ninhos produziram novos indivíduos que nidificaram no Rancho de Criação de Abelhas ou abandonaram a área para procurar outros locais para construir seus ninhos.

As fêmeas de *X. frontalis* que nidificaram no Rancho de Criação de Abelhas contribuíram para um incremento de quase sete vezes o número inicial de ninhos instalados, enquanto as fêmeas de *X. ordinaria* quase duplicaram o número de ninhos de sua espécie (Fig. 7).

Ambas as espécies utilizaram os três tipos de madeira (*Eucalyptus* sp., *Pera glabrata* e *Terminalia* sp.) para escavar seus ninhos, enquanto os colmos de bambu foram utilizados somente por *X. frontalis* (Fig. 8). Embora a disponibilidade de substratos fosse alta (exceto para *Eucalyptus* sp.), com peças onde ninhos não foram fundados ao longo de todo o período de estudo, ocorreu nidificação das duas espécies em um mesmo substrato (1 – 6 ninhos) (Fig. 9).

O período de maior nidificação ocorreu entre Dez/2006 e Abr/2007 para *X. frontalis*, não sendo observado este período diferenciado para *X. ordinaria* (Fig. 10). Ambas as espécies apresentaram ninhos ativos ao longo do ano (Fig. 10).

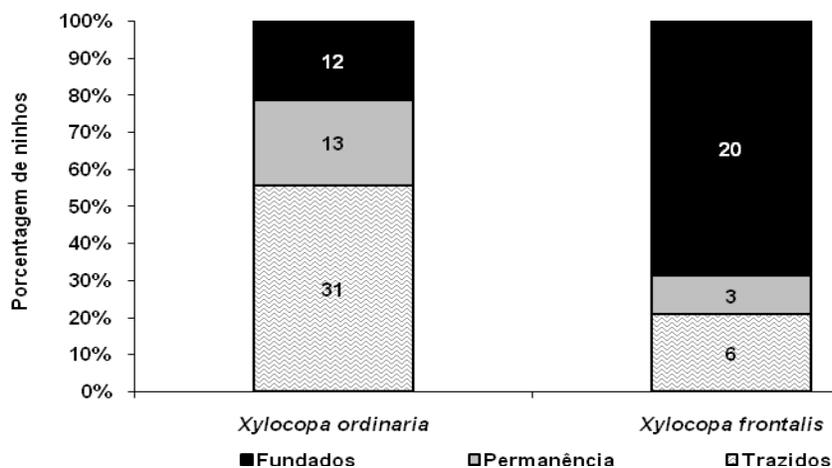


Figura 7. Porcentagem de ninhos de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* trazidos de três áreas-fonte, porcentagem de ninhos onde as fêmeas permaneceram nidificando após transferência para o Rancho de Criação de Abelhas e porcentagem de ninhos fundados no Rancho de Criação de Abelhas (números dentro das barras representam os valores absolutos do número de ninhos).

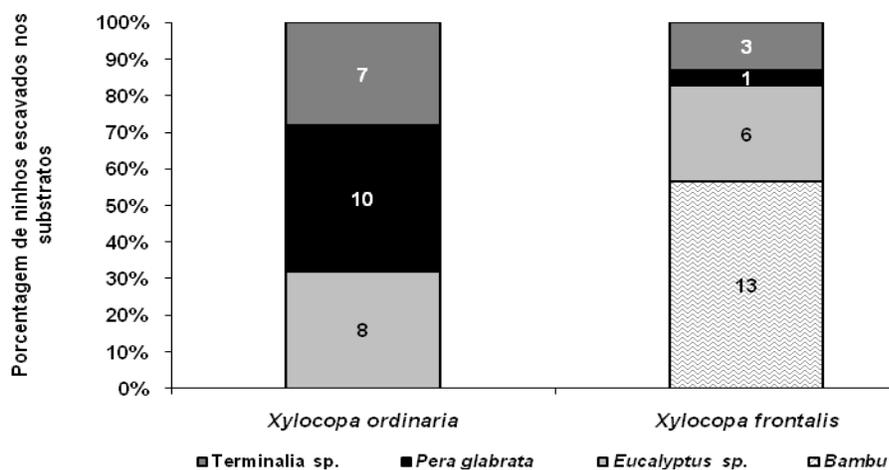


Figura 8. Porcentagem de ninhos de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* fundados em diferentes substratos no Rancho de Criação de Abelhas (números dentro das barras representam os valores absolutos do número de ninhos).

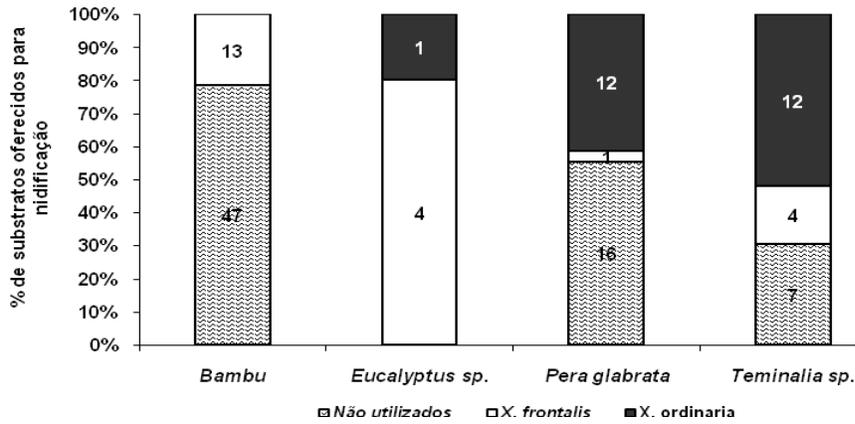


Figura 9. Porcentagem de utilização dos substratos oferecidos como atrativos à nidificação de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas (números dentro das barras representam os valores absolutos dos substratos utilizados).

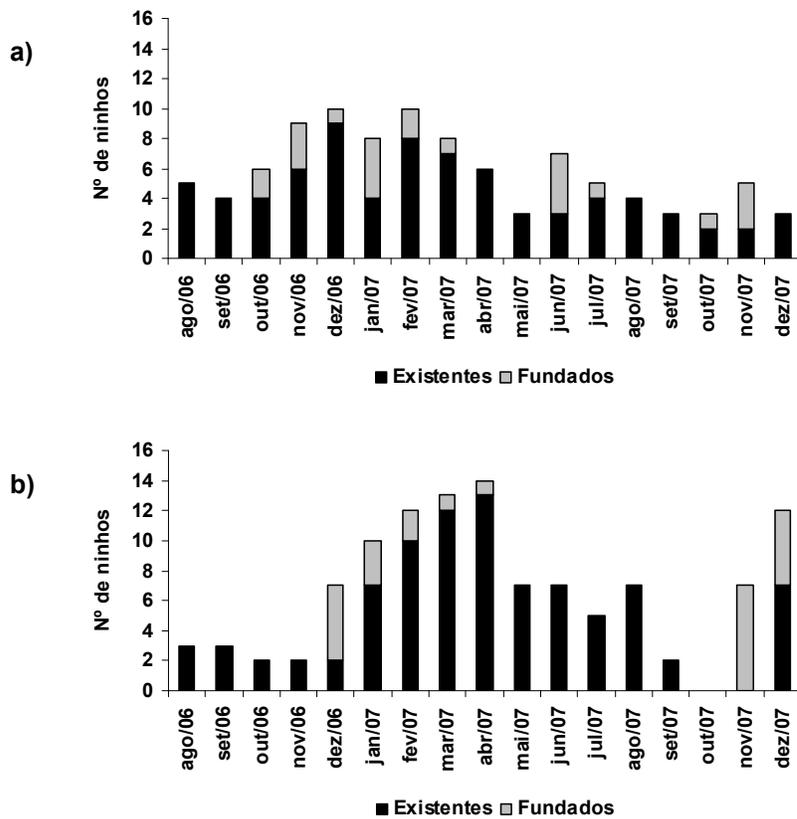


Figura 10. Número de ninhos de (a) *Xylocopa ordinaria* e (b) *Xylocopa frontalis* existentes e fundados no Rancho de Criação de Abelhas ao longo do período de observação.

4.1.2. Arquitetura dos Ninhos

Os ninhos de *X. ordinaria* foram fundados com maior frequência em substratos de madeira que apresentavam comprimento variando entre 35 cm e 100 cm e circunferência externa variando entre 10 cm e 20 cm (Fig. 11a). Já *X. frontalis* utilizou com menor frequência os substratos de madeira, não sendo possível estabelecer um intervalo de preferência para as características de comprimento e circunferência externa destes (Fig. 11a). Para os colmos de bambu utilizados por *X. frontalis*, observou-se maior nidificação em colmos de comprimento variando entre 15 cm e 27 cm e diâmetro interno variando entre 1,9 cm e 2,4 cm (Fig. 11b).

O diâmetro da entrada dos ninhos de *X. ordinaria* foi menor que o diâmetro da entrada dos ninhos de *X. frontalis*. Já o diâmetro dos colmos de bambu utilizados por *X. frontalis* foram, em média, maiores que o diâmetro observado para a entrada de seus ninhos escavados em madeira (Tab. 2; $F = 50,45$; GL = 2 a 19; $p < 0,000$).

O comprimento do substrato não influencia o comprimento dos canais escavados pelas espécies de *Xylocopa*, uma vez que este não variou em função do comprimento do substrato (*X. ordinaria*: $r^2 = 0,10$; $F = 2,05$; GL = 1 e 19; $p = 0,169$ \ *X. frontalis*: $r^2 = 0,05$; $F = 0,43$; GL = 1 e 7; $p = 0,535$) (Tab. 1 e 2; Fig. 12a).

Ambas as espécies de *Xylocopa* escavaram ninhos lineares e ramificados, com até três canais para *X. ordinaria* e cinco canais para *X. frontalis* (Tab. 2). O número de canais escavados em ninhos de *X. ordinaria* é função da circunferência do substrato ($r^2 = 0,45$; $F = 18,58$; GL = 1 e 23; $p < 0,000$), não sendo essa relação observada para *X. frontalis* ($r^2 = 0,36$; $F = 2,85$; GL = 1 e 5; $p = 0,152$) (Fig. 12b).

A comparação entre o comprimento dos canais de ninhos de *X. ordinaria* e *X. frontalis* escavados em madeira e os ninhos de *X. frontalis* escavados em colmos de bambu não evidenciou diferença significativa ($F = 2,18$; GL = 2 a 27; $p = 0,133$), indicando que os canais dos ninhos destas espécies são similares (Tab. 2).

Quando comparados em relação à área transversal e o volume do canal os ninhos de *X. ordinaria* foram menores que os de *X. frontalis* (Tab. 2; área transversal do canal ($t = 6,77$; GL = 59; $p < 0,000$); volume do canal ($t = 4,04$; GL = 59; $p < 0,000$)).

O número de células construídas por ninho de *X. ordinaria* e *X. frontalis* não diferiu significativamente (Tab. 2; $WMW_{\alpha=0,05;15,20} = 81$; $p > 0,05$). Entretanto, foi possível observar uma correlação positiva entre o comprimento do canal e o número de células em ninhos de *X. ordinaria* ($r^2 = 0,58$; $F = 39,4$; $GL = 1$ a 26 ; $p < 0,000$), mas não em ninhos de *X. frontalis* ($r^2 = -0,01$; $F = 0,86$; $GL = 1$ a 10 ; $p = 0,374$) (Fig. 13). Desta forma, o número médio de células por ninho das espécies de *Xylocopa* não diferiu, mas o número de células de *X. ordinaria* foi maior em ninhos que apresentaram canais de maior comprimento.

A comparação da espessura do opérculo de fechamento ($t = 3,47$; $GL = 41$; $p = 0,001$), comprimento ($t = 7,20$; $GL = 76,08$; $p < 0,000$), largura ($t = 14,29$; $GL = 83,45$; $p < 0,000$) e volume ($t = 13,60$; $GL = 53,57$; $p < 0,000$) das células de cria das espécies de *Xylocopa* revelou que todas essas variáveis são menores para *X. ordinaria* em comparação à *X. frontalis* (Tab. 3).

Diferenças significativas entre células de machos e fêmeas não foram encontradas nem para *X. ordinaria* (comprimento $WMW_{\alpha=0,05;3,3} = 0$; $p = 0,07$; largura $WMW_{\alpha=0,05;3,3} = 6$; $p = 0,70$; volume $WMW_{\alpha=0,05;3,3} = 0$; $p = 0,10$), nem para *X. frontalis* (comprimento $WMW_{\alpha=0,05;3,3} = 8$; $p = 0,20$; largura $WMW_{\alpha=0,05;3,3} = 9$; $p = 0,10$; volume $WMW_{\alpha=0,05;3,3} = 9$; $p = 0,10$) (Tab. 4).

Tabela 1. Comprimento e circunferência dos diferentes substratos utilizados e não-utilizados por *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas (medidas em cm; valores = intervalo de variação (média ± desvio padrão, n= número de substratos medidos)).

Substrato	Espécie	Comprimento dos substratos fornecidos	Comprimento dos substratos utilizados	Circunferência dos substratos e diâmetro interno dos colmos de bambu fornecidos	Circunferência dos substratos e diâmetro interno dos colmos de bambu utilizados
Bambu	<i>X. ordinaria</i>	13,0 – 29,0	-	-	-
	<i>X. frontalis</i>		15,5 - 27,0 (20,8±4,3; n=12)	1,41 – 2,63	1,41 - 2,63 (2,0±0,1;n=12)
<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>X. ordinaria</i>		50,0 (n=1)		34,0 (n=1)
	<i>X. frontalis</i>	49,50 – 150,0	49,50 – 150,0 (98,7±46,1; n=8)	28,0 – 39,9	28,0 - 39,9 (33,7±4,9; n=8)
<i>Pera glabrata</i>	<i>X. ordinaria</i>	16,0 – 106,0	16,0 – 105,0 (65±24,9; n=18)		8,1 – 18,0 (12,9±12,6; n=18)
	<i>X. frontalis</i>		80,0 (n=1)	8,1 – 20,50	12,9 (n=1)
<i>Terminalia sp.</i>	<i>X. ordinaria</i>		37,5 – 204,0 (101,4±53,1; n=13)		13,0 – 27,0 (20,2±4,4; n=13)
	<i>X. frontalis</i>	37,5 – 204,0	86,5-120,0 (108,8±19,3;n=3)	12,50 – 27,0	25,2-27,0 (26,1±0,9;n=3)

Tabela 2. Caracterização da arquitetura e comparações entre ninhos de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* escavados em diferentes substratos no Rancho de Criação de Abelhas (valores = intervalo de variação (média ± desvio padrão, n= número mensurações); letras sobrescritas indicam igualdade ou diferença de médias entre espécies e substratos, segundo o teste Anova para todos os parâmetros, exceto “número de células por ninho”, analisado pelo teste U de Wilcoxon-Mann-Whitney, $\alpha=0,05$)

Substrato	Espécie	Diâmetro da entrada do ninho (cm)	Comprimento do Canal (cm)	Área do Canal (cm ²)	Volume do Canal (cm ³)	Nº de células por ninho	Nº de canais
Bambu	X. <i>ordinaria</i>	-	-	-	-	-	-
	X. <i>frontalis</i>	1,84-2,16 (1,97±0,09;n=9) ^a	15,00-25,50 (22,69±3,46;n=9) ^a	1,84-2,16 (1,97±0,09;n=9) ^a	45,23-77,64 (69,44±14,01;n=9) ^a	1-6 (2±2;n=9) ^a	-
<i>Eucalyptus</i> sp.	X. <i>ordinaria</i>	-	-	-	-	-	-
	X. <i>frontalis</i>	1,64-1,89 (1,73±0,14;n=3) ^b	7,70-20,50 (14,46±4,81;n=7) ^a	2,95-4,15 (3,55±0,44; n=7) ^b	26,66-72,57 (50,76±14,78;n=7) ^a	1-9 (5±4;n=4) ^a	1-5 (3±2;n=3)
	X. <i>ordinaria</i>	1,06-1,43 (1,20±0,11;n=16) ^c	9,22-27,91 (14,41±5,95;n=22) ^a	1,67-3,14 (2,25±0,38;n=22) ^b	18,76-66,84 (40,01±17,14;n=22) ^b	1-9 (5±2;n=13) ^a	1-3 (1±1,16)
<i>Pera glabrata</i>	X. <i>frontalis</i>	-	-	-	-	-	-
	X. <i>ordinaria</i>	1,14-1,70 (1,27±0,20;n=7) ^c	14,86-35,50 (20,97±7,14;n=8) ^a	1,91-3,46 (2,74±0,56;n=8) ^b	31,43-86,32 (57,27±20,79;n=8) ^b	4-10 (6±2;n=7) ^a	1-2 (1±1;n=7)
<i>Terminalia</i> sp.	X. <i>frontalis</i>	1,33-2,04 (1,67±0,36;n=3) ^b	16,45-28,60 (21,18±4,92;n=5) ^a	1,91-3,33 (2,88±0,59;n=5) ^a	31,43-95,27 (62,83±24,56;n=5) ^a	6 (6±0;n=2) ^a	1-3 (2±1;n=3)

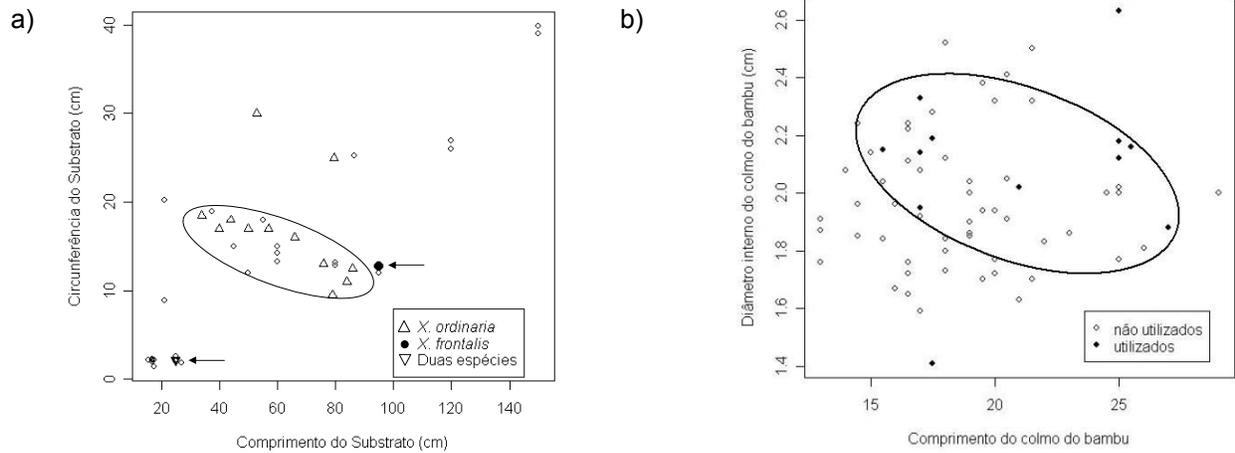


Figura 11. Substratos fornecidos e utilizados para nidificação por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas (a- substratos de madeira (*Eucalyptus* sp., *Pera glabrata* e *Terminalia* sp; b- colmos de bambu fornecidos e utilizados por fêmeas de *Xylocopa frontalis*)

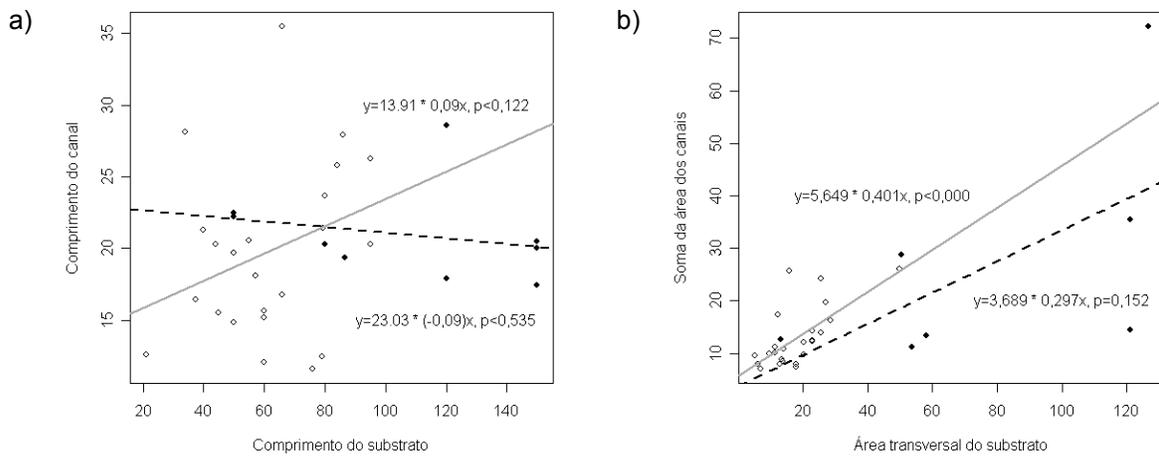


Figura 12. Regressão do comprimento do canal de ninhos em função do comprimento do substrato (a) e da soma das áreas dos canais de ninhos em função da área transversal do substrato (b) no Rancho de Criação de Abelhas (*Xylocopa ordinaria* = pontos brancos e linha cinza; *Xylocopa frontalis* = pontos pretos e linha tracejada preta).

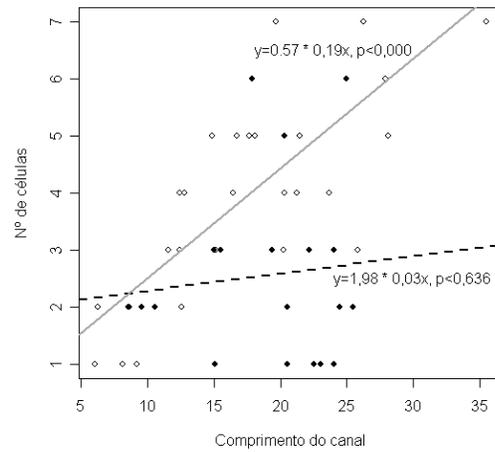


Figura 13. Gráfico de correlação entre o número de células e o comprimento do canal dos ninhos de *Xylocopa ordinaria* (pontos brancos e linha cinza) e *Xylocopa frontalis* (pontos pretos e linha tracejada preta) no Rancho de Criação de Abelhas.

Tabela 3. Caracterização e comparações de médias de medidas das células de cria de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* (Teste t; letras sobrescritas indicam igualdade ou diferença de médias entre espécies; valores = intervalo de variação (média ± desvio padrão, n= número mensurações)).

	<i>X. ordinaria</i>	<i>X. frontalis</i>
Comprimento da célula (cm)	1,27-2,60 (1,92±0,27;n=73) ^a	1,79-2,97 (2,35±0,33;n=44) ^b
Diâmetro da célula (cm)	1,32-2,10 (1,64±0,13;n=73) ^a	1,60-2,30 (2,02±0,14;n=44) ^b
Volume da célula (cm³)	1,97-6,39 (4,10±0,73;n=73) ^a	4,02-10,92 (7,59±1,61;n=44) ^b

Tabela 4. Caracterização da arquitetura e comparações de médias de parâmetros das células de cria de machos e fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* (Teste U de Wilcoxon-Mann-Whitney; letras sobrescritas indicam igualdade ou diferença de médias entre espécies; valores = intervalo de variação (média ± desvio padrão, número mensurações = 3 para todas as variáveis)).

Parâmetros das células	<i>X. ordinaria</i>		<i>X. frontalis</i>	
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos
Comprimento (cm)	1,82±0,16 ^a	2,24±0,10 ^a	2,54±0,31 ^b	2,08±0,25 ^b
Diâmetro (cm)	1,61±0,04 ^a	1,61±0,10 ^a	2,19±0,09 ^b	1,96±0,07 ^b
Volume (cm ³)	3,73±0,36 ^a	4,58±0,51 ^a	9,54±0,46 ^b	6,24±0,40 ^b

4.2. Comportamentos de Nidificação

4.2.1. Escavação de ninhos

As fêmeas das duas espécies que escavaram seus ninhos em substratos de madeira apresentaram comportamento bastante similar. Portanto, o comportamento aqui descrito é válido para as duas espécies de *Xylocopa*.

No momento da escolha do substrato de nidificação, a fêmea realiza diversos vôos, com duração variável, nas proximidades e circundando o substrato inspecionado. Nestes vôos, ela percorre parte do substrato, se aproximando a distâncias menores que 5 cm e se distanciando até 15 cm do substrato em questão. Após esses vôos de inspeção, a fêmea pode pousar e caminhar sobre o substrato. Ela pode então, abandonar o substrato e recomeçar os vôos de inspeção, ou começar a escavar a superfície do substrato.

A escavação pode ocorrer na parte lateral ou inferior do substrato, mas nunca ocorre em sua porção superior. Na escavação, a fêmea se apóia ao substrato com as pernas médias e posteriores, escava a madeira com as mandíbulas e usa as pernas anteriores para auxiliar na retirada de pequenas lascas de madeira.

O período de escavação é determinante na utilização, ou não, do substrato, pois a fêmea pode abandoná-lo mesmo após ter iniciado este processo. Este fato fica evidenciado por marcas de começo e abandono de escavações presentes em diferentes substratos.

Quando a fêmea persiste na escavação do substrato, ela pode permanecer nesta atividade por até três dias (média = 2 ± 1 ; n = 4), quando realiza apenas dois vôos para alimentação, sendo todo o tempo restante investido na escavação do substrato. Um fluxograma do comportamento de escolha do substrato é fornecido na Figura 14.

À medida que o canal é escavado, a fêmea gira em torno de seu eixo longitudinal, de forma que o canal tome uma forma cilíndrica. Enquanto o canal aprofunda-se na madeira, a serragem retirada do ponto de escavação acumula-se em seu interior, sendo o excesso retirado pela fêmea. Neste comportamento, a fêmea desloca as pequenas lascas de madeira com as pernas anteriores, transferindo-as para a parte ventral de seu corpo. Com as pernas médias, posteriores e o abdômen ela conduz as lascas de madeira para fora do ninho. Neste período da escavação é possível encontrar um acúmulo deste material na área externa ao ninho (Fig. 15).

A reutilização de ninhos abandonados representou 27% dos ninhos fundados por *X. ordinaria* e 33% dos ninhos fundados por *X. frontalis* (ver item 4.2.4.) e o comportamento de ocupação destes foi muito similar à ocupação de colmos de bambu realizada por *X. frontalis*. Desta forma, este comportamento é descrito conjuntamente.

A reutilização de ninhos abandonados e de colmos de bambu pode ser interpretada como a utilização de uma cavidade pré-existente. Sendo assim, observou-se que a fêmea ao chegar à cavidade faz vôos de reconhecimento a frente de sua entrada, aproximando-se a distâncias de até 5 cm e afastando-se a distâncias de até 15 cm, similarmente ao observado na escolha de substratos de madeira. Entretanto, ao invés da fêmea pousar e caminhar sobre o substrato, ela pousa na entrada da cavidade, insere a cabeça dentro do canal e, se não houver outro indivíduo em seu interior, entra na cavidade.

Ao entrar na cavidade, a fêmea percorre o caminho até sua parte distal e retorna à entrada, repetindo este comportamento por até três vezes (média = 2 ± 1 ; n = 14). A

partir daí, ela pode abandonar a cavidade e recomeçar o processo de procura por substratos de nidificação ou permanecer em seu interior.

As fêmeas que permanecem no interior da cavidade começam um processo de limpeza do canal, no qual retiram teias de aranha e outros materiais indeterminados que podem estar dentro da cavidade. No caso da reutilização de ninhos abandonados, as fêmeas podem, ainda, retirar restos de opérculos, imaturos e aprovisionamentos encontrados no interior do canal. Este comportamento de limpeza de cavidades pré-existentes dura apenas alguns minutos nos colmos de bambu e não mais que uma hora nos ninhos abandonados. Após a limpeza da cavidade, as fêmeas podem permanecer alguns dias em seu interior, realizando apenas um ou dois vôos para se alimentar, ou já começar as atividades de coleta de recursos para o aprovisionamento de células de cria (Fig. 14).

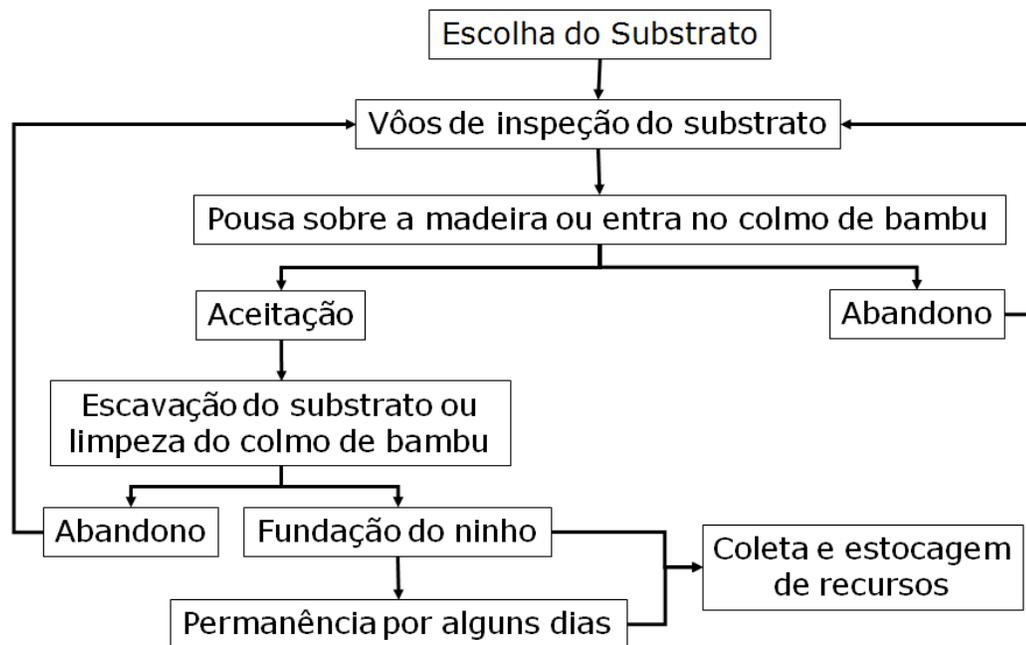


Figura 14. Fluxograma das atividades desenvolvidas durante a escolha do substrato para nidificação das fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis*.

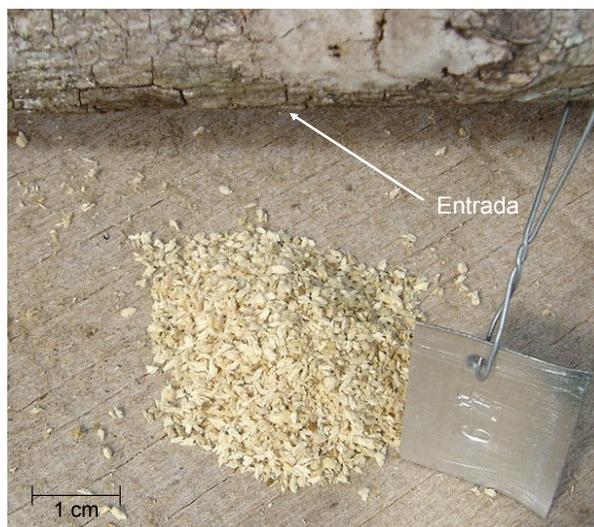


Figura 15. Lascas de madeira acumuladas próximo à entrada de um ninho de *Xylocopa ordinaria* caracterizando a fase de escavação de canais do ninho.

4.2.2. Atividade das fêmeas nos ninhos

As fêmeas permanecem a maior parte do tempo em atividades dentro do ninho, seguidas de coletas de néctar, pólen e desidratação de néctar (Fig. 16).

Em ambas as espécies, os ninhos ativos podiam ser observados ao longo de todo o ano (Fig. 17 e Fig. 18). Entretanto, nenhum ninho permaneceu ativo durante todo o período de observação. Desta forma, o número de ninhos variava na medida em que ninhos eram abandonados, escavados ou reativados pelas fêmeas.

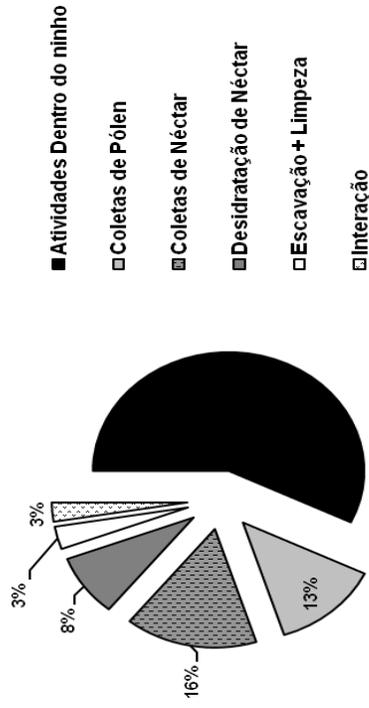
O número de ninhos ativos de *X. ordinaria* apresentou maior constância ao longo do ano quando comparado com o número de ninhos ativos de *X. frontalis*. Os ninhos de *X. ordinaria* e *X. frontalis* podem ser efêmeros ou persistirem por muitos meses, enquanto que os ninhos de *X. ordinaria* apresentam maior renovação que os ninhos de *X. frontalis* (Fig. 17 e Fig. 18). Mesmo assim, é possível verificar um período de maior número de nidificações e aprovisionamento entre out/2006 e mar/2007 para *X. ordinaria*, e entre jan e abr/2007 para *X. frontalis*. Os períodos de maior nidificação das espécies de *Xylocopa* e da ocorrência de machos na população coincidiu com o período de temperaturas mais elevadas.

Fêmeas das duas espécies reutilizaram substratos previamente escavados por

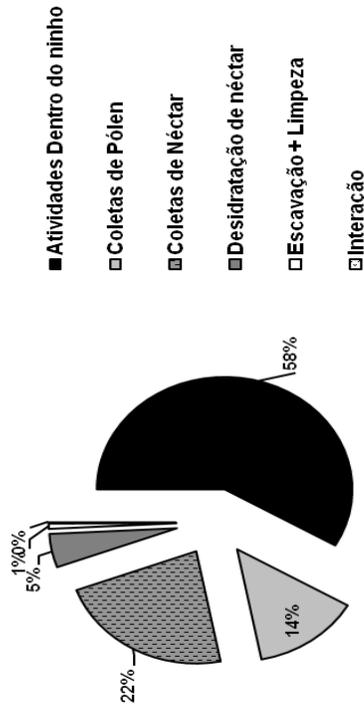
outras fêmeas a uma taxa de 27% para *X. ordinaria* e de 33% para *X. frontalis*, podendo este comportamento ser caracterizado como reutilização dos ninhos. Ninhos escavados em todos os tipos de substratos oferecidos podiam ser reutilizados, até mesmo os colmos de bambu. A reutilização de ninhos restringiu-se aos ninhos escavados por fêmeas da mesma espécie. Também foi possível observar a permanência de machos de *X. ordinaria* (n = 2; Fig. 17) e de *X. frontalis* (n = 4; Fig. 18) em ninhos desativados.

A coleta de néctar ocorreu em todos os períodos em que um ninho se encontrava ativo, enquanto a coleta de pólen e a desidratação de néctar restringiram-se aos períodos em que o ninho está sendo provisionado. Desta forma, é possível identificar quais dos ninhos encontravam-se em fase de construção de células de cria e quais continham somente indivíduos adultos (Fig. 17 e Fig. 18).

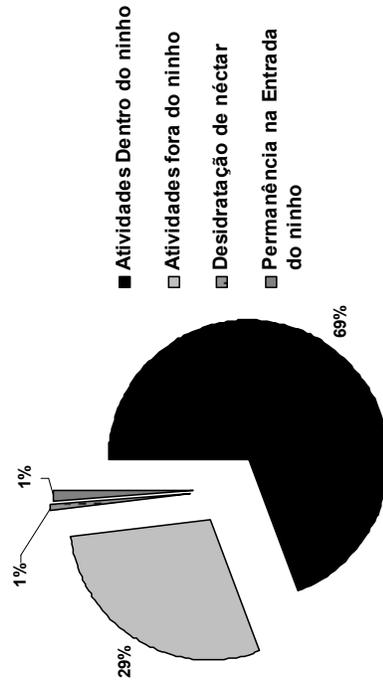
a) Fêmeas de *Xylocopa ordinaria*



b) Fêmeas de *Xylocopa frontalis*



c) Machos de *Xylocopa ordinaria*



d) Machos de *Xylocopa frontalis*

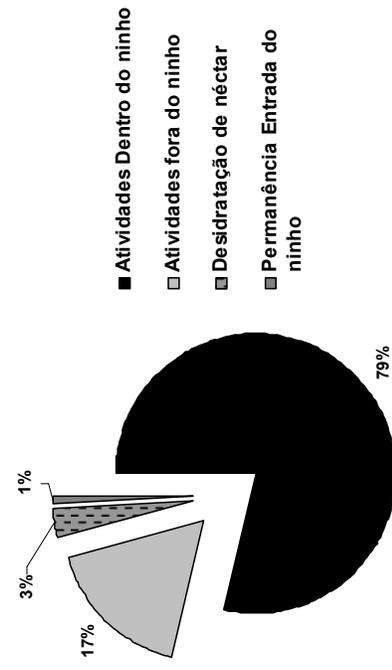


Figura 16. Porcentagem de tempo investido em diferentes atividades realizadas por fêmeas e machos de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas.

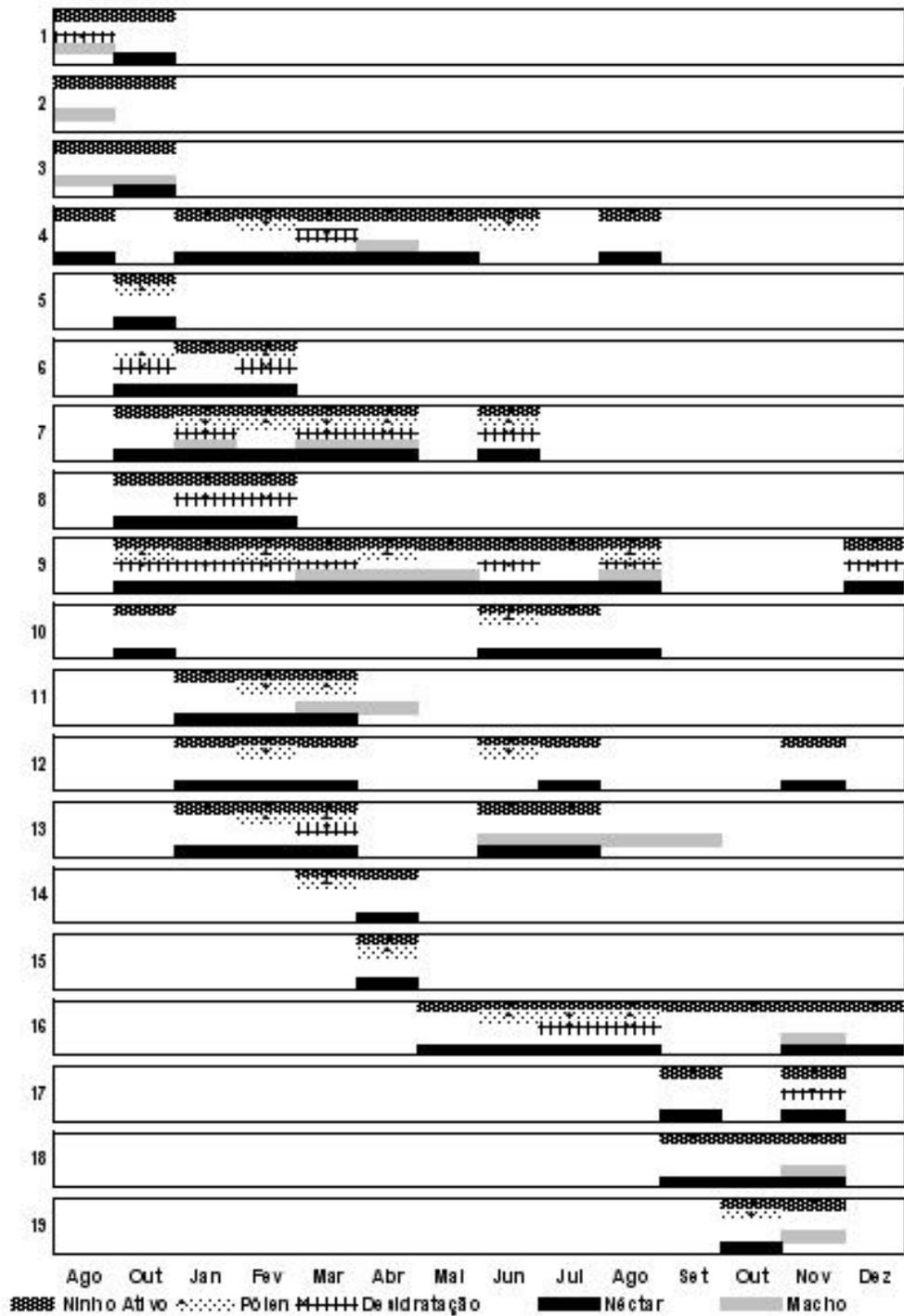


Figura 17. Atividade em ninhos de *Xylocopa ordinaria* no Rancho de Criação de Abelhas. Coletas de pólen e desidratação de néctar identificam os períodos reprodutivos em cada ninho, e a reutilização ocorreu nos ninhos 9, 10, 12 e 13, onde não se observou comportamentos por mais de dois meses.

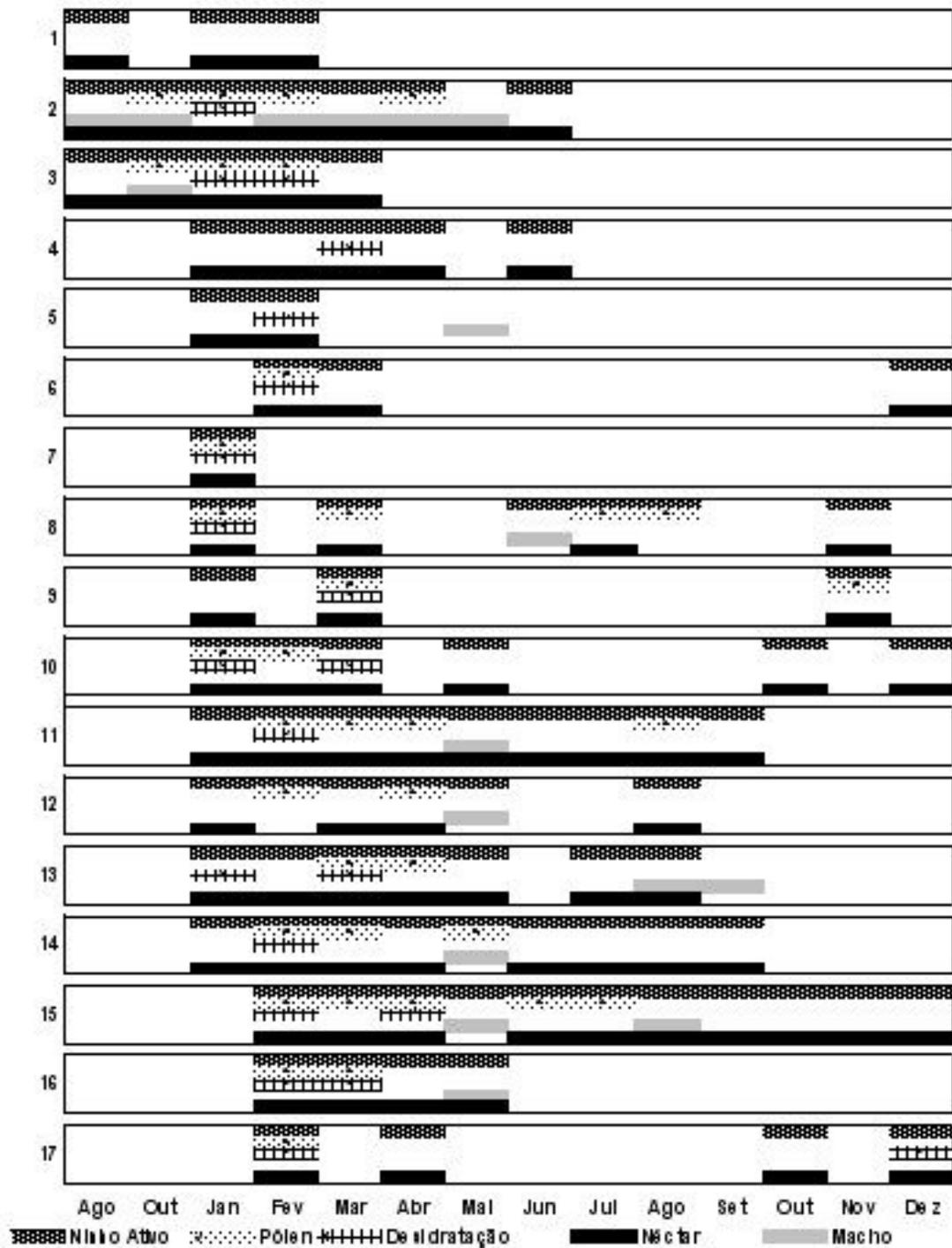


Figura 18. Atividade em ninhos de *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas. Coletas de pólen e desidratação de néctar identificam os períodos reprodutivos em cada ninho, e a reutilização ocorreu nos ninhos 6, 8, 9 e 10, onde não se observou comportamentos por mais de dois meses.

O número médio de vôos para coleta de pólen realizados por fêmeas de *X. ordinaria* ao longo do ano variou entre zero e dois vôos por dia. Entretanto, algumas fêmeas podiam realizar até seis vôos para coleta deste recurso em um único dia (Fig. 19a). Já o número médio de vôos por dia para coleta de pólen realizados por fêmeas de *X. frontalis* variou entre zero e três, podendo atingir um valor máximo de oito vôos em um único dia (Fig. 20a).

O número de vôos realizados por fêmea para coleta de néctar variou entre um e cinco para *X. ordinaria*, e entre um e três para *X. frontalis*. Sendo 13 o valor máximo observado para *X. ordinaria* e 10 para *X. frontalis* (Fig. 19b e 20b).

Quanto à desidratação de néctar realizada por estas abelhas, *X. ordinaria* e *X. frontalis* diferiram quanto ao período do ano em que realizavam essa atividade. *Xylocopa ordinaria* realizou este comportamento ao longo do ano, exceto nos meses de Set/2007 e Out/2007, enquanto *X. frontalis* concentrou esta atividade no período entre Jan/2007 e Abr/2007. A frequência média diária de desidratação variou entre zero e dois para ambas as espécies, sendo os valores máximos iguais a oito e quatro para *X. ordinaria* e *X. frontalis*, respectivamente (Fig. 19c e 20c).

Através da multiplicação do número médio das atividades pelo número de ninhos efetuando determinada atividade e pelo número de dias em um mês (30 dias) é possível obter uma estimativa do número de vezes em que as diferentes atividades foram realizadas pelas fêmeas de *Xylocopa* ao longo do ano (Fig. 21). É possível, ainda, observar que as coletas de néctar são mais freqüentes, seguidas das coletas de pólen e por último a desidratação de néctar.

Contrastando a Figura 16 com as Figuras 19, 20 e 21 observa-se que *X. frontalis* foi mais ativa na estação chuvosa que na estação seca, e que *X. ordinaria* apresenta altas taxas de atividade até mesmo na estação seca. Entretanto, na estação chuvosa *X. frontalis* é mais ativa que *X. ordinaria*.

Considerando as atividades diárias realizadas por cada fêmea, observa-se uma pequena flutuação das freqüências das atividades em função do horário do dia (Fig. 22). Entretanto, quando as estações chuvosa e seca são comparadas, percebe-se que as atividades da estação seca são concentradas em um menor intervalo de horários ao

longo do dia, porém com freqüências muito similares aos dias do período quente.

Na estação chuvosa, as coletas de pólen realizadas por fêmeas de *X. ordinaria* ocorreram com pequena flutuação entre 6h e 15h, não sendo observada no horário das 11h. A desidratação de néctar ocorreu com maior freqüência entre 8h e 10h e as coletas de néctar apresentaram picos de atividade às 6h e entre 12h e 16h. Já na estação seca, as coletas de pólen restringiram-se ao período entre 7h e 9h, a desidratação de néctar apresentou um pico no período das 13h e a freqüência das coletas de néctar flutuaram, de forma decrescente, no período entre 6h e 15h. Embora essas variações tenham sido observadas entre as estações chuvosa e seca para *X. ordinaria*, não existiu correspondência clara da freqüência das atividades com as variações de temperatura e umidade relativa ao longo do dia.

As fêmeas de *X. frontalis* apresentaram maior flutuação na freqüência de coleta de pólen entre os horários da estação chuvosa, com os maiores valores sendo alcançados nas primeiras horas da manhã e às 15h. Na estação seca, as coletas de pólen ocorreram somente na parte da manhã, entre 8h e 11h. Aparentemente, a freqüência das coletas de pólen correlaciona-se com as variações de temperatura e umidade relativa, sendo mais freqüente em temperaturas mais amenas e umidade relativa mais elevada. A desidratação de néctar foi observada somente na estação chuvosa, atingindo um pico às 13h. Já a coleta de néctar apresentou grande variação na freqüência entre os horários do dia e ocorreu em um menor intervalo de horários na estação seca.

A duração dos vôos para coleta de pólen realizados por fêmeas de *X. frontalis* apresentou-se fracamente influenciada pela temperatura e umidade relativa, mas os vôos de *X. ordinaria* não apresentaram tal relação ($r^2 < 0,10$; Tab. 5). Já as coletas de néctar apresentaram-se fracamente associadas à temperatura para *X. ordinaria* e à temperatura e interação entre temperatura e umidade relativa para *X. frontalis*. Esta fraca regressão não é capaz de determinar a duração das atividades, mas é capaz de interferir de forma positiva nelas.

O tempo investido por fêmeas na coleta de pólen e néctar não diferiu significativamente entre os comportamentos e nem entre as espécies (Tab. 6)

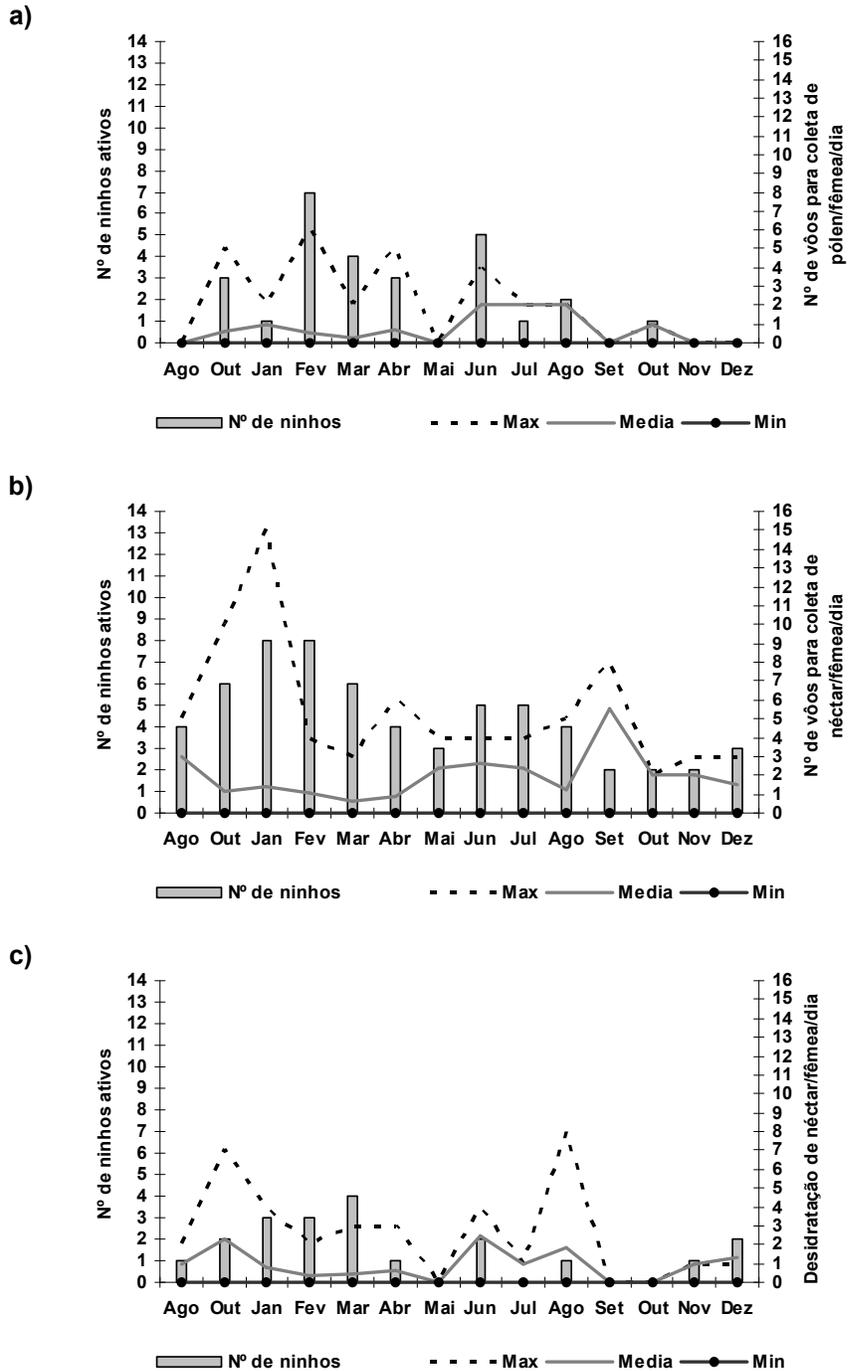


Figura 19. Frequência de atividades desenvolvidas por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* em ninhos e número de ninhos ativos no Rancho de Criação de Abelhas em relação aos meses de observação (a- forrageio por pólen; b- forrageio por néctar; c- desidratação de néctar).

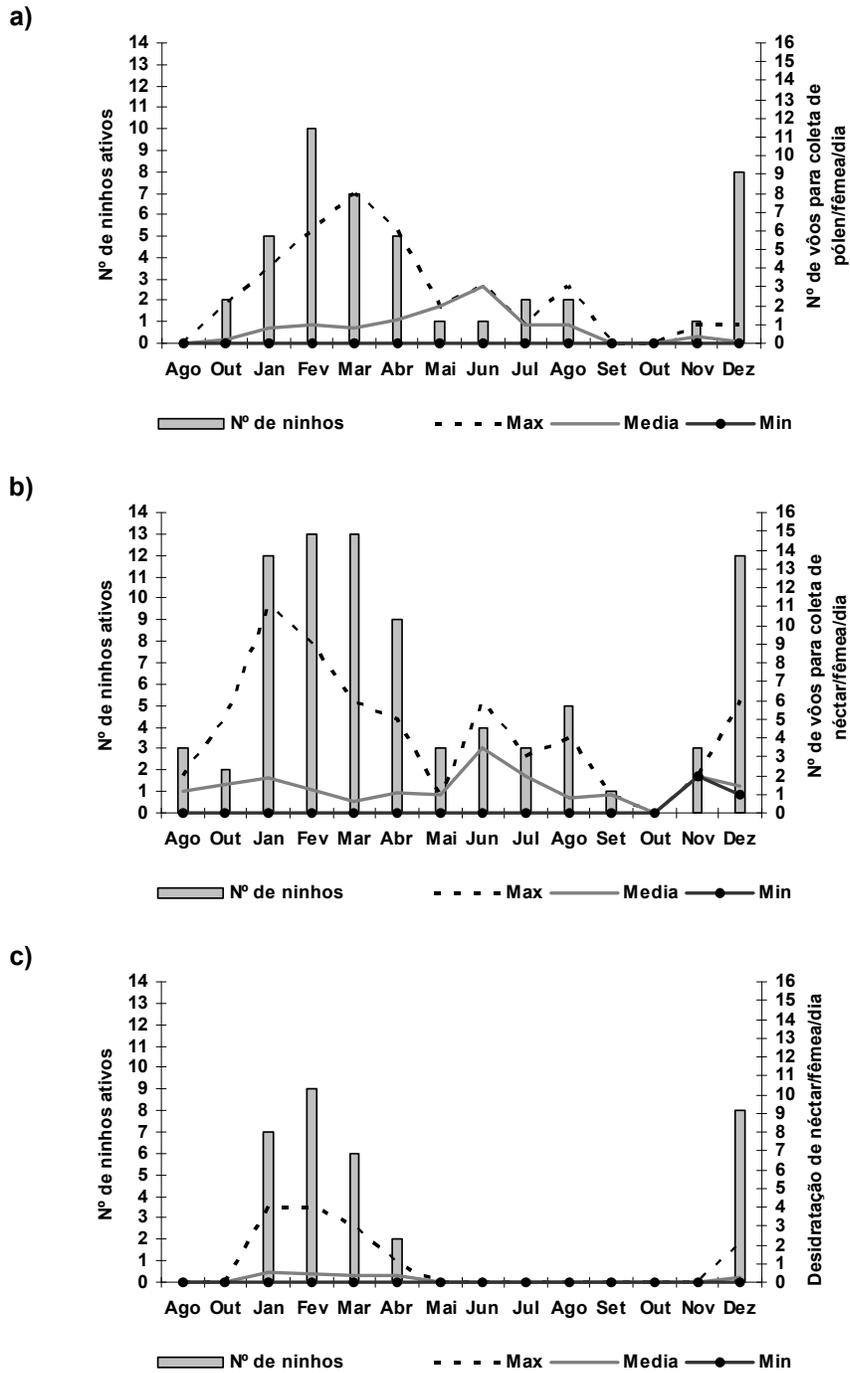


Figura 20. Frequência de atividades desenvolvidas por fêmeas de *Xylocopa frontalis* em ninhos e número de ninhos ativos no Rancho de Criação de Abelhas em relação aos meses de observação (a- forrageio por pólen; b- forrageio por néctar; c- desidratação de néctar).

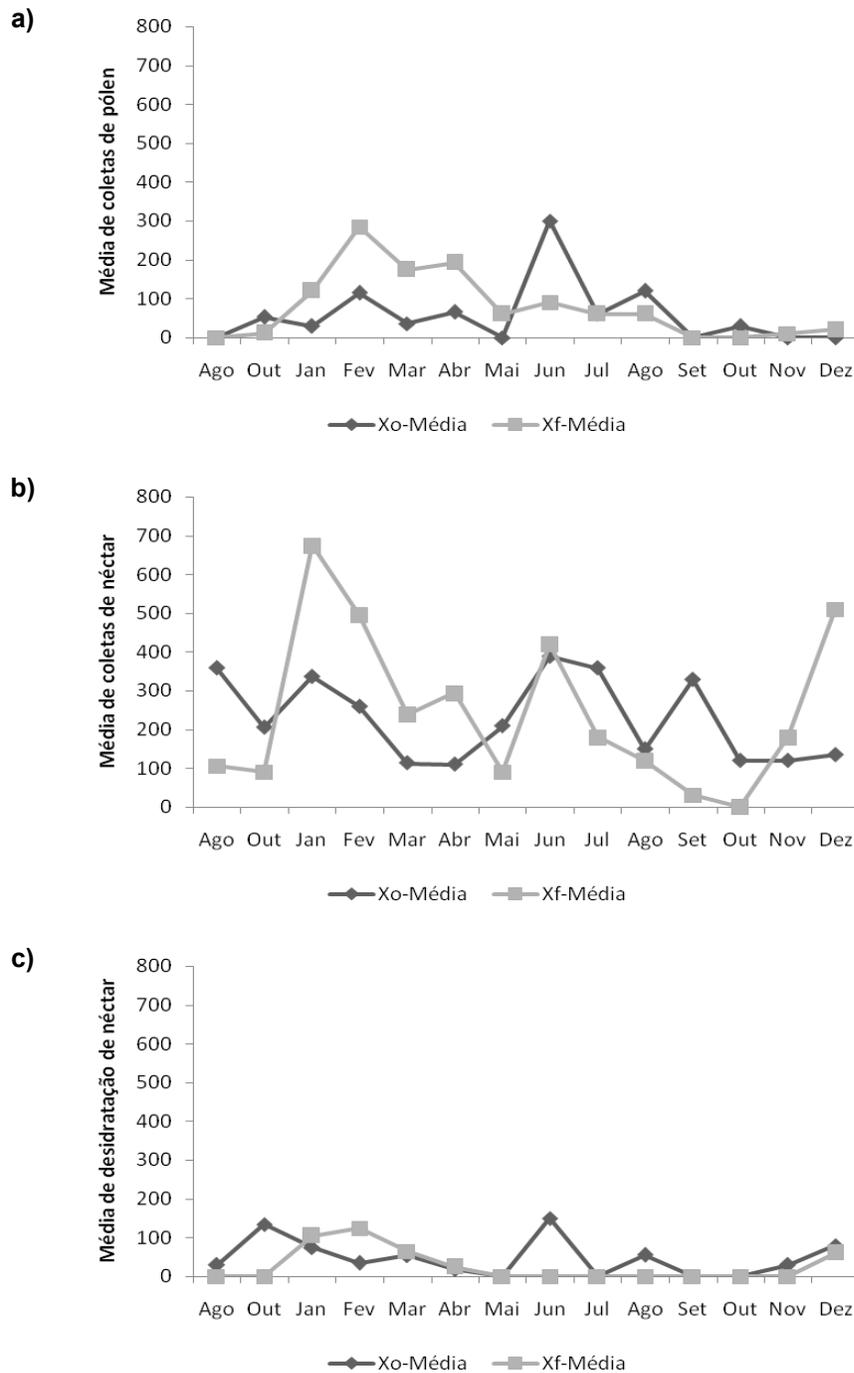


Figura 21. Estimativa de freqüência média de ocorrência das diferentes atividades realizadas por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* (Xo) e *Xylocopa frontalis* (Xf) ao longo dos meses de observação no Rancho de Criação de Abelhas (a- forrageio por pólen; b- forrageio por néctar; c- desidratção de néctar).

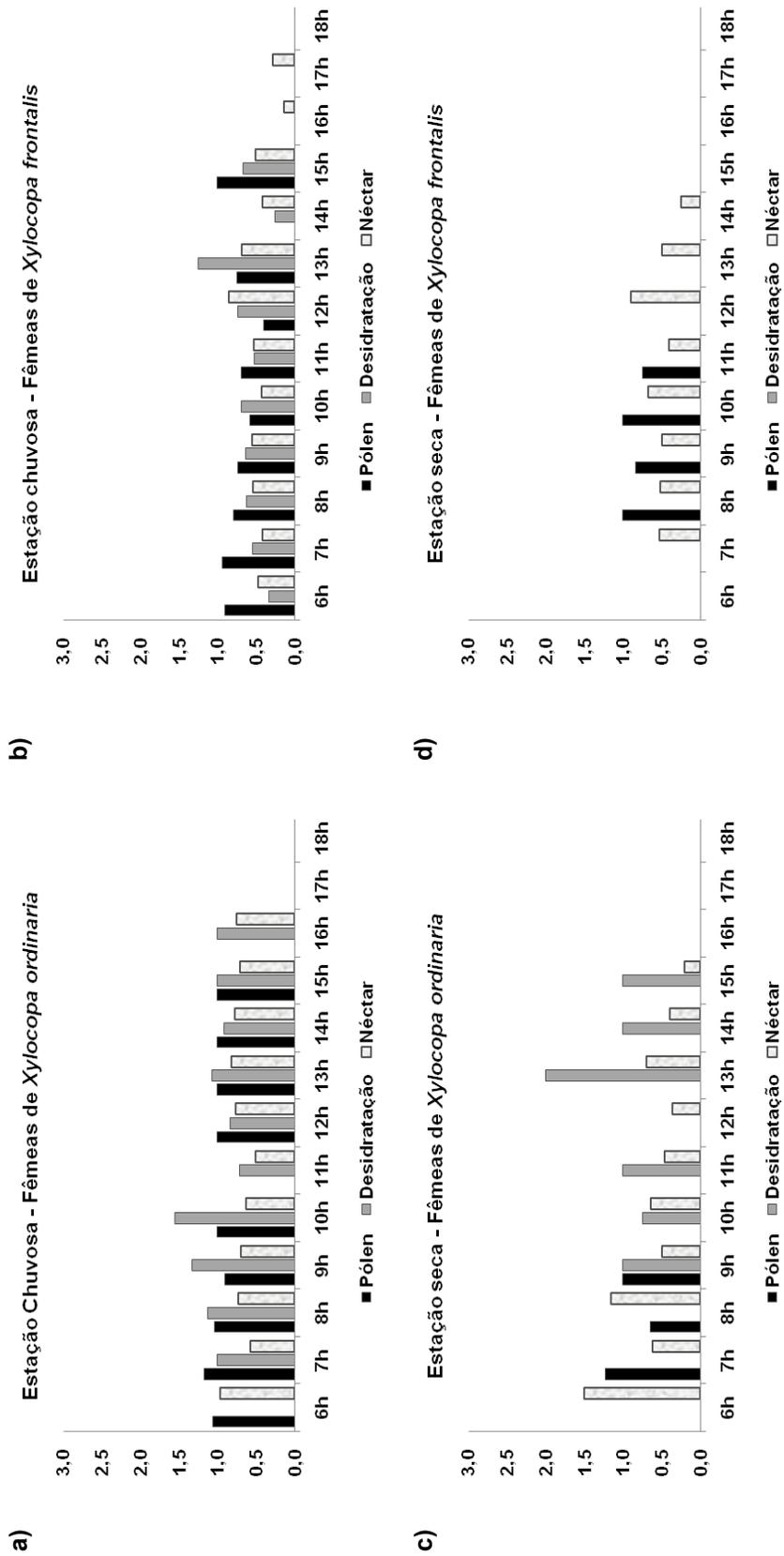


Figura 22. Média da frequência de ocorrência das atividades de forrageio por pólen, desidratação de néctar e forrageio por néctar por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* em relação ao intervalo de horas do dia.

Tabela 5. Regressão do tempo de duração dos vôos realizados por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* para forrageio por pólen e néctar em função das variáveis temperatura (T°C) e umidade relativa (UR%) e suas interações (* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$).

Espécie	Atividade	Variável Climática	r^2	P
<i>X. ordinaria</i>	Coleta de Pólen	T°C		0,098
		UR%	0,02	0,347
		T° x UR%		0,247
	Coleta de Néctar	T°C		0,011*
		UR%	0,02	0,858
		T° x UR%		0,866
<i>X. frontalis</i>	Coleta de Pólen	T°C		0,047*
		UR%	0,05	0,012*
		T° x UR%		0,250
	Coleta de Néctar	T°C		0,006**
		UR%	0,04	0,284
		T° x UR%		0,003**

Tabela 6. Tempo de duração (em segundos) dos vôos para forrageio por pólen e néctar realizados por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas (letras sobrescritas indicam igualdade entre médias; valores = intervalo de variação em segundos (média \pm desvio padrão, n = número mensurações)) e comparação da média do tempo de duração entre espécies e atividades.

	<i>Xylocopa ordinaria</i>	<i>Xylocopa frontalis</i>
Coleta de Pólen	70 – 5.215 (1.229 \pm 1.140;n=75) ^a	190-4.980 (2.007 \pm 2.392;n=75) ^a
Coleta de Néctar	62 – 11.038 (1.878 \pm 2.344;n=75) ^a	93 – 12.828 (2.441 \pm 2.871; n=75) ^a
Anova One-Way	F = 2,48; GL= 3 e 296; p = 0,061	

Para compreender a atividade diária de construção e provisionamento de células de cria, é possível visualizar a seqüência de eventos realizados pelas fêmeas de *X. ordinaria* e *X. frontalis* em ninhos utilizados como exemplo (Fig. 23 e 24).

Nas Figuras 23 e 24 observa-se que os vôos para coleta de pólen geralmente são realizados primeiro, mas têm a mesma duração que as coletas de néctar em ambas as espécies (Tab. 7). Após a primeira coleta de pólen, as fêmeas retornam ao ninho e permanecem em seu interior por um intervalo de tempo menor que nas coletas consecutivas. Supostamente, o pólen coletado no primeiro vôo é depositado no interior do ninho sem ser trabalhado pela fêmea. Portanto, o tempo gasto no interior do ninho seria o mínimo necessário para efetuar o descarregamento do pólen na célula de cria. Nas próximas vezes que a fêmea retorna com pólen, ela gasta um tempo variável no interior do ninho (maior ou menor), supostamente agrupando o pólen recém-trazido com o pólen que já se encontra no seu interior, ou só depositando o pólen no interior do ninho. Após efetuar número variado de coletas de pólen, a fêmea começava, então, a coletar néctar.

No retorno ao ninho, após a coleta de néctar, a fêmea podia apresentar três comportamentos: seguir para o interior do ninho e depositar o néctar sobre a massa de pólen; chegar ao ninho, prosseguir até o final do canal e retornar à entrada para realizar a desidratação do néctar; ou chegar ao ninho e imediatamente posicionar-se à entrada deste para efetuar o comportamento de desidratação do néctar. Após desidratar o néctar, a fêmea seguia até o interior do ninho e supostamente depositava o néctar sobre a massa de pólen. Após a deposição do néctar sobre a massa de pólen, a fêmea podia apresentar três comportamentos: permanecer no interior do ninho trabalhando a massa de provisionamento; voltar para a entrada do ninho e recomeçar a desidratar o néctar; ou sair para uma nova coleta de néctar.

Estes comportamentos se repetiam até que todo o alimento necessário ao provisionamento da célula de cria fosse coletado. Após dar forma à massa de provisionamento, o ovo era depositado sobre a massa e a célula era fechada com pequenas lascas de madeira retiradas do canal do ninho (Fig. 6).

4.2.3. Atividade dos machos

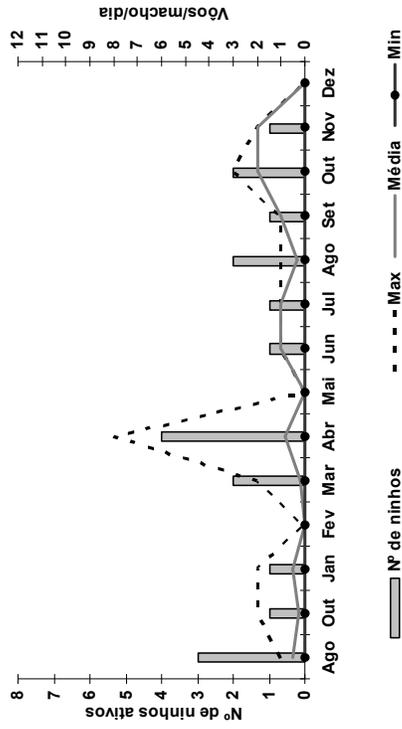
Ninhos de *X. ordinaria* contendo machos foram observados ao longo de quase todo o ano, exceto nos meses de fevereiro, maio e dezembro de 2007. Já os ninhos contendo machos de *X. frontalis* ocorreram nos meses de agosto e outubro de 2006, março, abril e novembro de 2007 (Fig. 25 a,b).

Os machos de ambas as espécies investem grande parte do tempo em atividades no interior do ninho, sendo as atividades fora dos ninhos realizadas por até 29% do tempo (Fig. 16c,d). O comportamento mais conspícuo apresentado pelos machos das duas espécies foi a permanência na entrada do ninho (Fig. 25 c,d). Porém, como já foi evidenciado na Figura 16, este comportamento não contribui significativamente na duração das atividades desenvolvidas pelos machos, raramente excedendo dez segundos.

Os machos realizaram em média um voo por dia, sendo que nos meses de outubro e novembro de 2007 os machos de *X. ordinaria* apresentaram uma média de dois vôos por dia. O valor máximo de vôos que um mesmo macho realizou foi de oito para *X. ordinaria* e dez para *X. frontalis* (Fig. 25 a,b). Entretanto, quando o número de vôos foi muito alto a duração destes diminuía.

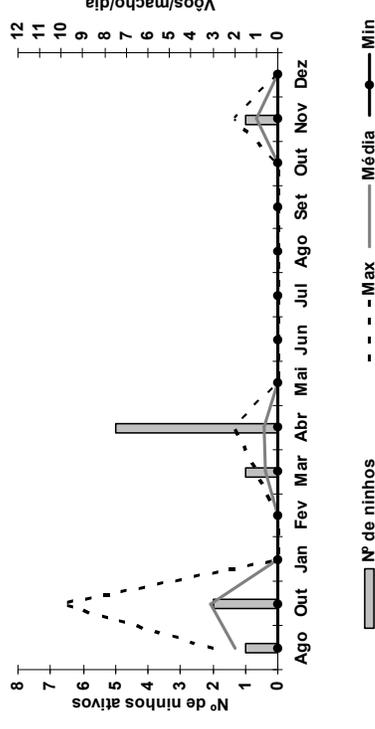
As atividades realizadas fora dos ninhos, demonstrada pelas barras de “saiu” e “entrou” da Figura 25 (c,d), indicam que os machos de *X. ordinaria* começam seus vôos no período das 6h e os machos de *X. frontalis* começam a voar no período das 7h, sendo que ambos param suas atividades externas no período das 15h.

a) Machos de *Xylocopa ordinaria*



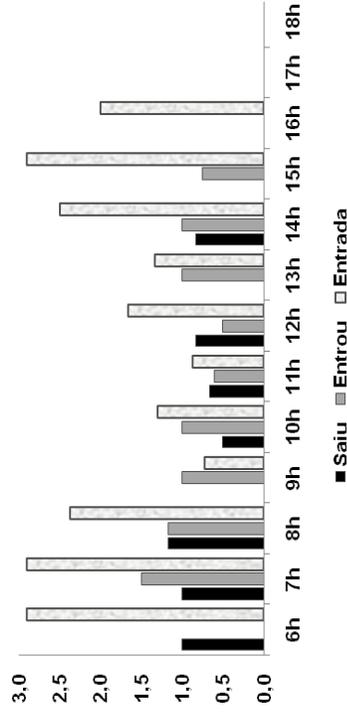
b)

Machos de *Xylocopa frontalis*



c)

Machos de *Xylocopa ordinaria*



d)

Machos de *Xylocopa frontalis*

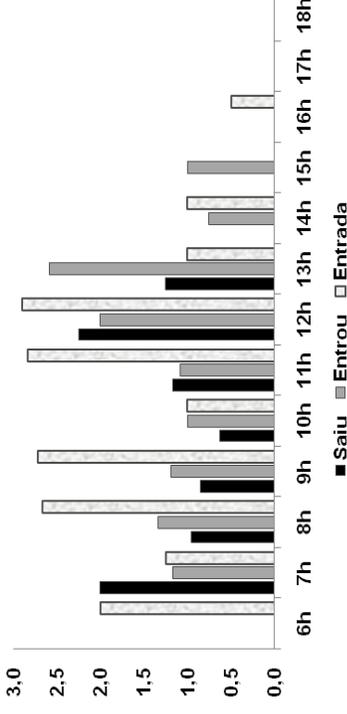


Figura 25. Frequência de atividades desenvolvidas por machos de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* em ninhos e número de ninhos ativos no Rancho de Criação de Abelhas em relação aos meses de observação e horários ao longo do dia.

4.2.4. Desidratação de néctar

A desidratação de néctar foi realizada tanto por fêmeas, quanto por machos de ambas as espécies. Para as fêmeas, este comportamento ocorre após o retorno de viagens de forrageio, enquanto que os machos desidratam néctar após recebê-lo por trofalaxia com uma fêmea (ver item 4.2.5.).

Foram feitas três observações em que fêmeas de *X. frontalis* chegaram ao ninho com um carregamento de pólen nas escopas e desidrataram o néctar sem antes depositar o pólen no interior do ninho. Estas foram as únicas ocasiões em que a coleta de pólen pôde ser associada à coleta de néctar.

Durante o comportamento de desidratação de néctar, as abelhas apóiam-se às paredes da entrada do ninho (ou do canal) com as pernas posteriores e médias, enquanto as pernas anteriores ficam livres (Fig. 26). Com a cabeça voltada para fora do ninho, elas fazem movimentos de abertura e fechamento das gáleas, distensão e retração da glossa e regurgitam e ingerem uma gota de néctar, sucessivamente.

Tanto para fêmeas quanto para machos, o comportamento ocorre como se segue: uma gota de néctar é regurgitada e acumula-se entre as gáleas; as gáleas abrem-se e a glossa é distendida, de forma que a gota de néctar escorra até a sua porção distal; a glossa é retraída e as gáleas se fecham (sem ingestão do néctar). Este comportamento se repete por um número de vezes que difere entre machos e fêmeas e entre espécies; somente então, o néctar é ingerido e o comportamento se repete (Tab. 7). Este ciclo pode se repetir por um número variável de vezes e cada ciclo tem duração máxima de seis segundos. O comportamento de desidratação de néctar é, portanto, composto pela soma destes ciclos, sendo o seu fim definido quando a fêmea pára de realizá-los.

A análise de regressão do tempo de duração da desidratação de néctar em função das variáveis ambientais (T°C e UR%) revelou que estas não determinam a duração desta atividade, devendo outros fatores serem responsáveis pela variação no tempo investido neste comportamento (Tab. 8).

Entretanto, o tempo de duração da desidratação de néctar diferiu entre espécies

e sexo, sendo crescente no sentido: machos de *X. ordinaria* igual a machos de *X. frontalis*, fêmea de *X. ordinaria* e fêmea de *X. frontalis* (Tab. 8; $F = 27,23$; GL 3 e 141; $p < 0,000$).



Figura 26. Fêmeas de *Xylocopa frontalis* (a) e *Xylocopa ordinaria* (b) posicionadas à entrada de seus ninhos no Rancho de Criação de Abelhas realizando o comportamento de desidratação de néctar. Na Figura (a) é possível observar o carregamento de pólen nas escopas e uma gota de néctar escorrendo entre as gáleas de uma fêmea *Xylocopa frontalis*.

Tabela 7. Caracterização do comportamento de desidratação de néctar realizado por fêmeas e machos de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas e comparação do tempo de duração deste comportamento (letras sobrescritas indicam igualdade ou diferença de médias entre espécies; valores = intervalo de variação (média \pm desvio padrão, n = número mensurações)).

	Fêmeas		Machos	
	<i>Xylocopa ordinaria</i>	<i>Xylocopa frontalis</i>	<i>Xylocopa ordinaria</i>	<i>Xylocopa frontalis</i>
Abertura e fechamento das gáleas / ciclo	5-28 (12 \pm 4;n= 58)	4-9 (6 \pm 1; n= 63)	-	1-14 (4 \pm 2;n= 55)
Tempo de duração (s)	70 - 6.158 (1.351 \pm 1.309;n= 67) ^a	77 - 7.452 (2.316 \pm 1.588;n=44) ^b	49 – 800 (248 \pm 275;n=10) ^c	61 - 2.899 (401 \pm 590;n=24) ^c

Tabela 8. Regressão do tempo de duração do comportamento de desidratação de néctar realizado por fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* em função das variáveis temperatura (T°C) e umidade relativa (UR%) e suas interações.

Espécie	Variável Climática	r²	P
<i>X. ordinaria</i>	T°C		0,533
	UR%	0,04	0,549
	T° x UR%		0,453
<i>X. frontalis</i>	T°C		0,795
	UR%	0,05	0,933
	T° x UR%		0,963

4.2.5. Interação entre indivíduos

As interações observadas entre indivíduos foram: guarda do ninho, bloqueio da passagem para o canal e trofalaxia.

A guarda do ninho ocorreu quando fêmeas ou machos de outros ninhos, porém da mesma espécie, voavam na proximidade do ninho e a fêmea fundadora chegava de vôos de forrageio, ou quando tentavam entrar em um ninho ocupado por uma fêmea. A guarda do ninho foi observada para as duas espécies de *Xylocopa* e o comportamento foi bastante similar.

Quando um indivíduo tentava entrar no ninho de outra abelha, ele se aproximava da entrada lentamente. Se a fêmea chegasse de vôos de forrageio e encontrasse esses indivíduos sobrevoando próximo à entrada de seu ninho, ela os perseguia em vôos rápidos, de forma que estes abandonassem as proximidades do ninho.

Já em ninhos em que a fêmea se encontrava em seu interior, quando um “intruso” se aproximava ela podia vir para a entrada ou permanecer em seu interior. Se a fêmea não viesse para a entrada, o “intruso” podia pousar na entrada, mas logo que pousava a fêmea do ninho vinha em sua direção e se chocava contra ele com a cabeça, permanecendo na entrada do ninho. O intruso poderia sair em vôo ou tentar

entrar no ninho novamente. Se este continuasse a tentativa de entrar no ninho, a fêmea do ninho produzia sons, provavelmente vibrando a musculatura das asas. Se ainda assim o intruso tentasse se aproximar, a fêmea residente podia defecar em sua direção. Desta forma, o intruso sempre se afastava em vôo. Entretanto, quando a fêmea vinha logo para a entrada, o intruso desistia de se aproximar do ninho.

Quando o intruso chegava a um ninho desocupado, ele podia entrar lentamente e ficar algum tempo em seu interior (não mensurado precisamente, porém sempre menor que cinco minutos). Após este período, o intruso saía do ninho e tentava entrar em outros ninhos.

Para *X. ordinaria* foram observadas por quatro vezes uma fêmea realizando o roubo de aprovisionamento de um mesmo ninho do qual a fêmea fundadora estava ausente. Nestes casos, o tempo entre a saída e o retorno ao próprio ninho foi de 85, 33, 78 e 55 segundos. A fêmea retornava ao ninho com as escopas repletas do aprovisionamento roubado.

O bloqueio da passagem para o canal também foi observado para ambas espécies. Isso ocorre quando uma fêmea, ou um macho, retorna ao próprio ninho em que outro indivíduo está presente. Este comportamento é precedido pela movimentação dos indivíduos no interior do ninho ao perceberem que outra *Xylocopa* está voando próxima a sua entrada. Nestes casos, o indivíduo que se encontra no interior, impede a entrada do indivíduo que chega ao ninho, interpondo-se entre este e os canais (geralmente em uma região de vestibulo). Ocorre, então, o contato entre os indivíduos, de forma que estes se posicionem cabeça com cabeça e toquem com as antenas e pernas anteriores um ao outro. Em alguns casos, o indivíduo que chega ao ninho rapidamente ganha acesso aos canais (geralmente quando o indivíduo que chega é um macho). Em outros casos quando uma fêmea chega (geralmente a fêmea fundadora) o indivíduo que se encontra dentro do ninho impede a passagem até que seja alimentado por trofalaxia.

Como já foi dito, a trofalaxia pode iniciar-se com o bloqueio da passagem para os canais do ninho, mas pode também ocorrer sem este bloqueio. Quando uma fêmea chega ao ninho, a primeira trofalaxia ocorre somente quando esta é bloqueada, porém

as alimentações consecutivas podem ocorrer apenas com a solicitação realizada pelos indivíduos dentro do ninho através do toque de antenas com a fêmea que chegou. A trofalaxia foi observada somente entre indivíduos de *X. frontalis*. Entretanto, verificou-se indícios deste comportamento em *X. ordinaria*, como o bloqueio da fêmea na entrada do ninho. Devido ao pequeno diâmetro da entrada do ninho não foi possível visualizar esse comportamento.

No comportamento de trofalaxia, após o contato cabeça com cabeça a fêmea gira em torno de seu eixo longitudinal, ficando de “cabeça para baixo”, enquanto o outro indivíduo permanece em posição “normal”. Desta forma, os dois indivíduos permitem o começo da passagem, mas impedem que a passagem completa seja realizada com a contração do abdômen, de forma a bloquear o canal. Neste momento, os aparelhos bucais encontram-se na mesma direção e a fêmea recém-chegada começa a transferir o néctar com a glossa para o indivíduo que a bloqueou. Durante a transferência do néctar os indivíduos permanecem em constante toque com as antenas e pernas anteriores. Este comportamento durou de 41 a 134 segundos (média = 89 ± 34 ; $n=6$).

4.3. Razão Sexual

Em uma amostra de 14 células de cria de *X. ordinaria* emergiram seis fêmeas e oito machos, enquanto que das 16 células de cria de *X. frontalis* emergiram 12 fêmeas e 2 macho. As outras duas células de cria de *X. frontalis* apresentaram mortalidade por parasitismo e por infestação de fungos.

Dos ninhos de *X. ordinaria* abertos para sexagem não foram observados ninhos com crias dos dois sexos, enquanto dois ninhos de *X. frontalis* apresentaram um macho na terceira célula (Tab. 9). A análise de X^2 revelou que a razão sexual para *X. ordinaria* foi de $1\text{♂} : 0,75\text{♀}$ não diferindo da razão teórica $1\text{♂}:1\text{♀}$ ($X^2 = 0,28$; $p > 0,05$). Já *X. frontalis* apresentou razão sexual igual a $0,17\text{♂} : 1\text{♀}$ diferindo da razão teórica esperada de $1\text{♂}:1\text{♀}$ ($X^2 = 7,14$; $p < 0,05$). Entretanto, quando comparadas a análise realizada com as abelhas marcadas (ver item 3.4) podem-se observar que tanto para *X. ordinaria* ($1\text{♀} : 0,43\text{♂}$; $X^2 = 7,72$; $p < 0,05$) quanto para *X. frontalis* ($1\text{♀} : 0,26\text{♂}$; $X^2 = 17,16$; $p < 0,05$) há

tendência à ocorrência de maior número de fêmeas na população.

Tabela 9. Porcentagem de fêmeas de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* produzidas em cada célula, de acordo com as suas posições nos ninhos (células enumeradas a partir do fundo dos canais dos ninhos; P = parasita na célula).

Espécie	Nº de ninhos	Células/ninho	Porcentagem de fêmeas nas células de cria							
			1	2	3	4	5	6	7	8
<i>X. ordinaria</i>	2	1	100	-	-	-	-	-	-	-
	2	2	100	100	-	-	-	-	-	-
	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>X. frontalis</i>	2	2	100	100	-	-	-	-	-	-
	2	3	100	100	50	-	-	-	-	-
	1	6	100	P	0	100	100	100	-	-

4.4. Conteúdo polínico nas células de cria

Nas amostras de pólen analisadas para 14 células de *X. ordinaria* e oito células de *X. frontalis* foram encontrados 38 morfotipos polínicos, sendo que destes, 31 ocorreram em células de *X. ordinaria* e 15 em células de *X. frontalis* (Apêndice 3). O número de morfotipos por célula e as abundâncias relativas dos grãos de pólen estão expressas na Tabela 10. Nesta tabela é possível perceber que, apesar da alta diversidade de morfotipos coletados pelas abelhas, um único morfotipo polínico é responsável por pelo menos 50% da abundância em cada amostra, podendo chegar a ser o único morfotipo coletado.

Embora à primeira vista o número de morfotipos polínicos encontrados em células de *X. ordinaria* tenha sido maior que o encontrado em células de *X. frontalis*, deve-se lembrar que além do número amostral ser maior para *X. ordinaria*, esta espécie provisionou células durante um maior período do ano, podendo assim utilizar uma maior diversidade de fontes de pólen (Fig. 17 e 18).

Desta forma, para evitar tendências no resultado das análises de diversidade,

similaridade e rarefação de morfotipos polínicos, uma sub-amostra (n=8) do conteúdo das células de *X. ordinaria* foi obtida por método de aleatorização, onde somente as células que foram aprovionadas na mesma época do ano para ambas espécies foram utilizadas.

Mesmo com a equivalência das amostras, o índice de diversidade de Shannon-Wiener foi maior para *X. ordinaria* (2,29) do que para *X. frontalis* (1,59), demonstrando que a primeira utilizou maior diversidade de fontes de pólen no aprovionamento de suas células de cria.

Quanto ao índice de similaridade qualitativo de Sørensen para os morfotipos polínicos utilizados pelas espécies de *Xylocopa*, o valor obtido foi de 0,42, indicando alta sobreposição entre as fontes de pólen utilizadas por *X. ordinaria* e *X. frontalis* em um mesmo período do ano. Este fato é corroborado pela análise quantitativa realizada com o índice de Morisita-Horn (0,45), indicando que não apenas algumas das mesmas fontes são utilizadas, mas que estas são utilizadas em proporções semelhantes, demonstrando a ocorrência de sobreposição do nicho trófico destas espécies.

Através da curva de rarefação de morfotipos polínicos pode-se perceber que mesmo com uma pequena amostra (n=8 células de cria para cada espécie) foi possível aproximar-se da assíntota da curva de rarefação, indicando que esta amostra é representativa do comportamento de coleta de pólen, no período entre janeiro e abril de 2007 (Fig. 27). Ainda através destas curvas percebe-se que uma grande diversidade de grãos de pólen pode ser encontrada em um pequeno número de amostras, sugerindo o comportamento polilético das espécies em questão.

Tabela 10. Número de morfotipos polínicos encontrados em células de cria de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* e porcentagem dos morfotipos polínicos mais abundantes (valores = intervalo de variação (média ± desvio padrão, n= número de células de cria)).

Espécie	Nº de morfotipos polínicos/célula	Maiores abundâncias relativas		
		1 ^a	2 ^a	3 ^a
<i>X. ordinaria</i>	1 - 6 (2,93±1,27;n=14)	51-100% (80±17%;n=14)	1-48% (18±15%;n=13)	1-12% (4±4;n=8)
<i>X. frontalis</i>	1 - 4 (2,25±1,04;n=8)	66 -100% (91±11%;n=8)	2 - 28% (10±10%; n=6)	1 – 5% (2±2%; n=3)

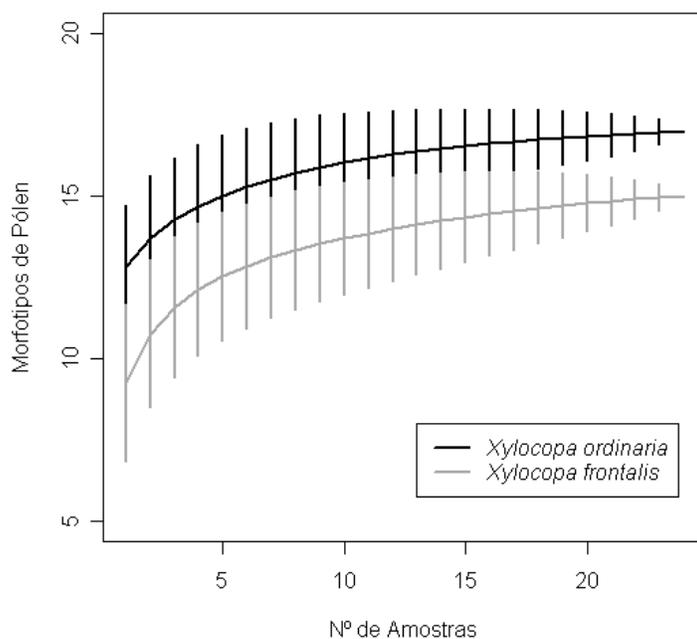


Figura 27. Curvas de rarefação de morfotipos polínicos encontrados em células de cria de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* do Rancho de Criação de Abelhas.

4.5. Inimigos naturais

Os inimigos naturais das espécies de *Xylocopa* foram o cleptoparasita *Cissites maculata* Swed., 1787 (Coleoptera: Meloidae) e uma espécie de Diptera não identificada (Fig. 28).

Foram coletados cinco indivíduos de *C. maculata* adultos no interior de ninhos de *X. ordinaria* e dois indivíduos adultos nos ninhos de *X. frontalis*, nos meses de Junho, Outubro e Dezembro/2006 e Abril, Outubro a Dezembro/2007. Outros três indivíduos adultos foram coletados nas proximidades dos ninhos de ambas as espécies.

Ao abrir um ninho de *X. frontalis*, um adulto de *C. maculata* foi encontrado no interior de um dos canais, mesmo com a presença de duas fêmeas adultas desta abelha. O comportamento das fêmeas não foi agressivo em relação ao cleptoparasita no interior do ninho e comportamento agressivo nunca foi observado contra estes coleópteros, mesmo quando eles se encontravam nas proximidades dos ninhos. Neste mesmo ninho, encontrou-se em uma pequena cavidade posterior ao canal escavado pela fêmea de *X. frontalis* uma grande quantidade de larvas triungulinas sobre material semelhante a fungo.

A espécie de Diptera foi observada somente em ninhos de *X. frontalis* (n=3), nos meses de fevereiro e março de 2007. Em uma ocasião, foi realizada filmagem onde a fêmea de *X. frontalis* retirou do interior do canal uma pupa do Diptera parasita que estava em processo de emergência. Logo após a retirada do parasita, a fêmea limpou o canal, despejando material do interior do ninho para fora de sua entrada. Este material aparentava ser o opérculo de uma célula de cria.

Devido ao baixo número amostral, a taxa de parasitismo não pôde ser avaliada em relação ao número de células de cria, mas foi avaliada por ninhos parasitados. Desta forma, o parasitismo por *C. maculata* foi de 20% e 13% para os ninhos de *X. ordinaria* e *X. frontalis*, respectivamente. Já o parasitismo pela espécie de Diptera foi de 9% para os ninhos de *X. frontalis*.

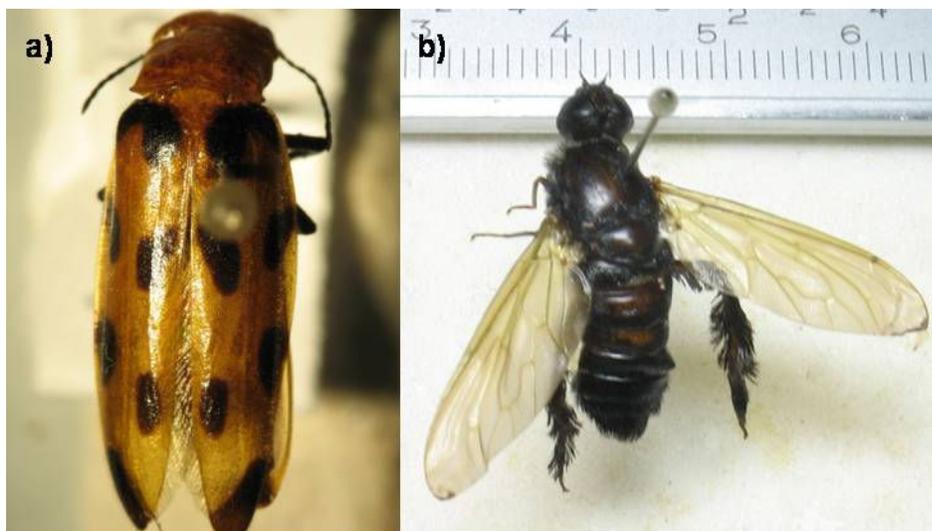


Figura 28. Cleptoparasitas dos ninhos de *Xylocopa* no Rancho de Criação de Abelhas (a- *Cissites maculata* (Coleoptera: Meloidae); b- Diptera sp.).

4.6. Transferência de fêmeas de *Xylocopa* visando à multiplicação de ninhos

As fêmeas de *X. ordinaria* que foram transferidas para os colmos de bambu não persistiram nestes. Logo após a retirada da fita adesiva as fêmeas saíram em vôo e não retornaram ao Rancho de Criação de Abelhas. Já as fêmeas de *X. frontalis* apresentaram 100% de permanência nos colmos de bambu, sendo que das seis fêmeas transferidas somente uma trocou de bambu no dia seguinte ao experimento.

Todas as fêmeas de *X. frontalis* iniciaram a construção de novas células de cria alguns dias (mínimo de três dias) após a transferência para os novos colmos de bambu.

5. Discussão

A plasticidade e a freqüência na utilização de substratos demonstrada por *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* evidenciam que estas seguem o padrão observado para a maioria das espécies do gênero devido à utilização de espécies vegetais não correlacionadas taxonomicamente, porém com características de abundância, comprimento e circunferência similares (HURD, 1958; HURD & MOURE, 1959; HURD, 1978; MICHENER, 1979; GERLING *et al.*, 1989; MAETA *et al.*, 1996; SILVEIRA, 2002; RAMALHO *et al.*, 2004). A utilização de colmos de bambu somente por *X. frontalis* sugere, ainda, que esta espécie é capaz de utilizar uma maior diversidade de substratos, com diferentes características, quando comparada a *X. ordinaria*. Embora sejam espécies simpátricas, a maior plasticidade na escolha do substrato de nidificação de *X. frontalis* pode ser uma das explicações para sua distribuição mais ampla (SILVEIRA *et al.*, 2002) quando comparada com *X. ordinaria* (SCHLINDWEIN *et al.*, 2003).

A transferência de ninhos de áreas naturais para o Rancho de Criação de Abelhas apresentou uma taxa de permanência ligeiramente menor que à observada por PEREIRA (2002) na transferência de fêmeas de *X. frontalis* e *X. grisescens*. Em seu estudo, este autor encontrou uma taxa de permanência de 60% para ambas as espécies estudadas (n=10 e n=5, respectivamente). Esta menor proporção de permanência pode estar relacionada às diferenças no número amostral ou refletir diferenças comportamentais de populações nativas e experimentais, acostumadas à presença de um observador. Esta última hipótese é corroborada pelo experimento de transferência de fêmeas realizado no presente trabalho, onde o sucesso de permanência foi de 100% para *X. frontalis*.

Foi possível observar que o incremento do número de ninhos de *X. frontalis* é expressivamente maior que o de *X. ordinaria*, o que possivelmente deve-se à utilização dos colmos de bambu, uma vez que estes representaram 68% dos novos ninhos construídos por esta espécie. Esta alta taxa de utilização dos colmos de bambu por *X. frontalis* pode estar associada a um menor esforço por parte da fêmea na construção do

ninho, como descrito em MAETA *et al.* (1996). Estes autores sugerem que o esforço para a construção de ninhos em bambu é menor por eximir a fêmea da necessidade de escavar canais. De forma similar, pode-se justificar a proporção intermediária da reutilização de ninhos abandonados, que também eximem a fêmea da atividade de escavação de canais. O comportamento de reutilizar ninhos abandonados foi descrito também para várias espécies de *Xylocopa*, sendo que no Brasil foi observado para *X. frontalis*, *X. grisescens* e *X. suspecta* (CAMILLO & GARÓFALO, 1989), *X. subcyanea* (GIMENES *et al.*, 2006) e *X. artifex* (SILVEIRA, 2002).

O comprimento e a circunferência dos substratos utilizados por *X. ordinaria* e *X. frontalis* não diferiram significativamente, indicando que estas espécies podem competir diretamente por substratos de nidificação em caso de escassez deste recurso. Entretanto, no Rancho de Criação de Abelhas os substratos de nidificação foram suficientemente abundantes de forma a prevenir a competição intra e inter-específica, possibilitando o aumento da população de ambas as espécies. A competição por substratos de nidificação foi estudada para *Xylocopa pubescens* Spinola por VELTHUIS & GERLING (1983), que relataram agressão direta entre fêmeas adultas na tentativa de obter substrato para nidificação.

A presença de mais de um ninho em um mesmo substrato evidencia a tolerância por parte das espécies estudadas em relação a outros indivíduos co-genéricos e corrobora os dados sobre o comportamento de agregação de ninhos de *Xylocopa* (BERNARDINO, 2006). O comportamento de utilizar substratos que já contenham um ninho também foi observado para outras espécies do gênero, como *X. suspecta* (CAMILLO *et al.*, 1986) e *X. grisescens* (NEVES *et al.*, 2006).

Embora a arquitetura dos ninhos seja de grande importância no estabelecimento das estratégias reprodutivas das espécies de *Xylocopa* (VELTHUIS & GERLING, 1983; HOGENDOORN, 1996), poucos estudos vêm sendo realizados sobre as influências das características dos substratos sobre a arquitetura do ninho (STEEN & SCHWARS, 2000) e a maioria dos estudos aborda este aspecto de forma puramente descritiva (ex.: CAMILLO & GARÓFALO, 1982; CAMILLO *et al.* 1986; DA SILVA & VIANA, 2002; GIMENES *et al.*, 2006; NEVES *et. al.*, 2006).

As análises aqui realizadas revelaram que a circunferência do substrato influencia positivamente no número de canais escavados por *X. ordinaria*, padrão também observado para *Xylocopa (Lestis) aeratus* Smith e *Xylocopa (L.) bombylans* (Fabricius) nidificando em plantas do gênero *Banksia* (STEEN & SCHWARS, 2000). Desta forma, espera-se que ninhos de *X. ordinaria* escavados em substratos com maior circunferência apresentem um maior número de canais, fato não observado para *X. frontalis*.

A ausência de influência do comprimento do substrato sobre o comprimento dos canais escavados pelas espécies de *Xylocopa* pode ser devido aos comprimentos dos substratos analisados serem suficientemente grandes de forma a não limitar o crescimento longitudinal dos canais. Entretanto, a hipótese de limitação do comprimento do canal em função do comprimento do substrato parece ser difícil de ser testada sem experimentação em um sistema fechado, já que as fêmeas podem abandonar o local de estudo à procura de substratos de maior comprimento em outras áreas. Portanto, sugere-se que este experimento seja conduzido em uma área fechada, com a oferta de substratos de diferentes comprimentos, inclusive mais curtos do que o comprimento médio do canal observado para estas espécies.

A observação de que ninhos de *X. ordinaria* com canais mais compridos abrigam um maior número de células, indica que o esforço realizado pela fêmea na escavação dos canais pode retornar na forma de maior produção de prole. Entretanto, esta relação não foi estabelecida para *X. frontalis*, sugerindo que a utilização dos canais para a produção de células de cria nesta espécie é menos eficiente que em *X. ordinaria*.

Comparando-se as características dos ninhos de *X. ordinaria* descritas neste trabalho com as observações realizadas por BERNARDINO (2006) para esta mesma espécie em área de restinga, constatou-se que não houve diferença entre as características da arquitetura dos ninhos em área experimental com as registradas em ecossistema de restinga.

A arquitetura dos ninhos de *X. frontalis*, quando comparada às observações feitas por CAMILLO & GARÓFALO (1982) para esta mesma espécie, apresentou menor número de canais e, conseqüentemente, menor número de células de cria por ninho.

Entretanto, o diâmetro da entrada, o comprimento e a largura dos canais e das células foram similares aos observados por aqueles autores. As diferenças observadas no presente estudo podem estar associadas a diferenças nas características dos substratos utilizados.

Na comparação entre as duas espécies estudadas, verificou-se que ninhos de *X. ordinaria* apresentaram dimensões da entrada do ninho, largura do canal e dimensões das células de cria menores que as dos ninhos de *X. frontalis*. Entretanto, o número de células de cria por ninho e o comprimento dos canais do ninho foram iguais entre as espécies. Os menores valores para alguns parâmetros de arquitetura dos ninhos de *X. ordinaria* eram esperados, dado à diferença de tamanho entre as espécies. Desta forma é possível identificar os ninhos de *X. ordinaria* e *X. frontalis* com base apenas em sua arquitetura e justificar a reutilização de ninhos somente por abelhas da mesma espécie.

Os diversos comportamentos apresentados por ambas as espécies de *Xylocopa* são bastante similares e serão discutidos conjuntamente.

O comportamento de escolha do substrato de nidificação apresentado pelas abelhas foi semelhante ao descrito por PEREIRA (2002) e OLIVEIRA FILHO & FREITAS (2003) onde durante a escolha ocorrem três fases: 1. abordagem, quando vôos de reconhecimento do substrato são realizados; 2. verificação, quando a fêmea pousa sobre o substrato e verifica suas características físicas e 3. teste, quando a fêmea inicia a escavação do substrato. Nessas três fases pode haver desistência por parte da fêmea, que sairá em busca de outro substrato.

A limpeza de colmos de bambu foi semelhante à observada por PEREIRA (2002), quando as fêmeas retiram teias de aranha e outros materiais não identificados de seu interior utilizando as pernas médias, posteriores e o abdômen. Já o comportamento de ocupação de ninhos abandonados é similar ao observado por HOGENDOORN (1996) durante o período de substituição de fêmeas de *X. pubescens*. Neste comportamento, a fêmea que ganha domínio sobre o ninho elimina células de cria, jogando partes de opérculos, imaturos e, às vezes, aprovisionamento para fora do ninho.

O tempo gasto para escavação dos substratos por *X. ordinaria* e *X. frontalis* foi similar ao observado por RAMALHO *et al.* (2004) para *X. abbreviatta*, sendo essa espécie

capaz de escavar 3 cm em 50 minutos e de completar a escavação do canal em 72 horas. Dados sobre o tempo gasto na escavação dos canais são raros na literatura (GERLING *et al.*, 1989) e não foram descritos em nenhum dos outros artigos citados no presente trabalho.

O comportamento de desidratação de néctar vem sendo sugerido como importante no aumento da relação energia/volume do néctar coletado pelas abelhas (WITTMANN & SCHOLZ, 1987). Este comportamento parece ser conspícuo nas espécies de *Xylocopa*, tendo sido reportado por vários autores (ex.: GERLING *et al.*, 1989; PEREIRA, 2002; GIMENES *et al.*, 2006). Embora as etapas deste comportamento pareçam conservadas nas diversas espécies, o tempo de duração da desidratação de néctar apresenta variações intra e inter-específicas, o que pode ser influenciado por fatores como variações microclimáticas e concentração inicial do néctar coletado. No presente trabalho, a duração da desidratação de néctar foi independente das variações microclimáticas de temperatura e umidade relativa, contradizendo as expectativas teóricas que prevêem menor tempo de duração desta atividade em temperaturas mais altas e/ou umidades relativas mais baixas. Portanto, outro fator a ser testado é a concentração inicial do néctar coletado, não analisada neste trabalho.

O comportamento de guarda do ninho apresentou uma seqüência crescente de agressividade, similar ao observado para *X. abbreviata* (RAMALHO *et al.*, 2004), mas diferiu dos dados de PEREIRA (2002) e NEVES *et al.* (2006) para *X. frontalis* e *X. grisescens*, que apresentaram comportamento de sair em vôo do ninho para perseguir a fêmea “intrusa”, o que não ocorreu no presente estudo. Entretanto, quando a fêmea já estava em vôo, ela era capaz de expulsar indivíduos que estivessem próximos ao seu ninho, realizando vôos de perseguição.

Um estudo detalhado do comportamento de guarda de ninhos foi realizado para *X. pubescens* por HOGENDOORN e VELTHUIS (1995) a partir de quatro hipóteses: competição por alimento dentro do ninho, competição por dominância do ninho, reconhecimento da entrada do ninho e *fitness* direto\indireto. Embora estes autores tenham considerado apenas ninhos em que mais de um indivíduo estavam presentes, algumas de suas conclusões podem ser extrapoladas para o presente estudo: 1-

Ninhos que apresentem uma ou mais fêmeas em sua entrada são menos susceptíveis à usurpação. Este fato é corroborado pelas observações de aproximação de indivíduos intrusos aos ninhos em que a fêmea se posicionava na entrada, de modo que a presença da fêmea inibia a aproximação do intruso. É também apoiado pelo roubo de provisionamento realizado por fêmea de *X. ordinaria* em um ninho em que a fêmea estava ausente, em atividades de forrageio; 2- Fêmeas guarda não evitam o parasitismo interespecífico. Esta afirmação pode ser uma explicação para o fato de em um ninho de *X. frontalis* que apresentava duas fêmeas adultas (mãe e filha) ser encontrado um adulto do cleptoparasita *C. maculata*, e as fêmeas não apresentarem comportamento agressivo frente a este Coleoptera.

A prevenção contra o roubo de provisionamento é amplamente discutida na literatura como um fator que favorece a tolerância de co-específicos nos ninhos de *Xylocopa* (VELTHUIS & GERLING, 1983; GERLING *et al.*, 1989; HOGENDOORN & LEYS, 1993; HOGENDOORN & VELTHUIS, 1993; HOGENDOORN, 1996). Entretanto, a ocorrência deste comportamento ocorre em baixa frequência, mesmo em populações muito adensadas (HOGENDOORN & VELTHUIS, 1995). Deve-se ressaltar o fato de que pouca atenção tem sido voltada às vantagens que este comportamento retorna à abelha que o realiza. Sugere-se, então, que o roubo de provisionamento seja investigado por ambos os lados, o da fêmea que é usurpada e o da fêmea que usurpa o ninho.

No presente estudo, o comportamento de trofalaxia ocorreu após o retorno da fêmea ao ninho, sendo o comportamento de bloqueio da passagem da fêmea, pré-requisito a primeira transferência de néctar da mãe para o jovem. A trofalaxia parece ser um comportamento conservado entre as espécies de *Xylocopa*, tendo sido relatado para *X. frontalis* e *X. grisescens* (CAMILLO & GARÓFALO, 1982), *X. suspecta* (CAMILLO *et al.*, 1986), dentre outras (GERLING *et al.*, 1989). Descrições mais detalhadas deste comportamento podem ser encontradas em VELTHUIS & GERLING (1983) para *X. pubescens*, onde os ninhos foram examinados e os comportamentos descritos com base em filmagens realizadas com raio-X. Entretanto, dados referentes ao tempo de duração dessa interação não são oferecidos em nenhum dos artigos supra-citados.

O comportamento de trofalaxia é realizado por algumas espécies de abelhas

pertencentes às famílias Halictidae e Apidae, que apresentam diferentes níveis de socialidade, e parece ter evoluído de forma independente nestes grupos (KUKUK & CROZIER, 1990). Em espécies eussociais, este comportamento parece ter um importante papel na comunicação e integração da colônia (MICHENER, 1974), enquanto que em espécies que apresentam menor hierarquia social este comportamento foi apontado como importante à nutrição dos indivíduos jovens, como observado por VELTHUIS & GERLING (1983) para *X. pubescens*.

Atividades desenvolvidas no interior do ninho representaram mais de 50% do tempo de atividade diária das abelhas para ambas as espécies e sexos. No caso dos indivíduos emergentes, este fato corrobora o período de maturação no interior do ninho, quando estes são alimentados pela mãe ou irmã mais velha e não realizam vôos. Já em relação à fêmea fundadora do ninho, as atividades realizadas em seu interior podem se dividir em escavação do canal, construção de células de aprovisionamento, deposição de alimento para a larva, postura de ovos e o fechamento das células aprovisionadas (CAMILLO & GARÓFALO, 1982; CAMILLO *et al.*, 1986; HOGENDOORN, 1996; PEREIRA, 2002).

O tempo investido em atividades de forrageio (pólen e néctar) para as fêmeas de ambas as espécies corresponderam a mais de 25% da atividade diária das abelhas. Dados referentes ao tempo investido na coleta e manipulação do pólen e néctar são fornecidos na literatura em função do tempo médio das atividades individuais (CAMILLO & GARÓFALO, 1982; CAMILLO *et al.*, 1986; WILLMER, 1988; PEREIRA, 2002; BERNARDINO, 2006), mas estes não permitem uma avaliação direta do tempo que as abelhas gastam em atividades externas ao ninho.

A freqüência de vôos diários para coleta de pólen e néctar foi maior nos períodos de aprovisionamento de células de cria. Ao longo do dia, a freqüência média de vôos para coleta de pólen apresentou-se aproximadamente constante, mas diferiu, sendo que no período de aprovisionamento, o primeiro vôo realizado por fêmeas de ambas espécies era sempre para coleta de pólen, indicando que a coleta deste recurso é precedente às coletas de néctar.

Enquanto *X. frontalis* apresentou maior atividade de fundação de ninhos concentrada na estação chuvosa, *X. ordinaria* nidificou em uma freqüência

aproximadamente constante ao longo do ano. Este fato pode estar relacionado ao maior tempo de uso dos ninhos de *X. frontalis* e à maior frequência de abandono e construção de novos ninhos de *X. ordinaria*, demonstrando que os ninhos desta última são mais efêmeros.

Como conseqüência da maior constância ao longo do ano da taxa de nidificação de *X. ordinaria*, esta se apresentou mais ativa que *X. frontalis* na estação seca, permanecendo ativa um maior período do dia. Entretanto, diferentemente do observado por outros autores (GERLING & HERMANN, 1978; CAMILLO & GARÓFALO, 1982; CAMILLO *et al.*, 1986; VIANA *et al.*, 2002; GIMENES *et al.*, 2006; NEVES *et al.*, 2006), as atividades de coleta de pólen e néctar não apresentaram picos de atividade relacionados aos horários do dia.

A duração dos vôos de forrageio para pólen e néctar foi muito variável, assim como o observado para outras espécies de *Xylocopa* (HOGENDOORN & VELTHUIS, 1993; GIMENES *et al.*, 2006), e não se apresentou correlacionada às variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa. Portanto, a variabilidade na duração destes vôos pode estar relacionada a outros fatores, tais como: distância e abundância do recurso (SCHAFFER *et al.*, 1979; COSTA *et al.*, 2002; GATHMANN & TSCHARNTKE, 2002), qualidade da fonte de pólen e néctar (WILLMER, 1988, GERLING *et al.*, 1989) e tempo de manipulação das flores.

O comportamento das fêmeas de *X. ordinaria* e *X. frontalis* no período de provisionamento de células de cria e postura de ovos apresentou características bastante similares às observadas para outras espécies do gênero (CAMILLO & GARÓFALO, 1982; CAMILLO *et al.*, 1986; HOGENDOORN & LEYS, 1993; HOGENDOORN & VELTHUIS, 1993; FREITAS & OLIVEIRA FILHO, 2001; PEREIRA, 2002; GIMENES *et al.*, 2006), onde o processo parece seguir os passos identificados por MICHENER (1964): 1. desgaste das paredes internas do ninho; 2. acumulação de pólen e néctar no fundo da célula; 3. preparação do alimento larval; 4. oviposição e 5. operculação.

As abelhas *Xylocopa* são consideradas generalistas quanto à diversidade de fontes florais que utilizam em sua alimentação e provisionamento de células de cria (GERLING *et al.*, 1989), mas podem apresentar comportamentos especializados tais

como vibração para coleta de pólen em flores com anteras poricidas (BUCHMANN, 1983; OLIVEIRA-REBOUÇAS & GIMENES, 2004) e coleta de néctar em flores com morfologia do tipo quilha ou com corolas tubulares longas (GOTTSBERGER *et al.*, 1988; SOMANATHAN & BORGES, 2001). Nestas últimas, as espécies de *Xylocopa* podem atuar ainda como pilhadores de néctar, não agindo como seus polinizadores efetivos (BARROWS, 1980; MALOOF & INOUE, 2000; RICHARDSON, 2004; MENEZES, 2007).

Estudos considerando a diversidade de fontes polínicas utilizadas por essas abelhas podem ser amplamente encontrados na literatura (ex.: GOTTSBERGER *et al.*, 1988; ALVES-DOS-SANTOS, 1999; VIANA & ALVES-DOS-SANTOS, 2002; VIANA *et al.*, 2002; PEREIRA, 2002), mas se baseiam principalmente em levantamentos destas abelhas em flores, sendo raros os estudos que consideram a diversidade de grãos de pólen em células de cria destas espécies (BERNARDINO, 2006). Os dados de conteúdo polínico apresentados neste trabalho corroboram o comportamento generalista de *X. ordinaria* e *X. frontalis* quanto às fontes de pólen utilizadas no provisionamento de células de cria. Entretanto, ambas as espécies apresentaram constância floral no provisionamento de cada célula de cria, indicado pela predominância de um morfotipo polínico em cada massa de provisionamento. Desta forma, é possível inferir a importância destas espécies na polinização de diversas plantas, uma vez que são necessários vários vôos de forrageio por pólen para o provisionamento de uma única célula de cria (BUCHMANN, 1983; BUCHMANN & NABHAN, 1996).

A maior diversidade de fontes de pólen utilizadas por *X. ordinaria* pode representar maior plasticidade desta espécie na escolha de fontes para o provisionamento ou estratégia diferenciada na busca por essas fontes (COSTA *et al.*, 2002). No entanto, a sobreposição dos recursos polínicos utilizados por estas espécies demonstra que elas compartilham recursos, o que pode causar exclusão parcial de *X. ordinaria* por *X. frontalis*, levando a primeira a buscar fontes alternativas de pólen, ou vice-versa, causando a restrição de *X. frontalis* ao uso de menor diversidade de fontes.

Machos de *X. ordinaria* foram observados em ninhos durante quase todo o estudo, enquanto a ocorrência de machos de *X. frontalis* deu-se em períodos mais restritos. A permanência de machos em ninhos de *Xylocopa* ocorre durante o seu

período de maturação (PEREIRA, 2002), portanto a presença de machos nos ninhos pode ser utilizada como um indicativo da fase do ciclo de vida em que se encontra um ninho. Desta forma, ficou evidenciado o multivoltinismo de *X. ordinaria* e o bivoltinismo de *X. frontalis*, corroborando os estudos de BERNARDINO (2006) e CAMILO & GAROFALO (1982), respectivamente.

Machos em ninhos podiam realizar de um a dez vôos em um mesmo dia, mas não foi possível identificar as atividades que estes realizavam em tais vôos. Segundo FREITAS & OLIVEIRA FILHO (2001), estes vôos seriam uma forma de orientação e reconhecimento da localização do ninho em relação às fontes de alimento. Já PEREIRA (2002) observou que estes vôos podiam ser realizados para alimentação, procura de fêmeas ou territórios para acasalamento.

No presente estudo não foi possível presenciar comportamentos de cópula, raramente observados em *Xylocopa* (GERLING *et al.*, 1989; PEREIRA, 2002). Interações entre machos de diferentes ninhos também não foram observadas, diferindo da expectativa criada a partir do estudo de GERLING & HERMANN (1978) e BARTHELL & BAIRD (2004). Neste último, os autores observaram que o comportamento de acasalamento de *Xylocopa virginica* Linnaeus baseia-se na defesa de territórios (área de nidificação) e que machos maiores expulsam os menores das proximidades dos ninhos, onde ocorrem as cópulas. Já GIMENES *et al.* (2006) observaram que machos de *X. subcyanea* defendem não só territórios próximos aos ninhos, mas também territórios próximos às fontes alimentares utilizadas pelas fêmeas. O presente trabalho demonstrou que o comportamento de acasalamento de *X. ordinaria* e *X. frontalis* não se baseia na defesa de territórios próximos aos ninhos, mas não avaliou a defesa de territórios próximos às fontes alimentares. Neste sentido, são necessários estudos adicionais para identificar e compreender as estratégias de cópula destas espécies.

A contradição entre os dados de razão sexual dos indivíduos emergentes em relação à razão sexual das populações de abelhas marcadas pode indicar que os ninhos abertos não foram representativos da população estudada, uma vez que com baixo número amostral há maior risco de obtenção de valores discrepantes em relação à média populacional (CALLEGARI-JAQUES, 2004). Outro fator que pode ter gerado essa

contradição é a representação da razão sexual baseada em um único período do ano (dez/2007). Esta última hipótese é corroborada pelo estudo de MARTINS *et al.* (1999) com abelhas *Diadasina distincta* (Holmberg), onde foi observada tendência à produção de fêmeas no começo da estação reprodutiva e desvio à produção de machos à medida que a estação reprodutiva se aproximava do fim.

A tendência à produção de fêmeas em *Xylocopa* parece ser conservada entre espécies do gênero, tendo sido reportada nos trabalhos de WATMOUGH (1983), MARTIN (1991), OLIVEIRA FILHO & FREITAS (2001), PEREIRA (2002) e NEVES *et al.* (2006). Os valores de razão sexual observados no presente estudo encontram-se dentro da variação observada para as demais espécies de *Xylocopa* (variação entre 52% e 88% de fêmeas). A tendência à produção de maior número de fêmeas parece oferecer vantagens diretas à fêmea mãe, pois fêmeas filhas podem atuar como guardas do ninho (HOGENDOORN & VELTHUIS, 1993 e 1995). Além disso, um pequeno número de machos na população pode ser suficiente para inseminar diversas fêmeas virgens (BARTHELL & BAIRD, 2004).

Para *X. frontalis* parece existir tendência à produção de maior número de fêmeas nos ninhos, visto que mesmo em ninhos com maior número de células de cria houve maior produção de fêmeas. Os machos se mostraram mais freqüentes a partir da terceira célula. Observação similar foi realizada para *X. frontalis* e *X. grisescens* (PEREIRA, 2002), onde fêmeas ocorreram com maior freqüência nas primeiras células e machos foram mais freqüentes nas últimas células, sendo que os machos são raros em ninhos com três ou menos células de cria. A ocorrência de machos nas últimas células de cria pode estar ligada à estratégia reprodutiva de protandria, onde os machos emergem antes das fêmeas, de forma que estejam aptos a fertilizá-las quando estas emergirem.

Em ninhos de *X. ordinaria* a distribuição dos sexos parece ser mais complexa, dependendo do número de células de cria e dos sexos presentes nas primeiras células. Desta forma, pode-se esperar que em ninhos de *X. ordinaria* com menor número de células de cria ou que apresentem fêmeas nas primeiras células seja observada a menor produção de machos, enquanto pode-se prever maior produção de machos se estes estiverem presentes nas primeiras células de cria ou se o ninho contiver maior

número de células.

Em um estudo considerando espécies univoltinas e multivoltinas de *Xylocopa*, WATMOUGH (1983) relatou que o parasitismo ou cleptoparasitismo dos estágios imaturos dessas abelhas constituem sua principal causa de mortalidade e que a taxa de parasitismo é maior em ninhos de espécies multivoltinas que em ninhos de univoltinas, com valores médios de 20,1% e 7,5% dos ninhos, respectivamente. Desta forma, pode-se assumir que a taxa de parasitismo de ninhos de *X. ordinaria* e *X. frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas apresentou-se próxima ao observado em populações naturais de *Xylocopa*, indicando que o adensamento artificial de ninhos não contribuiu significativamente para o aumento da taxa de parasitismo.

O cleptoparasitismo por coleópteros do gênero *Cissites* foi relatado por HURD (1958), ROUBIK (1989), PEREIRA (2002) e BERNARDINO (2006). A associação estrita entre espécies deste gênero e *Xylocopa* foi destacada por PINTO & BOLOGNA (1999). Por outro lado, trabalhos citando o parasitismo de ninhos de *Xylocopa* por espécies de Diptera não foram encontrados para o Brasil. Entretanto, GERLING *et al.* (1989) oferecem uma lista de parasitas e cleptoparasitas de espécies de *Xylocopa* e sugerem que o tamanho do corpo e o estoque de alimento rico em carboidratos e proteínas fazem dos ninhos de *Xylocopa* um alvo atrativo para estes organismos.

A ausência de comportamentos agressivos frente aos parasitas e cleptoparasitas em contraposição à agressividade aos indivíduos co-genéricos em *Xylocopa* vem sendo relatada como um reflexo da importância evolutiva da pressão de seleção que os dois grupos exerceram na fixação dos comportamentos de defesa, onde co-genéricos causariam maiores danos à produção de prole do que os cleptoparasitas (GERLING *et al.*, 1989; HOGENDOORN & VELTHUIS, 1995).

6. Sugestões para o manejo de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* na região norte do estado do Rio de Janeiro

A polinização de plantas de interesse agrícola e ecológico por abelhas do gênero *Xylocopa* vem sendo enfatizada em diversos trabalhos (ROUBIK, 1995; GAGLIANONE *et al.*, 2006a,b) e o manejo sustentável destas mamangavas é uma solução aplicável para o incremento de frutos e redução de custos na produção de algumas culturas, dentre elas o maracujá-amarelo (CAMILLO, 1996; HOFFMANN *et al.*, 2000; RUGGIERO, 2000). Com base nos resultados obtidos no presente estudo são apresentadas algumas sugestões ao manejo de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* na região norte do estado do Rio de Janeiro.

A transferência de ninhos destas abelhas de áreas naturais para ranchos de criação apresenta um sucesso de persistência de ninhos de aproximadamente 50%, podendo este valor ser maior para abelhas que já habitam áreas experimentais. A partir de populações iniciais, obtidas em outros locais, pode-se esperar um incremento no número de ninhos maior que 90% no período de um ano. Desta forma, espera-se que para cada dez ninhos transferidos para a área de criação, cinco ou mais permaneçam ativos e que em um ano pelo menos mais quatro ninhos sejam escavados nos ranchos de criação.

Estas mamangavas não apresentaram preferências quanto à espécie vegetal utilizada para escavação de seus ninhos, mas suas preferências quanto ao substrato de nidificação estão relacionadas a madeiras secas, leves e macias, que possam ser facilmente perfuradas, mas que não apresentem sinais de rachaduras ou fissuras. Portanto, é recomendável o uso de peças de madeira de *Eucalyptus* spp. (não tratados), *Pera glabrata* e *Terminalia* sp. como atrativos à sua nidificação. No caso de *X. frontalis*, pode-se utilizar também colmos de bambu, abertos em uma das extremidades e fechados na outra extremidade pelo entrenó, que são prontamente utilizados por esta espécie. Substratos que contenham ninhos antigos dessas abelhas também podem ser úteis ao incremento populacional, uma vez que a reutilização de

ninhos apresenta uma taxa maior que 25%.

Os substratos utilizados como atrativos à nidificação devem possuir comprimento mínimo de 35 cm, de forma a não limitar o comprimento do canal do ninho escavado pelas abelhas. Entretanto, os colmos de bambu podem apresentar comprimento mínimo de 13 cm.

É recomendada a utilização de substratos com circunferências maiores que 20 cm para abrigar maior número de canais e células de cria, contribuindo de forma mais significativa no incremento populacional de *X. ordinaria*. Já os colmos de bambu devem apresentar diâmetro interno variando entre 1,90 e 2,40 cm, com paredes laterais mais espessas que 0,4 cm.

A razão sexual em ninhos de ambas as espécies parece favorecer o aumento do número de fêmeas na população, sendo que ninhos com menor número de células tendem a apresentar mais fêmeas, e machos ocorram principalmente a partir da terceira célula de cria. A razão sexual com tendências à maior produção de fêmeas é importante ao manejo, pois estas são responsáveis pela maior parte do serviço de polinização, por apresentarem maior número de vôos por dia e estarem ativas em um maior período do ano.

A capacidade de explorar diversas fontes de pólen facilita o uso racional destas abelhas, pois estas dependem do pólen para a alimentação dos imaturos, devendo este estar disponível na cultura ou em áreas próximas. Já a sobreposição no uso de fontes de pólen por *X. ordinaria* e *X. frontalis* indica que as mesmas fontes de pólen podem ser utilizadas para a manutenção de ambas as espécies, sendo que algumas dessas fontes podem ser encontradas nos trabalhos de PEREIRA (2002) e GAGLIANONE *et al.*, (2006a,b).

A taxa de parasitismo no Rancho de Criação de Abelhas não parece diferir das taxas encontradas em populações naturais de *Xylocopa*, indicando que o controle de parasitas e cleptoparasitas não é vital ao sucesso do manejo racional destas abelhas. Entretanto, o monitoramento dos parasitas e cleptoparasitas é recomendado, de forma que o parasitismo não seja prejudicial ao incremento populacional de *Xylocopa* nos ranchos de criação.

O uso consorciado de *X. ordinaria* e *X. frontalis* é recomendado, uma vez que estas espécies apresentam picos de nidificação diferenciados ao longo do ano. A atividade diária de forrageio destas espécies está intimamente relacionada ao ciclo de atividades nos ninhos, onde é possível observar maior número de vôos diários no período de nidificação e aprovisionamento. Desta forma, a utilização conjunta das espécies em áreas de cultivo de ciclo anual fornece melhor serviço de polinização, uma vez que as atividades ao longo do dia são bastante similares, mas diferenças quanto ao número de vôos de forrageio por dia em cada mês podem ser observadas. Já em culturas que apresentem sazonalidade de produção, a escolha de uma das espécies de *Xylocopa* deve considerar o padrão de atividade anual destas abelhas.

O manejo de *X. ordinaria* e *X. frontalis* no norte do estado do Rio de Janeiro deve ser incentivado, pois estas são as espécies de *Xylocopa* mais abundantes na região, com ocorrência em diversas fitofisionomias. Além disso, ambas são reconhecidas como importantes polinizadores de diversas plantas nativas e cultivadas.

8. Referências Bibliográficas

- Alves-dos-Santos I. 1999. **Abelhas e plantas melíferas da mata atlântica, restinga e dunas do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** *Revista Brasileira de Entomologia.*, 43 (3/4): 191-223.
- BARROWS, W.M. 1980. **Robbing of exotic plants by introduced carpenter and honey bees in Hawaii, with comparative notes.** *Biotropica.* 12(1):23-29.
- BARTHELL, J.F. & BAIRD, T.A. 2004. **Size variation and aggression among male *Xylocopa virginica* (L.) (Hymenoptera: Apidae) at a nesting site in Central Oklahoma.** *Journal of the Kansas Entomological Society.* 77(1): 10-20.
- BENEVIDES, C.R. 2006. **Biologia Floral e Polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) e outras Passifloraceae na região Norte Fluminense-RJ.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais (ênfase em Ecologia de Organismos).
- BENEVIDES, C.R. & GAGLIANONE, M.C. 2005. **Pollination of Passifloraceae in the Northern Rio de Janeiro, Brazil.** *Annual Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation.* Uberlandia. Brazil. pp 118.
- BERNARDINO, A.S. 2006. **Distribuição de ninhos e comportamento de nidificação de *Xylocopa ordinaria* Smith, 1874 (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em área de restinga em São João da Barra, RJ.** Monografia apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- BOSCH, J. & KEMP, W.P. 2000. **Development and emergence of the orchard pollinator *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae).** *Physiological and Chemical Ecology.* 29: 8-13
- BOSCH, J. & KEMP, W.P. 2001. **Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia spp* (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees.** *Bulletin of Entomological Research.* 92: 3-16
- BUCHMANN, S.L. 1983. **Buzz pollination in Angiosperms.** In C.E.Jones & R.J. Little (eds.) *Handbook of experimental pollination biology.* pp. 73-113.
- BUCHMANN, S.L. & NABHAN, G.P. 1996. **The forgotten pollinators.** Island Press/Sheawater Books. Washington D.C. 292pp.
- CAMILLO, E. 1996. **Utilização de espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) na polinização do maracujá-amarelo.** *Anais do Encontro Sobre Abelhas.* Ribeirão Preto, SP, Brasil.
- CAMILLO, E. & C.A. GAROFALO. 1982. **On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver)**

- and *Xylocopa griseescens* (Lapeletier) in southern Brazil. I - nest construction and biological cycle. *Revista Brasileira de Biologia*, 42(3): 571-582.
- CAMILLO, E.; C.A. GAROFALO; G. MUCCILLO. 1986. On the bionomics of *Xylocopa suspecta* (Moore) in the southern Brazil: nest construction and biological cycle (Hymenoptera, Anthophoridae). *Revista Brasileira de Biologia*, 46(2): 383-393.
- CAMILLO, E. & C.A. GAROFALO. 1989. Social organization in reactivated nests of three species of *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) in southeastern Brazil. *Insectes sociaux*, Paris 36(2): 92-105.
- COSTA, C.B.N.; COSTA, J.A.S.; RODARTE, A.T. & JACOBI, C.M. 2002. Comportamento de forrageio de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cearensis* Ducke, 1910 (Apidae) em *Waltheria cinerascens* A.St.Hil. (Sterculiaceae) em dunas costeiras (APA do Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil). *Sitientibus série Ciências Biológicas*. vol. 2 (1/2) 23-28.
- DA SILVA F. O. & B. F. VIANA. 2002. Distribuição de ninhos de abelhas *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) em uma área de dunas litorâneas. *Neot. Entomol.* 3(4): 661-664.
- DAFNI, A. 1992. **Pollination Ecology – A practical approach**. Oirl Press at Oxford University Press. pp. 250
- DRUCKER, A.G. 2004. **Economic valuation of bee pollination services: implications for farm management and policy**. In *Solitary bees – Conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2004. **Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – The international Response**. In *Solitary bees – Conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária
- FREITAS, B.M. & OLIVEIRA FILHO, J.H. 2001. **Criação Racional de Mamangavas para polinização em áreas agrícolas**. Banco do Nordeste. Fortaleza. 96pp.
- GAGLIANONE, M.C.; BERNARDINO. A.S.; BENEVIDES, C.R.; VIDAL, E.M.F.; MENEZES, G.B.; SILVA, L.C.; FERREIRA, P.A.; AGUIAR, W.M. 2006a. **Plano de Manejo**. Parte integrante do Relatório Final do convênio 0115-00/04. Probio-Polinizadores
- GAGLIANONE, M.C; BERNARDINO. A.S.; BENEVIDES, C.R.; VIDAL, E.M.F.; MENEZES, G.B.; SILVA, L.C.; FERREIRA, P.A.; AGUIAR, W.M.2006b. **Relatório do projeto de pesquisa: Comunidades de abelhas em fragmentos de mata sobre tabuleiro no norte fluminense**. PROBIO/MMA, Convênio 0115-00/04
- GATHMANN, A. & TSCHARNTKE, T. 2002. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology*. 71:757-764.
- GERLING, D & HERMANN, H.R. 1978. **Biology and mating behavior of *Xylocopa virginica* L. (Hymenoptera, Anthophoridae)**. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 3:99-111

- GERLING, D; VELTHUIS, H. H. W.; HEFETZ, A. 1989. **Bionomics of the large carpenter bees of the genus *Xylocopa***. *Annual Review of Entomology*. 34: 163-190
- GIMENES, M; FIGUEIREDO, N. A. & SANTOS, A.H.P. 2006. **Atividades relacionadas à construção e provisionamento de ninhos de *Xylocopa subcyanea* (Hymenoptera, Apidae) em uma área de restinga na Bahia, Brasil**. *Iheringia, Série Zoológica*. 96(3):299-304.
- GOTTSBERGER, G.; J.M.F. CAMARGO; I.S. GOTTSBERGER. 1988. **A bee-pollinated tropical community: the beach dune vegetation of Ilha de São Luiz, MA , Brazil**. *Bot. Jahrb. Syst.*, 109(4): 469-500.
- GOULSON, D. 2003. **Conserving wild bees for crop pollination**. *Food, Agriculture & Environment*. Vol. 1(1):142-144.
- HOFFMANN, M.; T.N.S. PEREIRA; M.B. MERCADANTE; A. R. GOMES. 2000. **Polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae), por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro**. *Iheringia*, 89: 149-152.
- HOGENDOORN, K. 1996. **Socio-economics of brood destruction during supersedure in the carpenter bee *Xylocopa pubescens***. *J. Evol. Biol.* 9:931-352.
- HOGENDOORN, K. & LEYS, R. 1993. **The superseded female's dilemma: ultimate and proximate factors that influence guarding behavior of the carpenter bee *Xylocopa pubescens***. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 33:371-381
- HOGENDOORN, K. & VELTHUIS, H.H.W. 1993. **The sociality of *Xylocopa pubescens*: does a helper really helps?** *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 32:247-257.
- HOGENDOORN, K. & VELTHUIS, H.H.W. 1995. **The role of young guards in *Xylocopa pubescens***. *Insectes Sociaux*. 42:427-448.
- HOGENDOORN, K. & VELTHUIS, H.H.W. 1999. **Task allocation and reproductive skew in social mass provisioning carpenter bees in relation to age and size**. *Insectes Sociaux*. 46:198-207
- HURD, P.D. JR. 1958. **Observations on the nesting habits of some new world carpenter bees with remarks on their importance in the problem of species formation (Hymenoptera: Apoidea)**. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 51:365-375
- HURD P.D & MOURE, J.S. 1959. **Some problems of species formation in the carpenter bee genus *Xylocopa* Latreille**. *Annals Del Primer Congreso Sudamericano de Zoologia*. 3:77-82
- HURD, P.D. 1978. **Bamboo nesting carpenter bees (Genus *Xylocopa* Latreille) of the subgenus *Stenoxycopa* Hurd & Moure (Hymenoptera: Anthophoridae)**. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 51:746-764
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. & DIAS, B.F.S. 2004. **Brazilian Pollnators Initiative**. In *Solitary bees – Conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária

- JACQUES –CALLEGARI, S.M. 2004. **Bioestatística: Princípios e Aplicações**. Ed. Artmed. pp. 255
- KAHN, J.R. 2005. **The economic approach to environmental and natural resources**. Thomsom South-Western. 3ed. pp. 638
- KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. & WASER, N.M. 1998. **Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions**. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 29: 83-112
- KEVAN, P. 1999. **Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity**. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 373-393
- KEVAN, P. G. & T. P. PHILLIPS. 2001. **The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences**. *Conservation Ecology* 5(1): 8. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art8/>
- KUKUK, P.F. & CROZIER, R.H. 1990. **Trophallaxis in a communal halictine bee *Lasioglossum (Chilalictus) erythrurum***. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. Vol. 87 (14):5402:5404.
- MAETA, Y.; MIYANAGA, R. & SUGIURA, N. 1996. **Additional notes on the nesting habits of the Taiwanese bamboo carpenter bee, *Xylocopa (Biluna) tranquebarorum tranquebarorum* (Hymenoptera, Anthophoridae)**. *Japanese Journal of Entomology*. 64:669-680.
- MAGURRAN, A. E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press. pp. 179
- MALOOF, J.E. & INOUE, D.W. 2000. **Are nectar robbers cheaters or mutualists?**. *Ecology*. 81(10):2651-2661.
- MARTINS, R.P.; ANTONINI, Y.; SILBEIRA, F.A. & WEST, S. A. 1999. **Seasonal variation in the sex allocation of a neotropical solitary bee**. *Behavioral Ecology*. 10(4):401-408.
- MARTINS, S. J. 1991. **Notes on the over-wintering of the carpenter bee *Xylocopa albinotum* (Hymenoptera, Anthophoridae)**. *Japanese Journal of Entomology*. 59(4):735-741.
- MENEZES, G.B. 2007. **Visitantes florais de *Sparattosperma leucanthum* e efeito de pilhadores de néctar na sua polinização**. Monografia apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- MICHENER, C.D. 1964. **Evolution of the nests of bees**. *American Zoologist*. 4:227-239
- MICHENER, C.D. 1974. **The social behavior of the bees**. Cambridge: Harvard University Press. 404pp.
- MICHENER, C.D. 1979. **Biogeography of the bees**. *Annals of the Missouri Botanical*

Garden. Nº3. Vol. 66. pp. 277-347

- MICHENER, C.D. 2000. **Bees of the world**. John Hopkins University Press
- NEVES, E.L.; SILVA, F.O.; TEIXEIRA, A.F.R. & VIANA, B.F. 2006. **Aspectos da nidificação e forrageamento de *Xylocopa (Neoxylocopa) griseescens* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Xylocopini) nas dunas do médio São Francisco, Bahia**. *Sitientibus Série Ciências Biológicas*. 6(2):95-100.
- OLIVEIRA FILHO, J.H. & FREITAS B.M. 2003. **Colonização e biologia reprodutiva de mamangavas (*Xylocopa frontalis*) em um modelo de ninho racional**. *Ciência Rural*. 33(4): 693-697
- OLIVEIRA-REBOUÇAS, P. & GIMENES, M. 2004. **Abelhas (Apoidea) visitantes de flores de *Comolia ovalifolia* DC Triana (Melastomataceae) em uma área de restinga na Bahia**. *Neotropical Entomology*. 33(3):315:320.
- PEREIRA, M. 2002. **Biologia de nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa griseescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos armadilha**. Tese de doutoramento. Faculdade de Filosofia Ciências e Letras - USP- Ribeirão Preto.
- PINTO, J. D. & BOLOGNA, M. A. 1999. **The New World genera of Meloidae (Coleoptera): a key and synopsis**. *Journal of Natural History*. 33: 569-620
- RADAMBRASIL.1983. **Rio de Janeiro/Vitória; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra – SF. 23/24**. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro.
- RAMALHO, M.; Batista, M.A. & Silva, M. 2004. ***Xylocopa (Monoxylocopa) abbreviata* Hurd & Moure (Hymenoptera:Apidae) e *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae): Uma Associação estreita no Semi-Árido do Brasil Tropical**. *Neotropical Entomology*. 33(4): 417-425.
- RICHARDSON. S.C. 2004. **Are nectar-robbers mutualists or antagonists?** *Plant Animal Interaction*. 139:246-254
- ROUBIK, D.W. 1989. **Ecology and Natural history of the tropical bees**. Cambridge, University. 514pp.
- ROUBIK, D.W. 1995. **Pollination of cultivated plants in the tropics**. FAO. Agric. Ser. Bull. 118. Rome, Italy. pp198.
- RUGGIERO, C. 2000. **Situação da cultura do maracujazeiro no Brasil**. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte. Vol. 21(206): 5-9
- SCHAFFER, W.M.; JENSEN, D.B.; HOBBS, D.E.; GUREVITCH, J.; TODD, J.R. & SCHAFFER, M.V. 1979. **Competition, foraging energetics, and the cost of sociality in three species of bees**. *Ecology*. 60(5) 976-987 pp.
- SCHOONHOVEN, L.M.; VAN LOON, J.J.A. & DICKE, M. 2005. **Insect-Plant Biology**. Oxford. 2ª ed. pp. 421
- SCHLINDWEIN, C.; SCHLUMPBERGER, B; WITTMANN, D. & MOURE, D. J. 2003. **O gênero**

- Xylocopa* Latreille no Rio Grande do Sul, Brasil (Hymenoptera; Anthophoridae).** *Revista Brasileira de Entomologia*. 47(1):107-118
- SILVEIRA, F.A. 2002. **The bamboo-nesting carpenter bee, *Xylocopa (Stenoxylocopa) artifex* (Hymenoptera: Apidae), also nests in fibrous branches of *Vellozia* (Velloziaceae).** *Lundiana*. vol. 3(1): 57-60.
- SILVEIRA, F.A.; G.A.R. MELO; E.A.B. ALMEIDA. 2002. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação.** Belo Horizonte, MG. pp. 253
- SOMANATHAN, H. & BORGES, R.M. 2001. **Nocturnal pollination by the carpenter bee *Xylocopa tenuiscapa* (Apidae) and the effect of floral display on fruit set of *Heterophragma quadriloculare* (Bignoniaceae) in India.** *Biotropica*. 33(1):78-89.
- STEEN, Z & SCHWARS, M.P. 2000. **Nesting and life cycle of the Australian green carpenter bees *Xylocopa (Lestis) aeratus* Smithe and *Xylocopa (Lestis) bombylans* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae: Xylocopinae).** *Australian Journal of Entomology*. 39:291-300
- STEFFAN-DEWENTER, I.; POTTS, S.G. & PACKER, L. 2005. **Pollinator diversity and crop pollination services are at risk.** *Trends in Ecology and Evolution*. Vol. 20(12): 651-652
- TSCHARNTKE, T. & BRANDL, R. 2004. **Plant-insect interactions in fragmented landscapes.** *Annual Review of Entomology*. 49: 405-430
- VARASSIN, I.G. & A.G. SILVA, 1999. **A melitofilia em *Passiflora alata* Dryander (Passifloraceae), em vegetação de restinga.** *Rodriguesia*, 50 (76/77): 5-17.
- VELTHUIS, H.H.W. & GERLING, D. 1983. **At the brink of sociality: Interactions between adults of the carpenter bee *Xylocopa pubescens* Spinola.** *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 12:209-214
- VELTHUIS, H.H.W. & VAN DOORN, A. 2004. **The breeding, commercialization and economic value of bumblebees.** In *Solitary bees – Conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária
- VIANA, B.F.; A.M.P. KLEINERT & F.O. SILVA, 2002. **Ecologia de *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis* (Hymenoptera, Anthophoridae) nas dunas litorâneas de Abaeté, Salvador, Bahia.** *Iheringia*, série Zoologia, 92(4): 47-57.
- VIANA, B.F. & ALVES-DOS-SANTOS, I. 2002. **Bee diversity of the coastal sand dunes of Brazil.** In *Kevan, P.G. & Imperatriz-Fonseca, V.L. (eds.) Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. MMA, Brasília, DF, Brasil. pp. 135-153.
- VISCENS, N. & BOSCH, J. 2000. **Weather dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae).** *Environmental Entomology*. 29:413-420
- WATMOUGH, R.H. 1983. **Mortality, sex ratio and fecundity in natural populations of**

- large carpenter bees (*Xylocopa* spp.).** *Journal of Animal Ecology.* 52:111-125
- WESTERKAMP, C. 1991. **Honeybees are poor pollinators – why?** *Plant Systematics and Evolution.* 177:71-75
- WILLMER, P.G. 1988. **The role of insect water balance in pollination ecology: *Xylocopa* and *Calotropis*.** *Oecology.* 76: 430-438 pp.
- WITTMANN, D. & SCHOLZ, E. 1987. **Nectar dehydration and body weight reduction: the cues of *Xylocopa nigrocincta* to prolong duration of territorial flights.** *Chemistry and Biology of Social Insects. International Congress of Social Insects. Munich.* 724-725 pp.

Apêndice 11. Ninhos-matriz de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* obtidos em diferentes substratos de três áreas-fonte, permanência das abelhas após transferência e fundação de novos ninhos no Rancho de Criação de Abelhas.

Espécie	Substrato	Restinga de Praia das Neves (ES)		Mata do Carvão (RJ)		Restinga de Iquipari (RJ)		Rancho de Criação de Abelhas (RJ)	
		Trazido	Permanência	Trazido	Permanência	Trazido	Permanência	Trazido	Fundado
	Bambu	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Eucalyptus sp.</i>	0	0	9	6	0	0	0	2
X. <i>ordinaria</i>	<i>Pera glabrata</i>	6	1	0	0	2	0	0	9
	<i>Terminalia sp.</i>	14	6	0	0	0	0	0	1
	Total	20	7	9	6	2	0	0	12
	Bambu	0	0	0	0	0	0	0	13
	<i>Eucalyptus sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	6
X. <i>frontalis</i>	<i>Pera glabrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Terminalia sp.</i>	5	3	0	0	0	0	0	0
	Total	5	3	1	0	0	0	0	20

Apêndice 3. Fotos dos morfotipos polínicos encontrados no aprovisionamento das células de cria de *Xylocopa ordinaria* e *Xylocopa frontalis* no Rancho de Criação de Abelhas.

