



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E REDE DE INTERAÇÃO ENTRE ABELHAS E
PLANTAS EM UMA ÁREA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL
LOCALIZADA EM ARARAS-SP**

JUSSARA FERNANDA SANTOS

**ARARAS
2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E REDE DE INTERAÇÃO ENTRE ABELHAS E
PLANTAS EM UMA ÁREA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL
LOCALIZADA EM ARARAS-SP**

JUSSARA FERNANDA SANTOS

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roberta Cornélio Ferreira Nocelli

Co-orientadora: Kayna Agostini

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

ARARAS

2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S237ff

Santos, Jussara Fernanda.

Fenologia da floração e rede de interação entre abelhas e plantas em uma área em processo de restauração florestal localizada em Araras-SP / Jussara Fernanda Santos. -- São Carlos : UFSCar, 2012.

61 f.

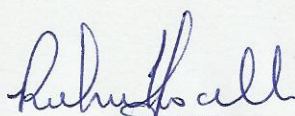
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Reflorestamento. 2. Recursos florais. 3. Monitoramento. 4. Interação inseto-plantas. I. Título.

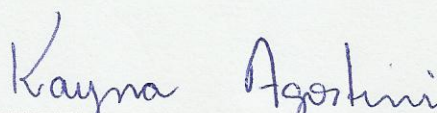
CDD: 634.956 (20ª)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE
JUSSARA FERNANDA SANTOS
APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
E AMBIENTE, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, **EM 07 DE
MAIO DE 2012.**

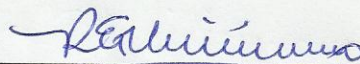
BANCA EXAMINADORA:



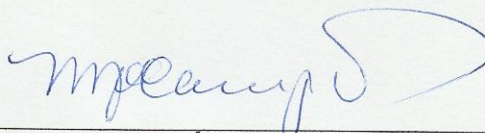
PROF^a DR^a ROBERTA CORNÉLIO FERREIRA NOCELLI
ORIENTADOR (A)
DCNME/CCA/UFSCar



PROF^a DR^a KAYNA AGOSTINI
CO-ORIENTADOR (A)
UNIMEP



PROF^a DR^a RENATA EVANGELISTA DE OLIVEIRA
DAe/CCA/UFSCar



PROF^a DR^a MARIA JOSÉ DE OLIVEIRA CAMPOS
UNESP

AGRADECIMENTOS

A prof^a. Dr^a. Roberta Cornélio Ferreira Nocelli que aceitou me orientar, pela paciência, dedicação e amizade.

A prof^a. Dr^a. Kayna Agostini pela sua disposição em ajudar, pelos contatos, pela participação na pré-banca, pela co-orientação e pelas contribuições preciosas oferecidas durante o desenvolvimento do projeto.

Ao prof. Dr. Sinval Silveira Neto pela identificação das abelhas, e ao pesquisador da UNICAMP Felipe Amorim por ajudar a usar os programas de análises de redes ecológicas.

A prof^a. Dr^a. Anastácia Fontanetti por ter me orientado no estágio de docência, e a prof^a. Dr^a. Leonor Assad por todo apoio prestado durante o curso.

Ao aluno da graduação em agronomia Maribe Surui pela ajuda no campo, e a todos os colegas que ajudaram de alguma forma na execução do trabalho.

Aos alunos e professores do programa de pós-graduação em Agricultura e Ambiente da UFSCar pela convivência agradável durante esses dois anos.

As “meninas” Clara, Ana Paula e Estela por toda a ajuda, amizade e infinitas risadas...

A pesquisadora Dr^a. Adriana Fidalgo e a todos os funcionários da fazenda Campininha de Mogi-Guaçu por todo apoio dado no projeto inicialmente desenvolvido em 2010.

Aos membros da banca por aceitarem o convite tão prontamente e pelas correções preciosas.

A minha família, meus pais irmãos e sobrinhos, por todo apoio, e ajuda imprescindível.

A CAPES pela bolsa fornecida durante o curso.

RESUMO

A técnica mais utilizada em projetos de restauração florestal é o plantio heterogêneo de mudas. Essa metodologia foi utilizada em uma área com um hectare em processo de restauração implantada em 2009 no campus da UFSCar de Araras. Altos valores financeiros são investidos na restauração florestal principalmente quando existe a necessidade de plantio de mudas, assim a avaliação e o monitoramento dos projetos de restauração são preocupações legítimas. Considerando a importância do conhecimento da disponibilidade dos recursos florais e das interações ecológicas nas áreas restauradas, e a importância das abelhas como polinizadoras nas áreas naturais e culturas agrícolas, o objetivo geral deste trabalho foi identificar o padrão de floração na área em processo de restauração, considerando o período de três anos após o estabelecimento. O objetivo específico foi avaliar a utilização das espécies lenhosas pela comunidade de abelhas visitantes florais. Para avaliar a disponibilidade de recursos florais utilizou-se método de presença e ausência e índice de intensidade de Fournier. Foram realizadas observações nas flores para coleta das abelhas visitantes. Foi construída a rede de interação qualitativa entre as espécies. Este trabalho foi dividido em dois capítulos, o primeiro capítulo aborda a fenologia e a caracterização da floração das espécies vegetais estudadas. O segundo capítulo apresenta a riqueza de abelhas visitantes florais observadas durante o ano de 2011 e descreve os recursos adquiridos por elas no momento da visita, e apresenta a rede de interação entre as espécies. O estudo fenológico permitiu visualizar a disponibilidade de recursos florais em determinados períodos do ano, foram observados sete espécies plantadas com floração, o período com maior sincronismo e intensidade foi entre janeiro e março na estação mais quente e úmida do ano. Observou-se uma espécie lenhosa regenerante em florescimento, a *Solanum lycocarpum*, que nos meses mais frios e secos foi importante para manutenção de flores na área. Foram identificadas 20 espécies de abelhas visitantes que coletaram néctar e pólen. A rede de interação teve 42,5% de conectância e demonstrou-se ser aninhada e heterogenia com índices T igual a 13,80 e NODF igual a 64,9. As duas metodologias se mostraram importantes ferramentas para monitoramento e avaliação de disponibilidade de recursos florais para abelhas visitantes em áreas em processo de restauração florestal.

Palavras-chave: Recursos florais. Monitoramento. Interações ecológicas.

ABSTRACT

The most widely used in forest restoration projects is heterogeneous planting seedlings. This methodology was used in an area of one hectare in the restoration process implemented in 2009 on the campus of UFSCar Macaw. High values are invested in financial forest restoration especially when there is a need for planting seedlings, so the assessment and monitoring of restoration projects are legitimate concerns. Considering the importance of awareness of the availability of floral resources and ecological areas restored, and the importance of bees as pollinators in natural and agricultural areas, the overall objective of this study was to identify the pattern of flowering in the area in the restoration process, considering the period of three years after establishment. The specific objective was to evaluate the use of woody species by the community of bees visiting the flowers. To assess the availability of floral resources utilized a method of presence and absence and intensity index Fournier. Observations were made on flowers to collect the bees. It was built a network of qualitative interaction between species. This work was divided into two chapters, the first chapter deals with the characterization of the flowering phenology and plant species studied. The second chapter presents the richness of bee floral visitors observed during 2011 and describes the resources acquired by them at the time of visit, and presents the network of interactions among species. The phenological study enables to visualize the availability of flowers at certain times of the year, seven species were found planted with flowering, the period with greater timing and intensity was between January and March, the hottest season of the year and wet. There was a flowering woody species regenerating in the *Solanum lycocarpum* that in the colder months and dry was important for maintaining flowers in the area. We identified 20 species of bees that collected nectar and pollen. The network of interaction was 42.5% connectance and shown to be nested with heterogeneity and indices T equal to 13.80 and NODF equal to 64.9. The two approaches are very important tools for monitoring and evaluating the availability of floral resources for bees visiting areas in the process of forest restoration.

Keywords: Floral resources. Monitoring. Ecological interaction.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	7
CAPÍTULO I - FENOLOGIA DA FLORAÇÃO DE ESPÉCIES LENHOSAS EM UMA ÁREA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL LOCALIZADA EM ARARAS-SP	11
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1 ÁREA DE ESTUDO	15
2.2 COLETA DE DADOS E ESPÉCIES OBSERVADAS	18
3 RESULTADOS.....	20
4 DISCUSSÃO	23
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	26
CAPITULO II - REDE DE INTERAÇÃO ENTRE ABELHAS VISITANTES E PLANTAS EM UMA ÁREA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL LOCALIZADA EM ARARAS-SP.....	29
RESUMO.....	30
ABSTRACT.....	31
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS	34
2.1 ÁREA DE ESTUDOS E ESPÉCIES OBSERVADAS.....	34
2.2 COLETA DE ABELHAS	37

2.3 ANÁLISE DE DADOS.....	38
3 RESULTADOS.....	39
4 DISCUSSÃO	46
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	49
ANEXO 1- MATRIZ DE PRESENÇA E AUSÊNCIA UTILIZADA PARA CALCULAR GRAU DE ANINHAMENTO E DESENHAR GRAFO BIPARTIDO	52
2 DISCUSSÃO GERAL.....	53
3 CONCLUSÃO GERAL.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	58

1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente não existe um conceito completamente aceito para restauração ecológica. Alguns autores discutem a relação da restauração ecológica e a ecologia da restauração, e demonstram que na maioria das vezes estes temas são divididos, de forma que a ecologia da restauração é considerada uma subárea da ecologia ou como uma disciplina emergente da ecologia, e dispõe sobre as bases científicas sobre o tema (HIGGS, 2005; PALMER, 2006). Enquanto que a restauração ecológica é definida como o conjunto de práticas que compõem todo o campo da restauração, incluindo a base científica da ecologia da restauração, e todo o arcabouço político, tecnológico, econômico, social e cultural (HIGGS, 2005; PALMER, 2006). No entanto Oliveira (2011) demonstra que atualmente não existe um conceito completamente aceito para a restauração ecológica, e que na maioria das vezes as definições estão relacionadas a seus objetivos. A autora ilustra que entre o período de 1980 a 2009 o conceito de restauração passou por 18 definições diferentes.

A SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (2004) estabeleceu alguns atributos essenciais que um ecossistema necessita ter para ser considerado restaurado. É necessário à existência de recursos bióticos e abióticos suficientes sem necessidade de intervenções externas, e manter a capacidade de se auto sustentar estruturalmente e também funcionalmente.

Embora muitas técnicas tenham sido criadas e possam ser utilizadas em processos de restauração, como a nucleação e a promoção da regeneração natural (REIS et al., 2007) a mais utilizada em ecossistemas florestais da Mata Atlântica é o plantio de mudas (RODRIGUES et al., 2009). Essa foi a metodologia utilizada em uma área localizada no *campus* da UFSCar de Araras. O *campus* tem 226,50 hectares de extensão com 69,61 ha de área construída e 144,12 ha de áreas agrícolas e 12,77 ha de remanescentes de vegetação nativa. Na tentativa de recuperar áreas naturais e aumentar o componente florestal, a partir de março de 2009 iniciou-se um plantio heterogêneo de mudas que ocupou uma área de um hectare localizado em área de preservação permanente.

Em termos ecológicos o plantio de mudas pode ajudar a regeneração natural da vegetação nativa, e outras formas de vida devem ser capazes de colonizar a área em processo de restauração (ENGEL; PARROTTA, 2003; BRANCALION et al., 2010). As árvores criam nichos, disponibilizam alimento, local para pouso e abrigo, e assim podem atrair uma diversidade de organismos, como polinizadores e dispersores, que podem favorecer a sucessão (REIS; KAGEYAMA, 2003).

No Estado de São Paulo entre 2003 e 2008 a produção de mudas de espécies arbustivas e arbóreas nativas cresceu de 13.000.000 mudas por ano em 55 viveiros para 33.000.000 em 114 viveiros, e a diversidade de espécies produzidas nos viveiros também aumentou de 30 para mais de 80 (BRANCALION et al., 2010) .

Assim a avaliação e o monitoramento das ações relacionadas à restauração são preocupações legítimas considerando os elevados níveis de degradação e o alto valor que é investido em ações (OLIVEIRA, 2011). É importante garantir que os procedimentos metodológicos usados na restauração florestal sejam baseados em processos ecológicos, e ainda considerar as múltiplas trajetórias que os processos de restauração podem seguir, pois dependem das condições de cada sítio e dos objetivos iniciais de cada projeto (EHRENFELD, 2000; PALMER, 2006; BERTONCINI; RODRIGUES, 2008).

Os principais indicadores utilizados na avaliação e monitoramento de áreas restauradas na última década estão relacionados a três categorias de atributos; diversidade, estrutura da vegetação e processos ecológicos (RUIZ JAEN; AIDE, 2005). Os autores destacam que os processos ecológicos não foram medidos com tanta frequência como a diversidade e estrutura da vegetação, e na maioria das vezes os parâmetros utilizados foram em relação à presença de micorrizas e de medidas indiretas associadas à herbívora, polinização, predação e parasitismo, e também sobre o ciclo dos nutrientes no solo.

Estudos sobre interações entre as plantas e os animais são importantes para o monitoramento de áreas restauradas, pois a ausência dos animais que realizam a polinização e dispersão pode levar à diminuição das populações vegetais (BAWA, 1985).

Para que os polinizadores sejam atraídos à diversidade de flores presente simultaneamente é importante, e estudo fenológico da vegetação torna-se uma abordagem importante, pois permite estudar as mudanças sazonais nos ecossistemas, e as maneiras como as mesmas afetam as interações animais-plantas (REIS; KAGEYAMA, 2003; HOMEN, 2011). O conhecimento da floração e frutificação permite prever os períodos de reprodução das plantas, seus ciclos de crescimento e outras características de grande valia nos ecossistemas florestais e na restauração de ecossistemas, e auxilia no entendimento das interações entre plantas e animais (FOURNIER, 1974; HOMEN, 2011).

Para melhor entender o funcionamento das interações entre plantas e animais estão sendo usadas teias ditróficas, que consideram dois níveis tróficos, um do recurso e outro do consumidor (LEWINSOHN et al., 2006). Essa é uma abordagem mais interativa e importante para a geração de hipóteses mais consistentes sobre a funcionalidade dos ecossistemas (BIESMEIJER et al., 2005; PIGOZZO; VIANA, 2010). A avaliação das redes de interação nas áreas de restauração pode auxiliar a compreensão de como as interações estão sendo reconstruídas, assim como pode permitir a avaliação do futuro das florestas restauradas (DONATI, 2011).

Muitos trabalhos utilizam insetos nos estudos de interação entre plantas e animais, pois de forma geral são organismos apropriados para serem usados como indicadores em diversas situações, pois são abundantes e exercem diversas funções em diferentes ecossistemas, como a polinização de diversas espécies vegetais (KEVAN, 1999).

Existem cerca de 40.000 espécies de polinizadores, dos quais 25.000 são abelhas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2004). Elas são consideradas os principais insetos polinizadores não somente pela maioria numérica, mas também por serem responsáveis pela polinização de muitas espécies de plantas, nativas ou culturas agrícolas. Estima-se que 900 culturas entre as 1300 culturas mais comercializadas no mundo dependam delas para reprodução (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2004).

Elas se diferem de outros polinizadores por serem eficientes tanto na polinização de plantas silvestres como de plantas cultivadas, pois necessitam como fontes de

recursos de alimento pólen, néctar e óleos. Isso faz com que elas estejam em contato constante com diversas flores, aumentando a chance de transferirem grãos de pólen dentro da mesma flor ou entre flores diferentes da mesma espécie de planta (FREITAS, 1999).

O Brasil é um país privilegiado pela diversidade de abelhas, segundo o catálogo Moure (2008) existem 1678 espécies de abelhas catalogadas. Somente no Estado de São Paulo existem mais de 720 espécies (PEDRO; CAMARGO, 1999).

Considerando a importância do monitoramento em áreas em processo de restauração utilizando diferentes parâmetros, sejam estruturais e/ou funcionais, e a importância do conhecimento da disponibilidade dos recursos florais e das interações ecológicas, e a importância das abelhas como polinizadoras nas áreas naturais e conseqüentemente para as áreas em processo de restauração, o objetivo geral deste trabalho foi identificar o padrão de floração na área em processo de restauração, considerando o período de três anos após o estabelecimento. O objetivo específico foi avaliar a utilização das espécies lenhosas pela comunidade de abelhas visitantes florais.

Este trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro aborda a fenologia e a caracterização da floração de oito espécies vegetais lenhosas. Os métodos utilizados para esse estudo foi o registro da presença ou ausência da fenofase floração entre os indivíduos das espécies, e a estimativa da intensidade da floração nos indivíduos através do índice de intensidade (FOURNIER, 1974).

O segundo capítulo apresenta a riqueza de abelhas visitantes florais das oito espécies vegetais lenhosas observadas durante o ano de 2011, e descreve os recursos adquiridos por elas no momento da visita, discute a estrutura da rede de interação qualitativa entre as espécies. Posteriormente são apresentadas uma discussão e conclusão geral como síntese dos resultados obtidos.

**CAPÍTULO I - FENOLOGIA DA FLORAÇÃO DE ESPÉCIES LENHOSAS EM UMA
ÁREA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL LOCALIZADA EM
ARARAS-SP**

RESUMO

Os principais objetivos da restauração florestal estão relacionados à conservação e preservação, ao cumprimento da legislação e a recuperação dos serviços ambientais. Nesse contexto o monitoramento e avaliação de projetos de restauração tornam-se muito importantes. As principais formas de avaliação desses projetos utilizam padrões estruturais, e tendo em vista serem escassas as informações fenológicas em projetos de restauração, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da fenofase floração de oito espécies lenhosas de uma área restaurada com três anos de idade localizada no Centro de Ciências Agrárias da UFSCar em Araras - SP. Para isso foram utilizados índices de atividade e intensidade que geralmente são empregados em estudos em áreas naturais para fazer inferência sobre a ocorrência e disponibilidade de recursos florais. Foram observados todos os indivíduos de sete espécies plantadas, e 18 indivíduos de uma espécie regenerante, em uma área de um hectare, no período entre janeiro e dezembro de 2011. Entre as espécies plantadas o período de floração com maior sincronismo e intensidade foi entre janeiro e março, na estação mais quente e úmida do ano. Nos meses mais frios e secos a espécie *Solanum lycocarpum* foi importante para manutenção de flores na área. Conclui-se que ainda é necessária maior diversidade de espécies lenhosas com flores nesse período, para ocorrer sequencia na floração durante todo o ano, e assim disponibilizar recursos florais continuamente. As características almejadas quanto à disponibilidade de recursos florais o ano todo poderão ser alcançadas com o passar dos anos, quando novas espécies apresentarem fase reprodutiva, pois a área ainda é muito jovem.

Palavras-chave: Monitoramento. Atividade. Intensidade.

ABSTRACT

The main goals of forest restoration are related to conservation and preservation, enforcement and protection of environmental services. In this context the monitoring and evaluation of restoration projects become very important. The main ways of evaluating these projects using structural patterns, and in order to be little information on phenological restoration projects, this study aimed to evaluate the behavior of the flowering phenology of eight woody species in a restored area with three years of age located Center for Agricultural Sciences in Araras UFSCar - SP. Were used for this activity indices and intensity that are usually employed in studies of natural areas to make inferences about the occurrence and availability of flowers. We observed all individuals of seven species planted, and 18 individuals of a species regenerating in an area of one hectare in the period between January and December 2011. Among the species planted the flowering period of more timing and intensity was between January and March, the hottest season of the year and wet. In the colder months and dry *Solanum lycocarpum* species was important for maintaining flowers in the area. We conclude that it is still a need for greater diversity of woody species with flowers that period, the flowering sequence to occur throughout the year, and thus provide floral resources continuously. The characteristics desired for the availability of floral resources throughout the year can be achieved over the years, when new species being the reproductive phase, because the area is still very young

Keywords: Monitoring. Activity. Intensity.

1 INTRODUÇÃO

As ações no campo da restauração ecológica estão voltadas a dar valorização à diversidade de espécies a serem introduzidas nas áreas, para que mais rapidamente sejam atingidas a autonomia da comunidade e a recuperação de processos ecológicos (BRANCALION et al., 2010).

A avaliação e monitoramento de diferentes projetos são necessários para que as ações sejam avaliadas e possam avançar em diferentes situações, e muitas metodologias de monitoramento e avaliação são usadas, como por exemplo, a avaliação do incremento da serrapilheira (MACHADO et al., 2008) a dinâmica da composição florística (MELLO et al., 2007) a fauna de artrópodes (LONGCORE, 2003) a macrofauna edáfica (DAMASCENO, 2005) as redes de interação entre animais e plantas (FRAGOSO, 2009) entre outras.

Poucos monitoramentos de áreas restauradas utilizam estudos fenológicos (ARRUDA et al., 2008; HOMEN, 2011) assim como poucos trabalhos utilizam critérios fenológicos para a escolha das espécies para restauração (KNOWLES; PARROTTA, 1995; ZAMITH; SCARANO, 2004).

A fenologia pode ser definida como o estudo da ocorrência de eventos biológicos repetitivos, e das causas de sua ocorrência em relação aos fatores bióticos e abióticos, e da sua inter-relação entre as fases caracterizadas por estes eventos, dentro de uma mesma ou de várias espécies, pode ser aplicada em vários estudos agrônômicos e silviculturais, e pode ser considerado um bom parâmetro para caracterizar ecossistemas (LIETH, 1974).

Nos estudos sobre fenologia os fatores bióticos e abióticos estão profundamente envolvidos e a dissociação entre eles é impossível (VAN SCHAİK et al., 1993). Existem estudos fenológicos com o objetivo de examinar o comportamento das fenofases em relação a fatores ambientais, e se concentram nas mudanças fisiológicas imediatas apresentadas pelas plantas. Outros estudos têm o objetivo de documentar a fenologia das plantas com interesse de gerar índices para avaliação da disponibilidade de recursos para os consumidores, e pode oferecer percepções sobre as causas evolucionárias selecionadas por determinados padrões fenológicos (VAN SCHAİK et

al., 1993; FOURNIER, 1974). No entanto existe uma grande diversidade de nomenclatura para classificação de padrões fenológicos das espécies vegetais, a mais utilizada é a classificação de Newstrom et al. (1994) que propuseram uma classificação baseada nos padrões de florescimento de plantas das florestas tropicais úmidas da Costa Rica.

Nas florestas tropicais os estudos fenológicos envolvendo observação direta de plantas utilizam principalmente dois métodos de avaliação (BENK; MORELLATO, 2002). Um é qualitativo e define apenas a presença ou ausência da fenofase desejada e também é chamado de índice de atividade (FRANKIE et al., 1974). O outro é semi-quantitativo, com a aplicação de categorias de quantificação que estimam a intensidade do evento fenológico em cada indivíduo, sendo mais comum a utilização de cinco categorias de quantificação (0 a 4), com intervalo de 25% entre elas, também é chamado de índice de intensidade ou índice de Fournier (FOURNIER, 1974).

Os principais trabalhos realizados no Brasil com esses métodos foram desenvolvidos em áreas naturais, e procederam à análise dos dados utilizando apenas um método, seja o índice de atividade (MORELLATO; LEITÃO FILHO, 1990; MORELLATO et al., 1990) ou percentual de intensidade de Fournier (TALORA; MORELLATO, 2000).

Considerando a importância de estudos fenológicos para áreas em processo de restauração, este trabalho teve como objetivo identificar o padrão de floração da área em processo de restauração após o período de três anos de seu estabelecimento.

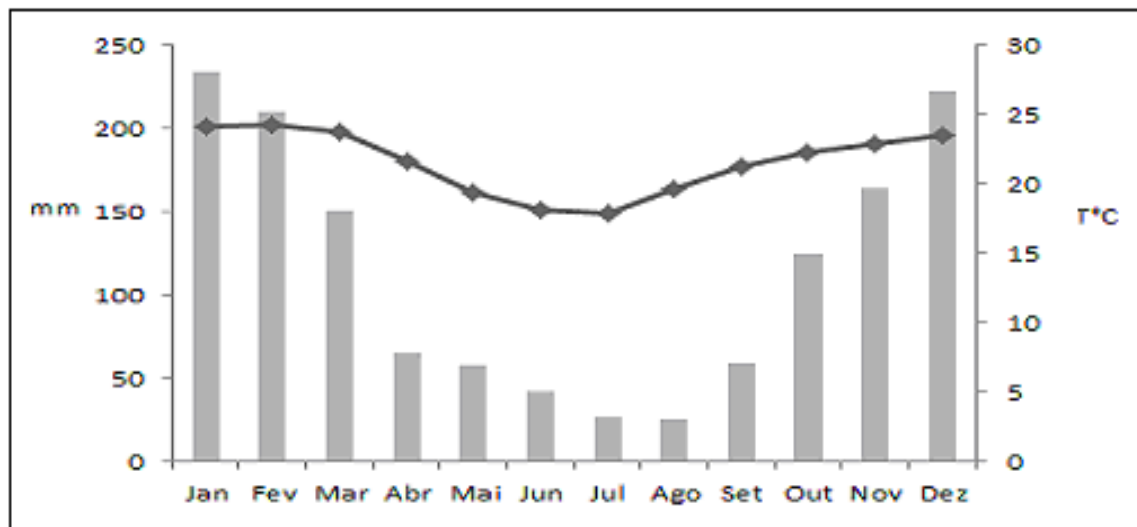
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área localizada no campus da Universidade Federal de São Carlos no Centro de Ciências Agrárias em Araras-SP, entre as coordenadas 22°17'56.9" S e 47°22'53.80" W. A cidade de Araras está localizada a 620 m de altitude, o clima é classificado como Clima Tropical de Altitude segundo Koeppen Geiger, caracterizado por ser mesotérmico com verões quentes e úmidos e invernos secos. A média anual da temperatura encontra-se em torno de 23°C. A média anual das

temperaturas máximas encontra-se em torno de 28°C, enquanto que das temperaturas mínimas encontram-se em torno de 18°C. Os meses mais quentes são entre novembro e março, e os meses mais frios entre maio e julho. No verão há grande instabilidade, com grandes chuvas concentradas de outubro a março. Os meses de dezembro a fevereiro são responsáveis por cerca de 50% da precipitação anual que é de 1.400 a 1.500 mm. Os meses mais chuvosos ocorrem de novembro a março e os mais secos ocorrem em junho, julho e agosto, onde a precipitação pluviométrica fica em torno de 35mm (Figura 1).

Figura 1 - Dados climáticos de precipitação média (—)mm e temperatura média (—) °C construídos a partir de dados coletados na Estação Meteorológica Cepagri/Feagri/Unicamp entre 1988-2008.



Fonte: Estação Meteorológica Cepagri/Feagri/Unicamp entre 1988-2008.

O campus da UFSCar de Araras possui 226,50 hectares de extensão com 69,61 ha de área construída e 144,12 ha de áreas agrícolas e apenas 12,77 ha de remanescentes de vegetação nativa. Na tentativa de recuperar áreas naturais e aumentar o componente florestal do *campus*, a partir de março de 2009 iniciou-se um reflorestamento com plantio heterogêneo de mudas localizado em área de preservação permanente (Figura 2).

Figura 2 - Fisionomia em 2011 da área de preservação permanente do Centro de Ciências Agrárias – Araras.



A metodologia utilizada nesse plantio foi proposta por pesquisadores do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal - LERF (GANDOLFI et al., 2009) com linhas plantadas com espécies de preenchimento e linhas com espécies de diversidade (informação pessoal de FONTANETTI em 17 de abril de 2012).

Apesar de ser recomendável pelos pesquisadores do LERF a introdução somente de espécies nativas e de ocorrência na região, o presente reflorestamento utilizou também espécies nativas de outras regiões do Brasil e algumas espécies exóticas. Foram plantados 387 indivíduos divididos em 32 espécies arbóreas (Quadro 1).

Esta área é constantemente utilizada como laboratório de campo, e várias aulas práticas de diferentes disciplinas são realizadas lá. Desta forma, a maioria das espécies já estavam identificadas com placas. Não foram identificadas 9 espécies arbóreas.

Quadro 1 - Espécies e número de indivíduos plantados na área de preservação permanente do Centro de Ciências Agrárias.

Espécies Vegetais Plantadas	n°	Espécies Vegetais Plantadas	n°
<i>Bauhinia forficata</i>	1	<i>Schinus molle</i>	30
<i>Bixa orellana</i>	4	<i>Schinus terebinthifolius</i>	29
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	9	<i>Schizolobium parahyba</i>	18
<i>Calophyllum brasiliensis</i>	1	<i>Senna multifuga</i>	62
<i>Cedrella fissilis</i>	17	<i>Senna sp</i>	3
<i>Chorisia speciosa</i>	17	<i>Solanum sp</i>	6
<i>Cordia abyssinica</i>	6	<i>Tabebuia sp</i>	29
<i>Croton floribundus</i>	24	sp 1	10
<i>Croton urucurana</i>	4	sp 2	14
<i>Guazuma ulmifolia</i>	8	sp 3	9
<i>Hymenaea courbaril</i>	4	sp 4	9
<i>Lafoensia pacari</i>	21	sp 5	9
<i>Eugenia sp</i>	26	sp 6	6
<i>Cythalexylum myrianthum</i>	14	sp 7	3
<i>Psidium sp</i>	4	sp 8	3
<i>Morus sp</i>	2	sp 9	3
Total = 387			

2.2 Coleta de dados e espécies observadas

As observações fenológicas foram realizadas durante um ano, entre janeiro e dezembro de 2011, com expedições mensais segundo metodologia de Talora e

Morellato (2000). Foram utilizados dois métodos distintos de coleta e de análises de dados (FOURNIER, 1974; FRANKIE et al., 1974).

O índice de atividade ou porcentagem de indivíduos é um método no qual é constatada a presença ou ausência da fenofase nos indivíduos das espécies estudadas, não estimando intensidade ou quantidade do evento fenológico no indivíduo (FRANKIE et al., 1974). Esse método indica a porcentagem de indivíduos das espécies que estão manifestando determinado evento fenológico.

Já o percentual de intensidade, proposto por Fournier (1974), os valores são obtidos em campo através de uma escala intervalar semi-quantitativa de cinco categorias (0 a 4) e intervalo de 25% entre cada categoria, que permite estimar a porcentagem de intensidade da fenofase em cada indivíduo da espécie que apresenta a fenofase (0=ausência; 1= até 25% da copa com floração; 2= 25% a 50% da copa com floração; 3= 50% a 75% da copa com floração; 4 de 75% a 100% da copa com floração). Não foi feita distinção entre botões, flores abertas, e flores com sinais de murcha, todos esses eventos foram considerados fenofase floração.

Em cada mês, fez-se a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos de cada espécie e dividiu-se pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por quatro). O valor obtido que corresponde a uma proporção é multiplicado por 100, para transformá-lo em um valor percentual, conforme descrito na fórmula abaixo.

$$Fa = \left(\sum_{i=1}^n Fi / 4 \times n \right) \times 100$$

Foram feitas observações em 7 espécies plantadas, e todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou superior a 5 cm foram observados (MANTOVANI et al., 2003). Todos os indivíduos das espécies plantadas que se enquadravam nesse parâmetro foram observados, somando 187 indivíduos. As espécies plantadas estudadas foram *Bixa orellana* L. família Bixaceae (n=4), *Cordia abyssinica* R.Br família Boraginaceae (n= 6), *Cróton floribundus* Spreng família Euphorbiaceae (n=24), *Lafoensia pacari* Saint-Hilaire família Lythraceae (n=21), *Schinus molle* L (n=30) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (n=29) ambas da família

O quadro 2 ilustra o número de indivíduos que apresentavam a floração em cada mês do ano. Observa-se que a fenofase já estava ocorrendo antes do início da coleta de dados, pois as espécies com floração no mês de janeiro apresentavam muitos indivíduos com alta intensidade da fenofase, assim provavelmente as observações foram iniciadas no período de pico de floração dessas espécies (Figura 4).

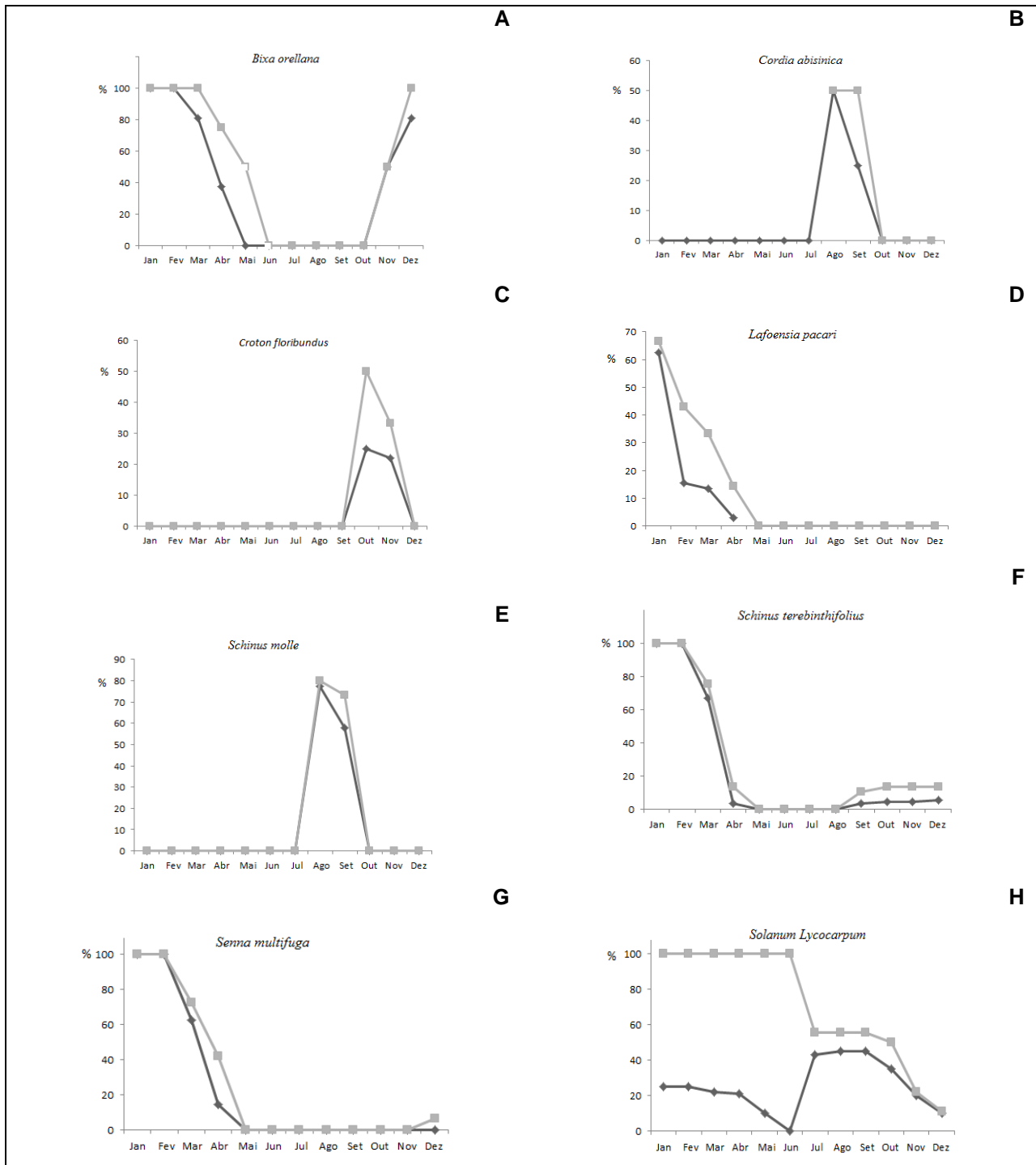
As espécies que apresentaram picos de atividade e intensidade (considerando botões, flores abertas e em ponto de murcha) igual a 100% foram *Bixa orellana* e *Schinus terebinthifolius*, *Senna multijuga* e *Solanum lycocarpum*. As espécies *Cordia abyssinica* e *Cróton floribundus* apresentaram os menores índices com 25% e 50% (Figura 4 B,C).

Os picos de atividade e de intensidade coincidiram para maioria das espécies, com exceção de *Solanum lycocarpum* que teve picos de atividade no período de janeiro a junho com 100%, porém com intensidade máxima de 20%, chegando a 0% em junho. E teve pico de intensidade com 43% entre julho e setembro quando a atividade era de 46% (Figura 4H).

Quadro 2 - Números de indivíduos das espécies lenhosas estudadas que apresentaram a fenofase floração durante o ano de 2011 na área restaurada do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar - Araras.

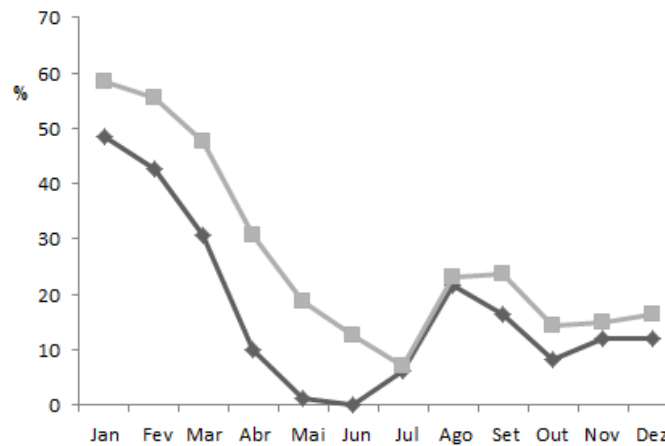
Espécies	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<i>Bixa orellana</i>	4	4	4	3	2	0	0	0	0	0	2	4
<i>Croton floribundus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8	0
<i>Cordia abyssinica</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
<i>Lafoensia pacari</i>	14	9	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schinus molle</i>	0	0	0	0	0	0	0	24	22	0	0	0
<i>Schinus terebinthifolius</i>	29	29	22	4	0	0	0	0	3	4	6	7
<i>Senna multijuga</i>	62	62	45	26	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Solanum lycocarpum</i>	18	18	18	18	18	10	10	10	10	9	4	2
Número total de indivíduos com flor	127	122	96	54	20	10	10	37	38	25	20	17

Figura 4 - Índice de atividade (—) e de intensidade (—) da fenofase floração obtida pelos valores mensais de cada espécie no período de janeiro de 2011 a dezembro de 2011 na área restaurada do Centro de Ciências Agrárias - UFSCar – Araras; A. *Bixa orellana*; B. *Cordia abyssinica*; C. *Cróton floribundus*; D. *Lafoensia pacari*; E. *Schinus molle*; F. *Schinus terebinthifolius*; G. *Senna multijuga*; H. *Solanum lycocarpum*.



Os meses com maior sincronismo e intensidade foram os quentes e úmidos, de janeiro a março, na estação do verão. Os valores chegaram a 60%, enquanto que no inverno, entre os meses de junho e julho, apenas uma espécie apresentou atividade e a intensidade foi muito baixa. No período posterior entre os meses de agosto a dezembro, compreendido pela estação da primavera, a atividade chegou ao máximo de 30% e a intensidade a 25% (Figura 5).

Figura 5 - Índice de atividade (—) e de intensidade (—◆—) da fenofase floração obtida pela média dos valores mensais de todas 8 espécies lenhosas observadas com floração no período de janeiro de 2011 a dezembro de 2011 na área restaurada do Centro de Ciências Agrárias - UFSCar - Araras.



4 DISCUSSÃO

A área restaurada completando três anos apresentou espécies lenhosas na fase reprodutiva. A floração ocorreu de forma sazonal, a maior diversidade de espécies florescendo foi observada no verão entre os meses de janeiro e março, e os outros meses foram menos diversos, principalmente no período do inverno em junho e julho. As espécies *Bixa orellana* e *Schinus teribenthifolius* apresentaram padrão sub-anual de floração, com mais de uma floração no ano, enquanto que a espécie regenerante apresentou padrão contínuo de floração, o ano todo, e as outras apresentaram padrão anual de floração, com um período de floração por ano, segundo a classificação de Newstrom et al. (1994).

O período de maior sincronismo entre as espécies e entre os indivíduos de cada espécie correspondeu ao verão e o número de indivíduos com flor entre o período de junho a dezembro foi menor em relação ao período entre janeiro a abril.

A espécie regenerante *Solanum lycocarpum* apresentou desajuste temporal entre os picos de atividade e de intensidade. A espécie apresentou intensidade de floração maior durante o inverno e a primavera, e maior atividade de janeiro a março. No período de menor atividade e intensidade na área considerando todas as espécies estudadas, esta espécie apresentava pico de intensidade, salientando a importância de usar os dois métodos nos estudos de fenologia, e fazer a distinção entre os dois índices utilizados (BENK; MORELLATO, 2002). A espécie *Solanum lycocarpum* possui características interessantes do ponto de vista da biologia reprodutiva, que provavelmente estão favorecendo sua ampla ocupação, tendo em vista que a planta floresce e frutifica durante todo o ano (MOURA et al., 2010). Em áreas de Cerrado, Oliveira-Filho e Oliveira (1988) a consideraram como invasora de áreas devastadas pelo homem e em pastagens, com alta capacidade de ocupação de áreas descobertas.

Os picos de atividade e intensidade coincidiram para todas as espécies plantadas, e o período entre junho e dezembro apresentou menos indivíduos com flor e menor intensidade de floração. Segundo Benk e Morellato (2002) o pico de intensidade de determinada fenofase pode estar mais relacionado a fatores bióticos tais como a presença, atividade ou abundância de polinizadores e/ou dispersores, uma vez que guarda relação direta com a abundância do recurso. O pico de atividade, por sua vez, pode estar mais relacionado com características endógenas e com fatores abióticos que atuam sobre a fisiologia da planta, determinando ou restringindo o período de ocorrência das fenofases.

Existem alguns estudos fenológicos desenvolvidos próximos da região do presente estudo em áreas naturais, porém em tipologias vegetais diferentes (MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1990; 1992; MORELLATO et al., 1989; 1990) e o período de maior floração aconteceu na transição entre as épocas seca e úmida, de setembro a novembro, na primavera. Homen (2011) também registrou maiores índices no período de setembro a novembro em áreas restauradas com 10 anos em Botucatu, onde foram utilizadas diferentes espécies nos plantios.

As espécies avaliadas nesse estudo são diferentes das espécies observadas nos estudos citados acima, e com características biológicas diferentes, isso pode explicar a diferença nos resultados. As espécies com maior intensidade de florescimento ocorreram no verão, e também foram às espécies com maior período de floração, enquanto que as espécies com florescimento na primavera tiveram período de floração mais curto e menos intenso, além de *Bixa orellana* e *Schinus molle* estarem na segunda floração no ano. Conhecer a biologia das espécies introduzidas é essencial (GANDOLFI et al., 2009) para prever alguns eventos, como a floração e disponibilidade de recursos para visitantes florais.

Conclui-se que estudos fenológicos são importantes como ferramentas de avaliação de projetos de restauração, assim como são importantes no auxílio da escolha das espécies a serem introduzidas em áreas a serem restauradas. Nos meses mais frios e secos a espécie *Solanum lycocarpum* foi importante para manutenção de flores na área, mas ainda é necessária maior diversidade de espécies lenhosas com flores nesse período, para ocorrer sequência na floração durante todo o ano, e assim disponibilizar recursos florais continuamente. As características almejadas quanto à disponibilidade de recursos florais o ano todo poderão ser alcançadas com o passar dos anos, quando novas espécies apresentarem fase reprodutiva, pois a área ainda é muito jovem.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARRUDA, R.; FLORENCIO, C.; FIGUEIREDO, R. A.; LIMA, M. Composição e fenologia de espécies herbáceas nativas em reflorestamento heterogêneo. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 525-533, 2009.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 237-248, 2002.

BRANCALION, P. H. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **A classificação climática de koeppen ara o estado de São Paulo**. Disponível em <<http://www.cpa.unicamp.br>>. Acesso em 12 jan.2012.

DAMASCENO, A. C. F. **Macrofauna edáfica, regeneração natural de espécies arbóreas, lianas e epífitas em florestas em processo de restauração com diferentes idades no Pontal do Paranapanema**. 2005. 107 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FRAGOSO, F. P. **A Entomofauna Visitante Floral de Espécies Arbóreas da Floresta da USP-RP, Área de Restauração de Mata Estacional Semidecídua**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

FRANKIE, G. N.; BAKER, H.; OPLER, P. A. Comparative phonological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 62, p. 881-913, 1974.

FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas em árvores. **Turrialba**, San Jose, v. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.

GANDOLFI, S.; BELLOTTO, A.; RODRIGUES, R. R. Inserção do conceito de grupos funcionais na restauração, baseada no conhecimento da biologia das espécies In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF, ESALQ; Instituto BioAtlântica, 2009, p. 62 – 77.

HOMEM, M.N.G. **Padrões Fenológicos em Ecossistemas em Processo de Restauração e em Fragmento Florestal Vizinho**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, 2011.

KNOWLES, O. H.; PARROTTA, J. A. Amazonian forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and field performance indices. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford, v. 74, n. 3, p. 230-243, 1995.

LONGCORE, T. Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in coastal sage scrub (California, USA). **Restoration Ecology**, Boston, v. 11, p. 397-409, 2003.

LIETH, H. Purpose of a phenology book. In: LIETH, H. **Phenology and seasonality modeling**. Berlin: Springer, 1974, p. 3-19.

MACHADO, M. R.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, M. G. Produção de serrapilheira como indicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p.143-151, 2008.

MANTOVANI, M. et al. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária a Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 451-458, 2003.

MELLO, A. C. G.; MIRANDA, D. L. C.; DURIGAN, G. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no médio vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 321-328, 2007.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na serra do Japi, Jundiáí, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 1, p. 163-173, 1990.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas: Editora da Unicamp/Fapesp, 1992, p. 112-140.

MORELLATO, L. P. C. et al. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de florestas de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiáí, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 12, p. 85-98, 1989.

MORELLATO, L. P. C. et al. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiáí, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 1, p. 149-162, 1990.

MOURA, T. M.; XAVIER, G. C.; CHAVES, L. J. Correlação entre floração, frutificação e variáveis ambientais em *Solanum lycocarpum*. A. St. Hil, Solanaceae. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26. 3, p. 457-462, 2010.

NEWSTROM, L. E. et al. Diversity of long-term flowering patterns. In: MCDADE, L. A. et al. **La selva**: ecology and natural history of a neotropical rain forest. Chicago: University Chicago, 1994. p. 142-160.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; OLIVEIRA, L. C. A.; Biologia Floral de uma População de *Solanum lycocarpum* em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 11, p. 23-32, 1988.

TALORA, D. C.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 13-26, 2000.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The phenology of tropical forest: adaptative significance and consequences of consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 24, p. 353-377, 1993.

ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 18, p. 161- 176, 2004.

**CAPITULO II - REDE DE INTERAÇÃO ENTRE ABELHAS VISITANTES E PLANTAS
EM UMA ÁREA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL LOCALIZADA
EM ARARAS-SP**

RESUMO

Diferentes ações de monitoramento são desenvolvidas para avaliação em áreas em processo de restauração florestal, e os principais parâmetros utilizados estão relacionados à estrutura e a função. Considerando a importância dos parâmetros funcionais e das interações estabelecidas entre as abelhas e as plantas o presente trabalho teve como objetivo identificar a riqueza de abelhas visitantes e como estas interagem com plantas lenhosas em uma área reflorestada após três anos de estabelecimento, localizada no centro de Ciências Agrárias – Araras. Foram identificadas 20 espécies de abelhas, sendo 19 nativas e uma exótica representada pela *Apis mellifera*. Estas espécies de abelhas estão divididas em três famílias, sendo Apidae, Andrenidae e Halictidae, e 16 gêneros. A rede de interação estabelecida na área de estudo teve 68 interações das 160 possíveis com a conectância igual 42,5%. Os principais recursos coletados foram néctar e pólen. A rede de interações apresentou-se aninhada, com T igual a 13,80 e NODF igual a 64,9 ambos estatisticamente significativos ($p < 0,001$). Conclui-se que essa rede é heterogênea, e esta caracterizada por apresentar espécies generalistas que interagem com espécies especialistas, estabelecendo uma rede funcional que disponibiliza recursos para as espécies persistirem na área.

Palavras-chave: Planta-animal. Aninhamento. Conectância.

ABSTRACT

Different monitoring actions are developed for evaluation in areas where forest restoration process, and the main parameters used are related to the structure and function. Considering the importance of functional parameters and the interactions established between the bees and the plants present study aimed to identify the richness of bees and how they interact with woody plants in a reforested area after three years of establishment, located in the center of Sciences Agricultural - Macaws. We identified twenty species of bees, and nineteen native and exotic represented by Apis honey. These bee species are divided into three families, and Apidae, and Halictidae Andrenidade, and 16 genera. The interaction network established in the study area had 68 of 160 possible interactions with the same connectance 42.5%. The main features were collected nectar and pollen. The network of interactions presented nested, with T equal to 13.80 and equal to 64.9 NODF both statistically significant ($p < 0.001$). It is concluded that said network is heterogeneous and this species characterized by the general species that interact with specialists, establishing a network function providing resources to persist in the species.

Keywords: Plant-animal. Nesting. Connectance.

1 INTRODUÇÃO

A conservação de polinizadores é um tema que ganhou muito destaque na última década, um exemplo disso foi à criação da Iniciativa Brasileira de Polinizadores, que foi formatada através de iniciativas da comunidade científica, apoiada pela ação governamental, desenvolvida pelo Ministério do Meio Ambiente (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2007). Segundo os autores, o interesse maior foi o de conservar a biodiversidade agrícola, e para isso era necessário ampliar as bases de conhecimento sobre as abelhas e seu papel como polinizadores, e o foco do programa brasileiro proposto pelo ministério do meio ambiente era a polinização de culturas de interesse agrícola.

Existem numerosos motivos para que as abelhas visitem as flores, assim como existem diversas maneiras pelas quais as flores atraem abelhas: oferecem alimento, produzem substâncias utilizadas por elas na construção do ninho ou necessárias para sua reprodução, escondem recursos florais como óleo, pólen e néctar enganam os visitantes florais para receberem visitas, ou servem como local de acasalamento, o que resulta numa diversidade de interações entre ambas (MICHENER, 2007).

As abelhas se diferem quanto ao ciclo de vida e apresentam diversos níveis de sociabilidade, segundo Michener (1969) foram classificadas como solitárias, parasocial, subsocial que são as abelhas primitivamente sociais, e eussociais que são altamente sociais. E as cinco famílias apresentam padrões diferentes e diversificados de sociabilidade; Colletidae tem padrão solitário, Halictidae eussocial, parasocial e solitário, Andrenidae solitário e comunal, Megachilidae solitário e parasocial, Apidae solitário, eussocial, parasocial e subsocial (MICHENER, 1974).

A estreita relação entre abelhas e plantas é favorável ao desenvolvimento de estudos com uma abordagem de redes interativas para descrever padrões em sistemas ecológicos (PIGOZZO; VIANA, 2010), pois atualmente existe um conjunto de teorias bem desenvolvido que visa compreender como interações ecológicas são moldadas (JORDANO; BASCOMPTE, 2003; BASCOMPTE et al., 2003). Este corpo teórico se concentra no estudo de interações entre pares de espécies, por exemplo, plantas e abelhas, e para entender o funcionamento das interações em diversos sistemas

ecológicas estão sendo usadas teias ditróficas, que consideram dois níveis tróficos, um do recurso e outro do consumidor (LEWINSOHN et al., 2006).

Alguns índices foram propostos para descrição qualitativa de redes de interações entre plantas e visitantes florais: A conectância mede a generalização da rede (JORDANO, 1987) e o grau médio mede o grau da generalização na comunidade. O padrão topológico que define a simetria da rede é definido principalmente pelo tamanho e números de conexões, Lewinsohn et al. (2006) consideraram que as redes podem apresentar quatro tipos de simetria; em gradiente, compartimentada, combinada ou aninhada.

O índice de aninhamento foi proposto inicialmente para explicar a composição de espécies em ilhas e também tem sido usado para descrever interações interespecíficas entre comunidades, como plantas e animais (ALMEIDA-NETO et al., 2008). Este índice é gerado a partir da manipulação de uma matriz de presença e ausência, chamada também chamada de matriz de adjacência. São vários os índices de aninhamento propostos na literatura, e as redes mutualísticas apresentam padrão aninhado, e padrões aninhados em matrizes de interação emergem quando as espécies especialistas formam subgrupos que visitam as espécies generalistas (GUIMARÃES; GUIMARÃES, 2006).

Alguns trabalhos com redes ecológicas foram desenvolvidos em áreas em processo de restauração, na Inglaterra Forup e Memmott (2005) e Forup et al. (2008) estudaram as redes de visitantes florais e de transporte de pólen entre áreas preservadas e restauradas. Na Mata Atlântica foram realizados alguns trabalhos com redes de interações e avaliaram diferentes áreas em processo de restauração. Estes trabalhos utilizaram insetos visitantes florais e suas interações com as plantas de diferentes estratos vegetais, e concluíram que essa abordagem uma importante ferramenta para monitoramento e avaliação de projetos de restauração florestal, devido o importante papel das interações que se estabelecem nos sistemas naturais e em regeneração (FRAGOSO, 2009; DONATI, 2011).

Considerando a importância da abordagem de redes ecológicas em áreas em processo de restauração, e a importância das abelhas e de seus serviços ambientais para estas áreas e para as culturas agrícolas do entorno, o objetivo deste trabalho foi

avaliar a utilização de espécies lenhosas de uma área em processo de restauração após três anos do estabelecimento pela comunidade de abelhas visitantes florais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudos e espécies observadas

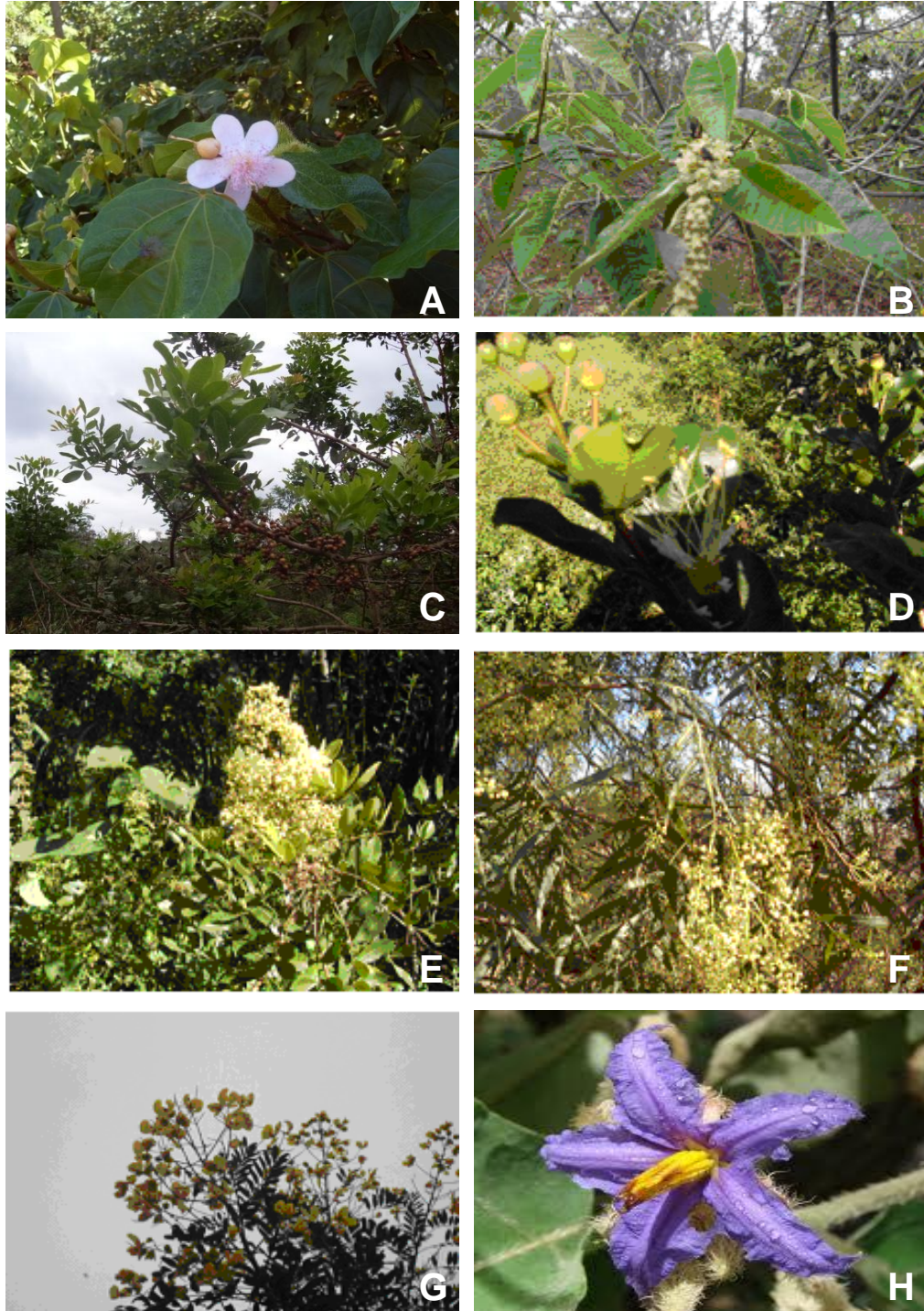
O estudo foi realizado em uma área de um hectare, restaurada com metodologia de plantio heterogêneo de mudas, com linhas de diversidade e linhas de preenchimento conforme proposto pelos pesquisadores do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (FONTANETTI, informação pessoal e 17 de abril de 2012). A área é de preservação permanente, e está localizada no campus da Universidade de Federal São Carlos no Centro de Ciências Agrárias em Araras-SP, entre as coordenadas 22°17'56.9" S e 47°22'53.80" W.

Foram feitas observações em sete espécies plantadas, e todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou superior a cinco centímetros foram observados (MANTOVANI et al., 2003). Todos os indivíduos das espécies plantadas que se enquadravam nesse parâmetro foram observados, somando 187 indivíduos. As espécies plantadas estudadas foram *Bixa orellana* L. Bixaceae (n=4), *Cordia abyssinica* R.Br Boraginaceae (n= 6), *Cróton floribundus* Spreng Euphorbiaceae (n=24), *Lafoensia pacari* Saint-Hilaire Lythraceae (n=21), *Schinus molle* L. Anacardiaceae (n=30), *Schinus terebinthifolius* Raddi Anacardiaceae (n=29), *Senna multijuga* Rich Fabaceae (n=62). Foi observada também uma espécie regenerante, a *Solanum lycocarpum* St. Hil Solanaceae (n=18), e os indivíduos da espécie que foram observados apresentaram altura maior ou igual a um metro, e diâmetro médio de cinco centímetros (Quadro1 e Figura 1).

Quadro 1 – Espécies vegetais, família, sistema sexual e sistema de polinização.

Espécie Vegetal	Família	Sistema Sexual	Sistema de Polinização
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixacea	Hermafrodita	Melitofilia
<i>Croton floribundus</i> Spreng	Euforbiacea	Hermafrodita	Melitofilia
<i>Cordia abyssinica</i> R.Br	Boraginacea	Hermafrodita	Cantarofilia Miofilia
<i>Lafoensia pacari</i> Saint-Hilaire	Lythraceae	Hermafrodita	Quiropterofilia
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardeacea	Dioica	Melitofilia
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardeacea	Dioica	Melitofilia
<i>Senna multifuga</i> Rich	Fabacea	Hermafrodita	Melitofilia
<i>Solanum Lycocarpum</i> St. Hil	Solanaceae	Hermafrodita	Melitofilia

Figura 1- Fotos das espécies observadas durante 2011. **A** *Bixa orellana*, **B** *Cróton floribundus*, **C** *Cordia abyssinica*, **D** *Lafoensia pacari*, **E** *Schinus terebinthifolius*, **F** *Schinus molle*, **G** *Senna multijuga*, **H** *Solanum lycocarpum*.



2.2 Coleta de abelhas

Mensalmente durante janeiro a dezembro de 2011 foram realizadas visitas à área de estudo para observar indícios de floração nas espécies vegetais estudadas. Sempre que se constatava a ocorrência de botões, eram feitas visitas diárias até o período de abertura das flores, de modo que a coleta de abelhas visitantes florais fosse sempre realizada após esse período. Deu-se preferência aos indivíduos que estavam próximos de outros indivíduos com flor, e aos que estavam com maior intensidade fenológica em cada mês.

As observações e coletas foram realizadas por uma pessoa, e abrangeram os horários entre 8:00 e 18:00 horas, divididos em dois períodos (8:00h as 13:00h e 13:00h as 18:00h) observando um período por dia em dias consecutivos, com observação extra nos horários de maior visitação, totalizando 16 horas de observação para cada espécie por mês. No caso de espécies dióicas, ambos os sexos foram observados, sendo oito horas para cada.

As observações nas flores foram realizadas diretamente sem o auxílio de binóculos, pois as plantas estavam com altura entre dois a três metros, e as inflorescências estavam ao alcance das observações.

Nas visitas foi registrado o recurso coletado em cada planta. Todas as espécies de abelhas que visitavam as flores foram coletadas com auxílio de uma rede entomológica ou com sacos plásticos direto nas flores ou inflorescências, sendo registrados data e horário. Posteriormente foram colocadas em frascos mortíferos com acetato de etila e conservadas com álcool 70%, e montadas com alfinetes entomológicos.

A identificação das abelhas foi feita pelo Prof. Dr. Sinval Silveira Neto do Museu de Entomologia da Escola Superior Agricultura Luíz de Queiroz em Piracicaba. O material coletado foi destinado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos *campus* Araras para dar início à coleção de abelhas.

2.3 Análise de dados

Foram utilizados índices e métricas para a descrição de uma rede de interações qualitativa. Optou-se por uma rede qualitativa devido à flexibilidade na coleta dos dados, e a possibilidade de obter outras informações na mesma coleta, que no caso do presente trabalho se referem às observações de comportamento de visita e recursos coletados.

A conectância (C) mede a conectividade de uma rede, é a proporção das conexões que de fato são observadas. É obtida pela razão entre o número de interações observadas (E) e o número de interações possíveis, que por sua vez é dada pela fórmula: $C = E/A.P$ onde P são as plantas e A os animais da rede.

O grau das abelhas e das plantas (k) é o número de interações em que cada espécie esteve envolvida. A distribuição do grau foi feita graficamente, em uma representação de barras verticais, onde no eixo x está representado o número de interações estabelecidas (grau) e no eixo y, o número de espécies que apresentaram determinado grau, seja de plantas ou animais.

Para avaliar o grau de aninhamento da rede de interações foram usados dois índices de aninhamento, o T e o NODF (*Nestedness metric based on Overlap and Decerasing Fill*) que são calculados a partir de uma matriz de presença ou ausência, também chamada de matriz de adjacência (Anexo 1). Os índices representam a medida da quantidade de presenças e ausências inesperadas na matriz (Figura 2).

Figura 2 - Representação de uma matriz aninhada onde às presenças são os números 1, e estão acima da isoclina (linha vermelha —) e as ausências que são o número 0 estão abaixo. As células circuladas em vermelho são as presenças e ausências inesperadas na matriz a partir da isoclina.

1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

O índice T foi selecionado por ser amplamente utilizado em estudos anteriores, sendo útil quando se deseja comparar os dados obtidos no estudo com dados já publicados. Enquanto que o índice NODF foi selecionado por ser um índice com propriedades estatísticas mais consistentes.

O índice T foi originalmente proposto e desenvolvido por Atmar e Patterson (1993) é uma analogia das interações e o comportamento das moléculas frente à temperatura. A temperatura é prevista em relação a uma isoclina, uma curva que separa as regiões, de forma que a área abaixo da curva iguala-se a área sobre ela. A isoclina não tem uma equação analítica que a descreva e o índice não é normalizado. Quando um sistema termodinâmico esta com temperatura igual a 0 todas as partículas estão em um estado de mínima energia, ou no estado fundamental, desta forma o estado completamente aninhado é associado ao valor igual a 0.

O NODF é mais realista, é também é obtido a partir da matriz binária de presença e ausência. Através da utilização do modelo nulo tipo CE o aninhamento observado é comparado a um aninhamento esperado, onde a probabilidade de uma interação ocorrer é proporcional ao grau do generalismo da planta e do animal, associado a uma dada célula da matriz (ALMEIDA-NETO et al., 2008). Esse índice é mais conservador de maneira que se apresenta biologicamente mais plausível.

Ambos os índices foram calculados no programa ANINHADO (GUMARÃES; GUIMARÃES, 2006). Confeccionou-se um grafo bipartido utilizando o programa PAJEK (*Program for Large Network Analysis* – BATAGELJ; MRVAR, 1998).

3 RESULTADOS

Foram identificadas 20 espécies de abelhas, sendo 19 nativas e uma exótica representada pela *Apis mellífera* africanizada (quadro 2). Estas espécies de abelhas estão divididas em três famílias; Apidae (80%) Andrenidae (5%) e Halictidae (15%). Entre as espécies ocorreram dezesseis gêneros (Figuras 3 e 4).

O mês com maior riqueza de abelhas observadas foi fevereiro, devido à visita da espécie *Melitoma segmentaria* que só foi observada nesse mês. Os meses com menos

abelhas foram em maio com 4 e junho e julho com nenhuma, nos outros meses foram observadas entre 14 e 16 abelhas (Figura 5).

Figura 3 - Porcentagem de espécie por família de abelha encontrada na área estudada no *campus* UFSCar - Araras durante 2011 representam no estudo.

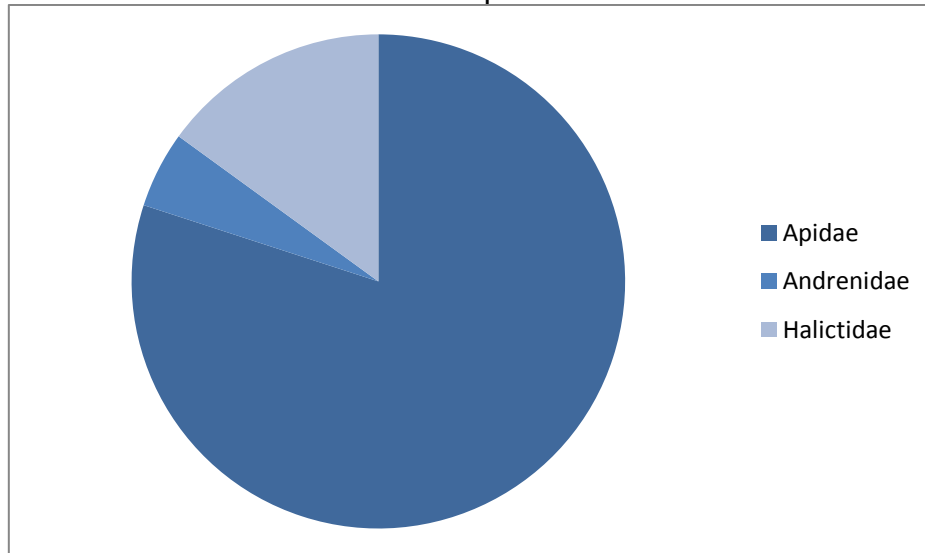


Figura 4 - Porcentagem de gêneros de abelhas encontradas na área estudada no *campus* UFSCar - Araras durante 2011 no estudo.

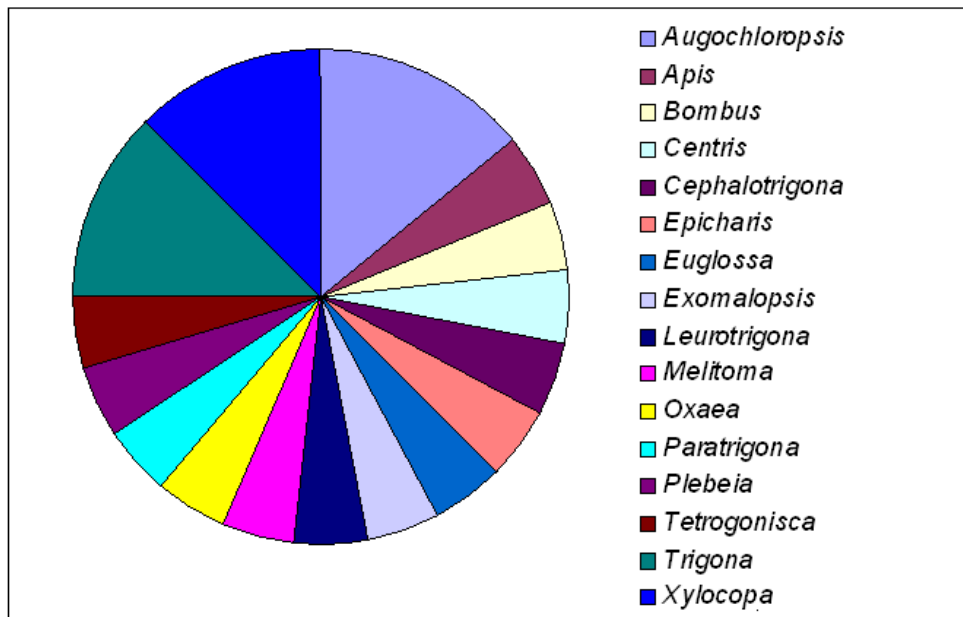
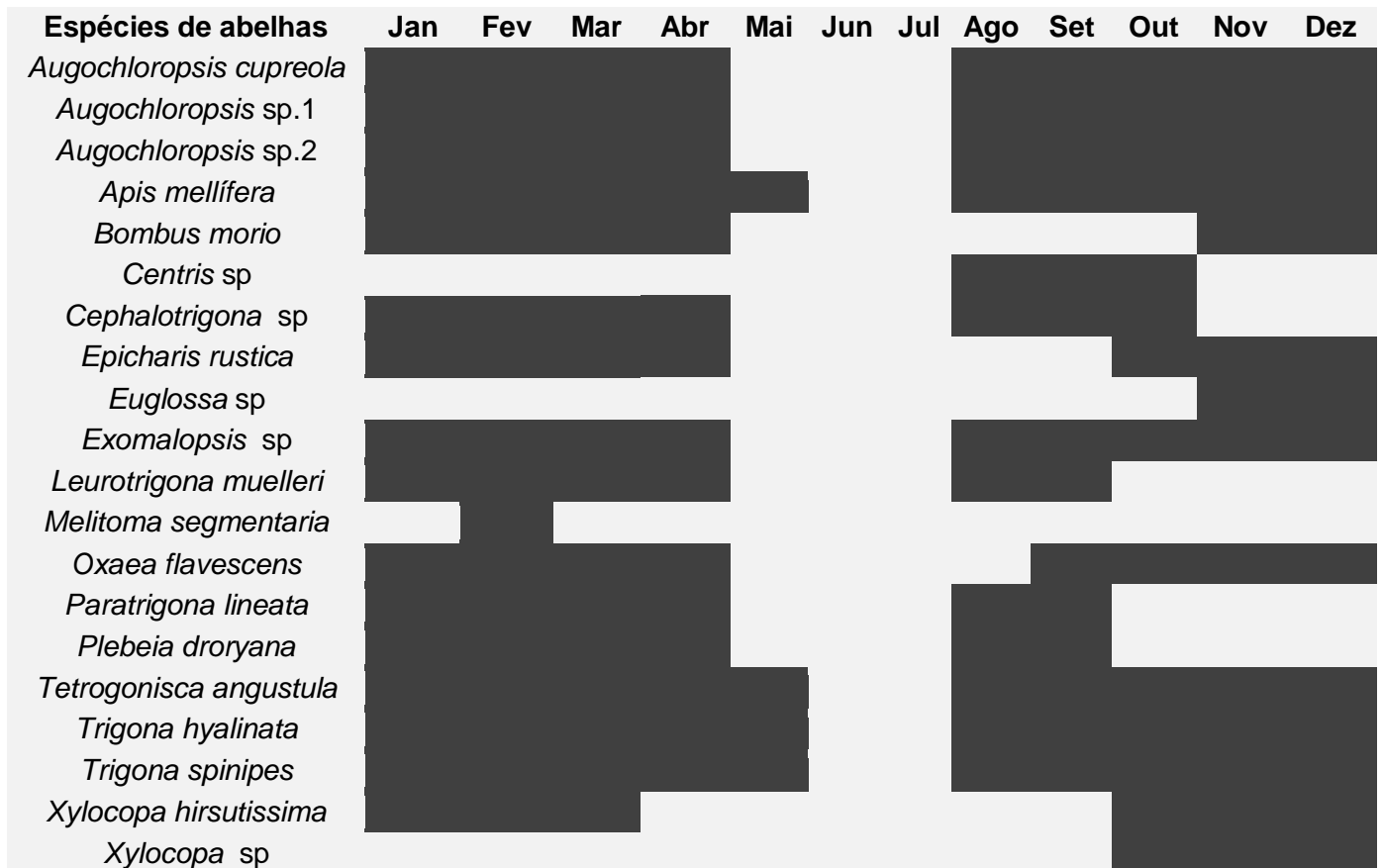


Figura 5 - Período de atividade de forrageio de cada espécie de abelha nas plantas em florescimento na área do estudo.



A rede de interações estabelecida na área de estudo foi composta por 20 espécies de abelhas (Quadro 2) e 8 espécies de plantas (conforme Quadro 1, página 35), sendo, teoricamente, possíveis 160 interações entre as espécies lenhosas e a fauna de abelhas associada. No entanto, dentre essas interações apenas 68 (C = 42,5%) foram observadas.

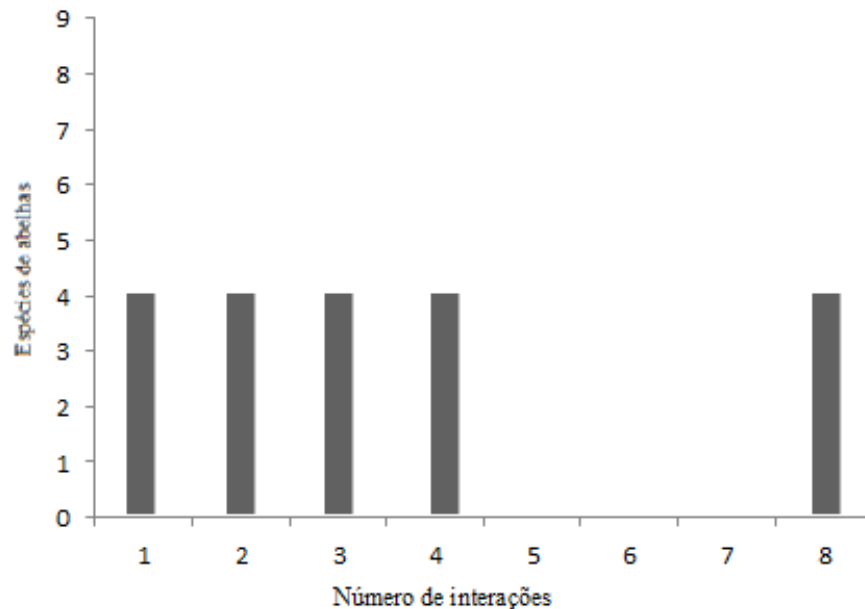
Quadro 2 - Espécies de abelhas visitantes coletadas durante o ano de 2011 na área restaurada da Universidade Federal de São Carlos – Araras. Espécie, família e símbolo atribuído para a confecção dos gráficos e grafo bipartido.

Espécies de abelhas	*Família	*Abreviatura
<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900)	Halictidae	Auc
<i>Augochloropsis</i> sp.1	Halictidae	Au1
<i>Augochloropsis</i> sp.2	Halictidae	Au2
<i>Apis mellifera</i> scutellata (Lepeletier, 1836)	Apidae	Am
<i>Bombus morio</i> (Swederus, 1787)	Apidae	Bm
<i>Centris</i> sp.1	Apidae	Cen
<i>Cephalotrigona</i> sp	Apidae	Cep
<i>Epicharis rustica</i> (Olivier, 1789)	Apidae	Epi
<i>Euglossa</i> sp	Apidae	Eug
<i>Exomalopsis</i> sp	Apidae	Exo
<i>Leurotrigona muelleri</i> (Friese, 1900)	Apidae	Leu
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	Apidae	Mel
<i>Oxaea flavescens</i> (Klug, 1807)	Andrenidae	Oxa
<i>Paratrigona lineata</i> (Lepeletier, 1836)	Apidae	Par
<i>Plebeia droryana</i> (Friese, 1900)	Apidae	Ple
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	Apidae	Tet
<i>Trigona hyalinata</i> (Lepeletier, 1836)	Apidae	Trihy
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	Apidae	Trisp
<i>Xylocopa hirsutissima</i> (Maidl, 1912)	Apidae	Xyl
<i>Xylocopa</i> sp.1	Apidae	Xyl1

*Abreviatura utilizada na ilustração do grafo bipartido.

O grau das abelhas variou de 1 a 8 espécies de plantas (Figura 6). É importante destacar que quatro espécies, *Apis mellífera*, *Trigona hyalinata*, *Trigona spinipes*, *Tetragonisca angustula* interagiram com 100% das plantas estudadas, o que corresponde, dentre as interações observadas, a 47% das interações na rede.

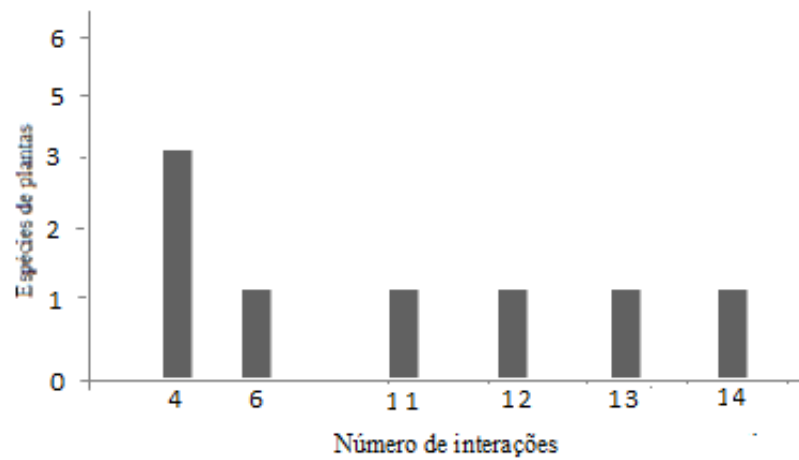
Figura 6 - Distribuição do grau das espécies de abelhas, número de interações estabelecidas pelas espécies de abelhas.



As espécies *Cephalotrigona* sp. *Augochloropsis* sp.1 *Augochloropsis* sp.1 e *Augochloropsis cupreola* interagiram com 50% das plantas; *Bombus morio*, *Epicharis rustica*, *Oxaea flavescens*, *Xylocopa hirsutissima* e interagiram com 37,5% das plantas; *Paratrigona lineata*, *Exomalopsis* sp, *Leurotrigona muelleri*, *Plebeia droryana* interagiram com 25% das plantas; *Xylocopa* sp1, *Euglossa* sp1, *Centris* sp.1 e *Melitoma segmentaria* interagiram com 12,5% .

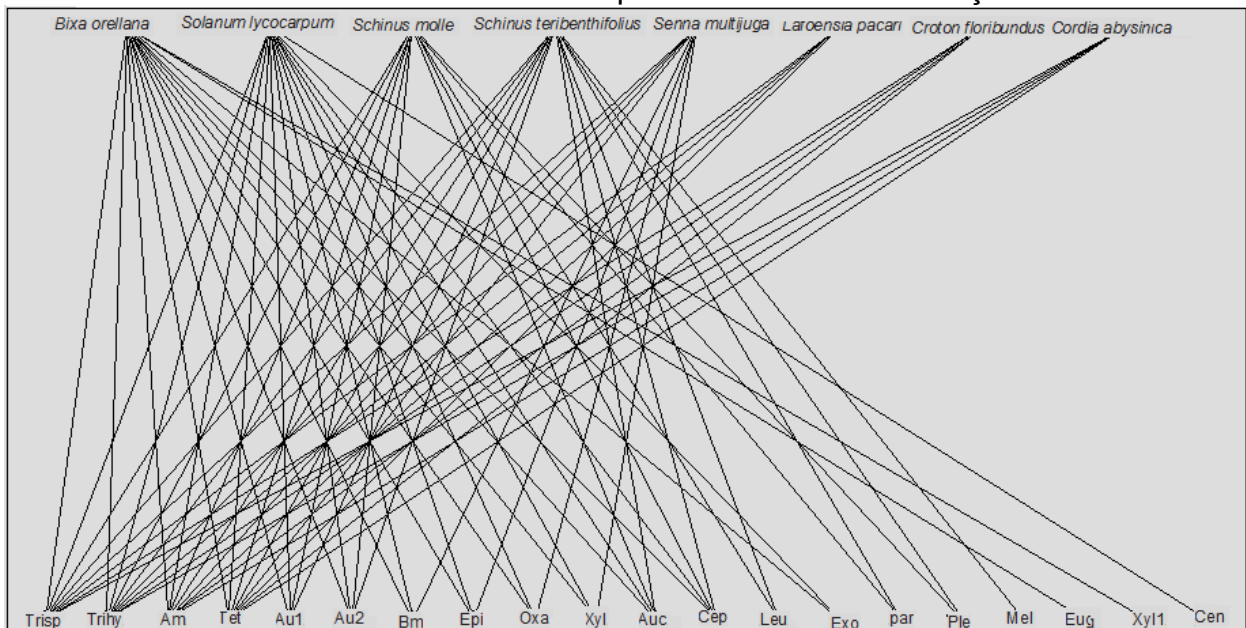
O grau das plantas variou de 4 a 14 espécies de abelhas (Figura 7). A espécie *Bixa orellana* interagiu com 70% das abelhas, e *Solanum lycocarpum* com 65%. *Schinus teribenthifolius* interagiu com 60%, *Schinus molle* com 55%, *Senna multijuga* com 30%, e *Lafoensia pacari*, *Cordia abyssinica* e *Croton floribundus* com 20% das abelhas.

Figura 7 - Distribuição do grau das espécies de plantas, número de interações estabelecidas pelas plantas observadas.



Os índices $T = 13,80$ e $NODF = 64,9$ ambos com $p < 0,001$, e o grafo bipartido (Figura 8) apontam o aninhamento da rede de interações entre abelhas visitantes e espécies lenhosas na área restaurada do *campus* da UFSCar - Araras.

Figura 8 - Grafo bipartido ilustrando as interações entre as espécies e o aninhamento da rede. Cada vértice representa uma espécie, acima estão as espécies vegetais e abaixo as abelhas. As linhas representam as interações observadas.



Os principais recursos coletados foram néctar e pólen (Quadro 3 e Figura 9). Nota-se que as interações estabelecidas entre as abelhas e as espécies lenhosas da área restaurada do *campus* revelaram-se heterogêneas, indicando um sistema assimétrico, onde poucas espécies concentram grande parte das interações e espécies com poucas interações estão conectadas a espécies com muitas interações.

Quadro 3: Recursos coletados pelas abelhas visitantes florais no momento da visita.

Espécies vegetais	*Recursos coletados	*Espécies de abelhas
<i>Bixa orellana</i>	P	Auc, Au1, Au2, Am, Bm, Epi, Exo, Oxa, Tet, Trihy, Trisp, Xyl, Xyl1, Eug
<i>Cordia abyssinica</i>	P, N	Am, Tet, Trihy, Trisp
<i>Croton floribundus</i>	P, N	Am, Tet, Trihy, Trisp
<i>Lafoensia pacari</i>	P, N	Am, Tet, Trihy, Trisp
<i>Schinus molle</i>	P, N	Am, Tet, Trihy, Trisp, Ple, par, Leu, Cep, Au1, Au2, Auc
<i>Schinus terebinthifolius</i>	P, N	Am, Tet, Trihy, Trisp, Ple, par, Leu, Cep, Au1, Au2, Auc, Mel
<i>Senna multijuga</i>	P	Xyl, Oxa, Epi, Trisp, Trihy, Bm
<i>Solanum lycocarpum</i>	P	Auc, Au1, Au2, Am, Bm, Epi, Exo, Oxa, Tet, Trihy, Trisp, Xyl, Cen

*P=Pólen e N=Néctar

*Abreviatura Quadro 1.

Figura 9 - **A** Abelha “mamangava” visitando *Senna multijuga* para coletar pólen; **B** Abelha *Bombus morio* visitando *Bixa orellana* com comportamento de vibração para retirada do pólen; **C** Abelhas do gênero *Trigona* visitando *Schinus teribenthifolius* para coletar néctar e pólen; **D** Abelhas do gênero *Trigona* visitando *Cróton floribundus* para coletar néctar e pólen.



4 DISCUSSÃO

Entre todas as famílias de abelhas, Apidae é a maior, compreendendo as abelhas africanizadas (Apinae), as “mamangavas” (Bombini), e as abelhas das orquídeas (Euglossini) e as abelhas sem ferrão (Meliponini) além de outros vários grupos menos estudados (MICHENER, 2007). As espécies de abelhas encontradas na área correspondem ao esperado, pois no estado de São Paulo a fauna de abelhas é caracterizada por uma elevada diversidade de espécies de Apidae sociais e solitários, e os grupos eusociais de Apidae (Meliponini, Apini,) são mais abundantes em termos de número de indivíduos, o que está diretamente associado a colônias muito populosas (PEDRO; CAMARGO, 1999).

A conectância dessa rede foi maior do que a de uma rede de espécies de abelhas e espécies de plantas na Caatinga, em um trabalho realizado por Pigozzo e Viana (2010) que encontraram 70 espécies de abelhas visitando 40 espécies vegetais, e a conectância foi apenas 10,6%, muito menor que o encontrado no presente trabalho que possui apenas 20 abelhas e oito plantas. A conectância encontrada no presente estudo também foi maior em relação às redes entre visitantes florais e plantas em áreas restauradas na Mata Atlântica (DONATI, 2011). Existe uma tendência de que quanto maior for à riqueza de visitantes e de plantas de uma rede interativa, ocorrerem menos interações e a conectância ser menor, com pequena parte das interações possíveis se realizando (JORDANO et al., 2006; OLESEN et al., 2006).

Neste trabalho a maioria das interações estabelecidas pelas abelhas foram realizadas por 4 espécies eussociais, que são consideradas generalistas em relação à coleta de recursos, pois visitam uma grande diversidade de espécies de plantas e tipos florais variados (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 1993; PEDRO; CAMARGO, 1999). Duas dessas espécies, a *Tetragonisca angustula* e a *Trigona spinipes* são consideradas abelhas comuns e abundantes em ambientes antrópicos no estado de São Paulo. É importante considerar que os visitantes florais mais importantes e abundantes são as abelhas eussociais que respondem por cerca de 30-50% das interações observadas em diferentes ecossistemas brasileiros (BIESMEIJER et al., 2005).

Para as plantas foi observado um padrão similar, onde a maioria delas foi generalista em relação à riqueza de abelhas visitantes, e as três plantas que obtiveram um menor número de espécies de abelhas visitantes (*Lafoensia pacari*, *Cróton floribundus*, *Cordia abyssinica*) receberam as abelhas mais generalistas, as que visitaram todas as plantas e com grau mais alto (*Apis mellifera*, *Trigona hyalinata* e *Trigona spinipes* e *Tetragonisca angustula*). Segundo Reis e Kageyama (2003) é esperado que espécies pioneiras, como é o caso das espécies que foram estudadas nesse trabalho, sejam generalistas em relação aos sistemas de polinização.

O fato da rede em questão ser relativamente pequena, e a maioria das interações terem sido realizadas por espécies abundantes e generalistas pode explicar o alto valor da conectância. Esse fato também pode explicar o aninhamento da rede,

pois uma das hipóteses para a organização das redes aninhadas, segundo Lewinsohn et al. (2006) e a existência de espécies mais abundantes visitando grande parte da comunidade vegetal, associado à habilidade das espécies de visitantes em utilizarem os recursos de maneira ampla ou restrita são as principais causas das redes serem aninhadas.

Os resultados obtidos na área em processo de restauração esta de acordo com o esperado, pois as interações mutualísticas são na maioria das vezes generalistas no sistema, e a especialização é uma exceção (WASER et al., 1996). Mesmo quando a espécie de abelha foi observada visitando apenas uma espécie de planta, como *Melitona segmentaria* foi observada somente em *Schinus terebinthifolius*, assim como *Centris* sp. foi observada somente em *Solanum lycocarpum*, *Xylocopa* sp.1 e *Euglossa* sp.1 foram observadas somente em *Bixa orellana*, não pode ser considerado um caso de especialização, pois isso pode estar relacionado com a ocorrência das visitas ou com a raridade de um inseto ou ainda ao fato da amostragem não ter detectado as visitas dessas espécies em outras plantas (MEMMOTT et al., 2004).

Conclui-se que a área em processo de restauração completando três anos tem uma rede de interação entre as abelhas e as espécies lenhosas pequenas, mas com muitas interações ocorrendo, e pode ser considerada uma rede generalista e funcional, pois 20 espécies de abelhas coletaram recursos florais. As espécies de abelhas coletam pólen e néctar quando estes recursos estavam disponíveis, e observou-se sazonalidade no forrageamento, com diminuição de espécies de abelhas em atividade nos meses mais frios. A rede é assimétrica e aninhada, onde as espécies apresentam padrões diferentes de interações, com poucas espécies de plantas e de animais realizando a maioria das interações, e as espécies com menos interações interagem com as espécies mais generalistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALMEIDA-NETO, M. P.; GUIMARÃES, P. R.; GUIMARÃES, R.; Loyola, D.; Ulrich, W. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. **Oikos**, Viçosa, v.117, p.1227-1239, 2008.

ATMAR W.; PATTERSON, B. D. The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat. **Oecologia**, Rio de Janeiro, v 96, p. 373–82, 1993.

BASCOMPTE J.; JORDANO, P.; MELIAN, C.; OLESEN, J. M. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, p. 9383- 9387, 2003.

BATAGELJ, V.; MRVAR, A. Pajek - Program for Large Network Analysis. **Connections**, v. 21, n. 2, p. 47-57,1998.

BIESMEIJER, C.; SLAA, E. J.; CASTRO, M. S.; VIANA, B. F.; KLEINERT, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Connectance of Brazilian Social bee-food plant networks is influenced by habitat, but not by latitude, altitude or network size. **Biota Neotropica**, Boston, v.5, p 1-10, 2005.

DONATI, A. J. **Como estão organizadas as redes de interações de visitação floral em áreas de restauração de floresta atlântica?** 2011, 46 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná, 2011.

FRAGOSO, F. P. **A Entomofauna Visitante Floral de Espécies Arbóreas da Floresta da USP-RP, Área de Restauração de Mata Estacional Semidecídua.** 2009, 56 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

FORUP, M.L. AND J. MEMMOTT. The restoration of plant-pollinator interactions in hay meadows. **Restoration Ecology**, Boston, v.13, p. 265-274, 2005.

FORUP, M. L.; HENSON, K. S. E.; CRAZE, P.; MEMMOTT, J. The restoration of ecological interactions: plant–pollinator networks on ancient and restored heathlands. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 45, p. 742–752, 2008.

GUIMARÃES, P. R.: GUIMARÃES, P. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. **Environmental Modelling and Software**, Oxford, v.21, p. 1512-1513, 2006.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.; GONÇALVES, L. S. A Iniciativa Brasileira de Polinizadores e os avanços para a compreensão do papel dos polinizadores como produtores de serviços ambientais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, 100–106 p, 2007.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A. Abelhas sociais e flores: análise polínica como método de estudo. In: PIRANI, J. R.; LAURINO-CORTOPASSI. **Flores e abelhas em São Paulo**. São Paulo: EDUSP, 1993, p.17-30.

JORDANO, P. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. **American Naturalist**, v. 129, p. 657–677, 1987.

JORDANO, P.; BASCOMPTE, J.; OLESEN, J. M. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. **Ecology Letters**, v 6, p. 69-81, 2003.

JORDANO, P.; BASCOMPTE, J.; OLESEN, J. M. The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. pp.173-199. In: WASER, N.M.; Ollerton, J. **Specialization and generalization in plant-pollinator interactions**. Chicago: University of Chicago Press, 2006, 441p.

LEWINSOHN, T. W.; LOYOLA, R. D.; PRADO, P. I. Matrizes, redes e ordenações: a detecção de estrutura em comunidades interativas. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 10 n.1, p. 90-104, 2006.

MANTOVANI, M. et al. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária a Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 451-458, 2003.

MEMMOTT, J.; WASER, N. M.; PRICE, M. V. Tolerance of pollination network to species extinctions, **Proceedings of Royal Society B**, Londres, v. 271, p. 2605-2611, 2004.

MICHENER, C. D. Comparative social behavior of bees. **Ann Review Entomo**, v. 14, 299-342 p. 1969.

MICHENER, C. D. **The Social Behavior of the Bees**. Cambridge: Harvard University Press, xii+404 p, 1974.

MICHENER, C.D. **The bees of the world**. 2ª ed. Washington, D.C., John Hopkins, 2007, 427 p.

OLESEN, J. M.; BASCOMPTE, J.; DUPONT, Y. L; JORDANO, P. The smallest of all worlds: pollination networks. **Journal of Theoretical Biology**, v. 240, p. 270-276, 2006.

PEDRO, S. R. M.; CAMARGO, J. M. F. Apoidea Apiformes,. In: BRANDÃO, C.R.F.; CANCELLO, E. M. **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil**. Vol. 5: Invertebrados Terrestres. São Paulo: FAPESP, 1999, p.195- 211.

PIGOZZO, C. M.; VIANA, B. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de caatinga. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v.14, n.1, p 100-114, 2010.

WASER, N. M.; CHITTKA, L.; PRICE, M. V.; WILLIAMS, N. M.; OLLERTON, J.
Generalization in Pollination Systems, and Why it Matters. **Ecology**, v. 77, n. 4, p. 1043-1060, 1996.

2 DISCUSSÃO GERAL

Os resultados obtidos mostram que ao menos sete espécies plantadas já atingiram a fase reprodutiva na área completando três anos, e que ocorrem interações com 19 espécies de abelhas nativas e uma espécie exótica. Embora a rede descrita seja de abelhas visitantes, o que não necessariamente significa garantia de polinização das plantas, as abelhas coletaram recursos, e a grande maioria se manteve na área durante vários meses do ano.

Estudos fenológicos de comunidades em florestas tropicais demonstram que a produção de recursos das plantas utilizados por consumidores passa por variações temporais (VAN SCHAİK et al., 1993) e os consumidores de recursos nas comunidades ficam a disposição dessa sazonalidade. Isso fica evidente neste trabalho, pois a riqueza de abelhas visitantes foi influenciada pela disponibilidade de recursos ao longo do ano, e nos meses do inverno não foram observadas abelhas na área. No período mais úmido e quente do ano, entre janeiro e março, ocorreu maior disponibilidade de recursos florais, e também maior riqueza de abelhas. Isso pode denotar também um período de menor atividade de forragemanento das abelhas observadas na área, que corresponde aos meses mais frios e secos.

Segundo Gandolfi et al. (2009) os métodos de restauração devem garantir que sejam introduzidos vários indivíduos de cada espécie arbustivos arbórea, isso poderia garantir a disponibilidade de alimento durante todo o ano a fim de que possam manter uma população permanente na área em restauração. Fatores como o tempo, a duração e a sincronia das várias fases fenológicas influenciam diretamente na quantidade dos recursos disponíveis para os consumidores, entre eles os polinizadores, e isso conseqüentemente influencia a estrutura e o funcionamento das comunidades vegetais naturais, e em regeneração (VAN SCHAİK et al., 1993; HOMEN, 2011). Assim a manutenção de flores para diferentes grupos de polinizadores durante todo o ano é importante, pois a chance que os polinizadores se estabeleçam nesta área fica maior (REIS e KAGEYAMA, 2003).

Na ausência de espécies plantadas com floração nos meses mais frios e secos do ano, a espécie regenerante *Solanum lycocarpum* foi importante por ter floração

continua. Esta espécie foi mais visitada entre o período de agosto a dezembro, quando apresentava maior intensidade de floração. Esta espécie oferece somente o recurso pólen, e nos meses que ela era a única com floração, assim faltou o recurso néctar na área.

Segundo Janzen (1967) as espécies com floração na estação seca teriam vantagens, como, por exemplo, ausência de chuvas muito fortes, melhor visualização das flores pelos polinizadores em decorrência da queda de folhas mais acentuada nessa época e favorecimento da ação dos polinizadores numa época de escassez geral de recursos. Isso pode favorecer algumas interações no período de escassez de floração, que são benéficas para as plantas, como por exemplo, o processo de polinização. No caso da solanáceae em questão, as abelhas vibratórias seriam os principais polinizadores e as mais beneficiadas com o recurso (NUNES-SILVA et al., 2010).

Donati (2011) avaliou como estão organizadas as redes de interação entre insetos visitantes florais em áreas restauradas na Mata Atlântica, e estudou diferentes estratos da vegetação, concluindo que os arbustos e as ervas são chave para o estabelecimento das interações. Isso provavelmente explica o alto grau de interações estabelecidas pela espécie *Solanum lycocarpum*, que pode estar relacionado ao florescimento contínuo da espécie, e pelas baixas intensidades de floração das outras espécies no período de agosto a dezembro de 2011, enquanto que esta espécie apresentava as maiores intensidades de floração durante este período do estudo. Arruda et al. (2008) também destacaram a importância dos eventos fenológicos das espécies herbáceas e arbustivas em áreas em processo de restauração, considerando que geralmente estas espécies apresentam padrão de florescimento contínuo e são responsáveis pela manutenção de recursos para consumidores durante períodos de escassez. Assim seria interessante uma avaliação mais profunda e detalhada sobre a utilização de herbáceas em plantios com objetivos de restauração florestal, pois essa prática é muito comum em diferentes ações, e não se sabe como isso pode prejudicar as interações ecológicas entre os insetos visitantes e consumidores e as plantas herbáceas e arbustivas regenerantes.

As espécies do gênero *Schinus* foram muito importantes para as abelhas, principalmente *Leurotrigona muelleri*, *Paratrigona lineata*, *Plebeia droryana* que apesar de serem generalistas (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 1993) se comportaram na rede como especialistas. Entre janeiro e abril *Schinus teribenthifolius* contribuiu na disponibilidade de recursos florais, e nos meses de agosto e setembro *Schinus molle* recebeu a visita destas mesmas espécies de abelhas, contribuindo para a manutenção delas na área. *Schinus terebinthifolius* é uma planta dioica e com alta plasticidade ecológica, capaz de colonizar e ocupar ambientes profundamente alterados pelo homem, e é uma espécie importante para a fauna de abelhas (LENZI et al., 2003). A dioicia é sistema reprodutivo de *Schinus terebinthifolius*, suas flores além de possuírem órgãos reprodutivos normais, possuem órgãos reduzidos que não são funcionais (LENZI e ORTH, 2004).

Assim a fenologia e morfologia floral das espécies a serem introduzidas em áreas a serem restauradas são critérios importantes e devem ser bem conhecidos. A maioria das listas de espécies arbóreas para plantio em áreas a serem restauradas utilizam o conceito de síndrome de polinização como forma de garantir diversidade de recursos florais para diferentes grupos de polinizadores. Somente essa abordagem pode não ser suficiente, pois existem diferentes sistemas de polinização dentro de um mesmo grupo, como no caso das abelhas, que variam enormemente em comportamento e tamanho do corpo e hábito de vida, e isso influencia na escolha das plantas que elas visitam, na capacidade de coleta de recursos, e nas plantas que são capazes de polinizar (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 1993; SILVEIRA, 2002). Na área estudada, por exemplo, nota-se que apesar das espécies de *Xylocopa*, *Centris*, *Ephicares* e *Oxaea* estarem presentes na área durante muitos meses, elas coletam somente pólen, e ainda não tem nenhuma espécie vegetal com morfologia floral que facilite o pouso dessas espécies para elas colem néctar, e com certeza elas buscam esse recurso em outras áreas. Assim é importante considerar que a diversidade de espécies vegetais introduzidas deve contemplar os diferentes sistemas de polinização, e garantir a inclusão de flores morfologicamente diferentes capazes de oferecerem diferentes recursos para atenderem diferentes visitantes e polinizadores.

São muitos os casos onde se comprova a estreita relação entre abelhas e a vegetação nativa e a produção agrícola, Ricketts et al. (2008) compararam resultados obtidos em 23 estudos com 16 culturas em 5 continentes e mostraram que a frequência de visitas e diversidade de polinizadores diminui exponencialmente à medida que aumenta a distância de ambientes naturais.

No Brasil são diversos os casos que relacionam presença de vegetação nativa e aumento de abelhas polinizadoras. Um estudo realizado no norte fluminense em pomares de maracujá (*Passiflora* sp.) com proximidades diferentes de vegetação nativa demonstrou que a maior riqueza de abelhas polinizadoras foi observada nas áreas de cultivo mais próximas aos fragmentos florestais, fato relacionado à presença de certos grupos de abelhas nativas estabelecidas nessa área (BENEVIDES, 2006). Outros exemplos que pode ser citado foram com cultivos de Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) no município de São José de Ubá, RJ os resultados indicaram que a proximidade a um grande fragmento florestal pode beneficiar a produtividade do tomateiro, devido a maior frequência de polinizadores (DEPRÁ et al., 2011)

Apesar de serem muito importantes às abelhas são frequentemente ameaçadas, entre as principais causas destacam-se o uso de agroquímicos, a introdução de espécies exóticas e a fragmentação dos habitats (KEVAN e IMPERATRIZ-FONSECA, 2002). Quando a vegetação nativa é substituída espécies de abelhas perdem seus habitats e isso pode acarretar sérios problemas não só para espécies vegetais nativas, mas também para culturas agrícolas que dependem delas para a polinização, e que a manutenção de área natural nas propriedades agrícolas é um seguro para a maior produção agrícola. (IMPERATRIZ-FONSECA e NUNES-SILVA, 2010). Assim a restauração ecológica é uma alternativa para manutenção e conservação dessas abelhas, e conseqüentemente para obtenção de serviços ambientais para áreas agrícolas.

3 CONCLUSÃO GERAL

A utilização de estudos fenológicos que abordam tanto ocorrência como intensidade junto com estudos de rede de interação são importantes ferramentas para monitoramento de projetos de restauração, considerando que muitas vezes estudos isolados podem não ser suficientes para inferir sobre a realidade dos processos ecológicos que se estabelecem. A utilização dessas metodologias possibilita melhor avaliação em situações onde determinadas espécies de abelhas ocorrem e são beneficiadas pelas interações com as plantas.

Estudos como este podem dar subsídios para projetos de restauração florestal com plantio heterogêneo de mudas, e inferir diretamente em decisões sobre a escolha das espécies, a diversidade e número de indivíduos que serão introduzidos, considerando a morfologia floral e biologia reprodutiva das plantas, e não somente o conceito de síndrome de polinização. Também podem inferir sobre os tratos culturais utilizados, como o uso ou não de herbicidas para o controle das espécies herbáceas consideradas invasoras, e o manejo e o enriquecimento com novas espécies.

Considerando que a restauração florestal é feita hoje baseada em diferentes objetivos, este estudo contribui quando os objetivos da restauração florestal estiverem relacionados com os serviços ambientais prestados pelas abelhas, como o mel e o própolis entre outros, ou a polinização tanto da vegetação nativa como de culturas agrícolas do entorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARRUDA, R.; FLORENCIO, C.; FIGUEIREDO, R. A.; LIMA, M. Composição e fenologia de espécies herbáceas nativas em reflorestamento heterogêneo. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 525-533, 2009.

BAWA, K. S.; PERRY, D. R.; GRAYUAM, M. H.; COVILLE, R. E. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. **American Journal of Botany**, St. Louis, v.72, n. 3, p. 346-356, 1985.

BRANCALION, P. H. S. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.

BENEVIDES, C. R. **Biologia floral e polinização de passifloraceae nativas e cultivadas na região norte Fluminense-RJ**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacases, 2006.

BERTONCINI, A. P.; RODRIGUES, R. R. Forest restoration in an indigenous land considering a forest remnant influence (Avaí, Sao Paulo State, Brazil). **Forest Ecology and Management**, Oxford, v. 255, p. 513-521, 2008.

BIESMEIJER, C.; SLAA, E. J.; CASTRO, M. S.; VIANA, B. F.; KLEINERT, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Connectance of Brazilian Social bee-food plant networks is influenced by habitat, but not by latitude, altitude or network size. **Biota Neotropica**, Boston, v.5, p 1-10, 2005.

DEPRÁ, M. S.; DELAQUA, G. C. G.; GAGLIANONE, M. C. Influência da cobertura florestal sobre a riqueza e frequência de abelhas polinizadoras do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) em áreas de plantio no município de São José de Ubá, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7, 2011, Fortaleza/CE. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n.2, 2011.

DONATI, A.J. **Como estão organizadas as redes de interações de visitação floral em áreas de restauração de floresta atlântica?** 2011, 46 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná, 2011.

EHRENFELD, J. G. Defining the limits of restoration: the need for realistical goals. **Restoration Ecology**, Boston, v. 8, n. 1, p. 2-9, 2000.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003, p. 3-25.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture** - the international response, p. 19-25, 2004.

FOURNIER, L. A. Un metodo cuantitativo para la medicion de características fenológicas en arboles. **Turrialba**, San jose, v. 24, n.4, p. 422-423, 1974.

FREITAS, B. M. **A vida das abelhas**. Universidade Federal do Ceara, Fortaleza: Craveiro e Craveiro, 1999, CD-ROOM.

GANDOLFI, S.; BELLOTTO, A.; RODRIGUES, R. R. Inserção do conceito de grupos funcionais na restauração, baseada no conhecimento da biologia das espécies In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ, Instituto Bioatlântica, 2009, p. 62 – 77.

HOMEM, M. N. G. **Padrões Fenológicos em Ecossistemas em Processo de Restauração e em Fragmento Florestal Vizinho**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, 2011.

HIGGS, E. The two-culture problem: ecological restoration and the integration of knowledge, **Restoration Ecology**, Boston, v. 13, n. 1, p. 159-164, 2005.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, Boston, v. 10, n. 4, p. 59- 62, 2010.

KEVAN, P. G. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.74, p. 373-393, 1999.

KEVAN, P; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature**. Brasília, DF: Ministry of Environment, p.313, 2002.

JANZEN, D. H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. **Evolution**, v. 21, p. 620-37, 1967.

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

LENZI, M.; ORTH, A. I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, p. 198-201, 2004.

LEWINSOHN, T. W.; LOYOLA, R. D.; PRADO, P. I. Matrizes, redes e ordenações: a detecção de estrutura em comunidades interativas. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 10 n.1, p. 90-104, 2006.

MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. 2008. Disponível em <<http://www.moure.cria.org.br/catalogue>>. Acesso em: 21 set. 2011.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. A polinização por vibração. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 140-151, 2010.

OLIVERA, R. E.. **O estado da arte da ecologia da restauração e sua relação com a restauração de ecossistemas florestais no bioma mata atlântica**. 2011, 256 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista – Campus de Botucatu, 2011.

PALMER, M. A. Ecological theory and restoration ecology. In: PALMER, M. A.; ZEDLER, J.; HOBBS, R. **Foundations of restoration ecology**, Washington, DC: Island Press, p.1-10, 2006.

PEDRO, S. R. M.; CAMARGO, J. M. F. Apoidea Apiformes In: BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M. **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil**. Invertebrados Terrestres. São Paulo: FAPESP, 1999, p.195-211.

PIGOZZO, C. M.; VIANA, B. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de caatinga. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v.14, n.1, p. 100-114, 2010.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração ecológica de Ecossistemas Naturais**, Botucatu: FEPAF, 2003, p. 91-110.

REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural, **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 55, p. 67-73, 2007.

RICKETTS, T. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology**, v.11, p. 499–515, 2008.

RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 year experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Oxford, v. 142, p. 1242-1251, 2009.

RUIZ-JAEN, M. C.; AIDE, T. M. Restoration success: how is it being measured? **Restoration Ecology**, Boston, v. 13, n. 3, p. 569-577, 2005.

SILVEIRA, F. A., MELO, G. A. R; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas Brasileiras - Sistemática e Identificação**. 1ª ed, Belo Horizonte, 253 p, 2002.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. **The SER international primer on ecological restoration**. Version 2. Tucson, 2004. Disponível em: http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp>. Acesso em 12. Jan. 2012.

VAN SCHAIK, C.P.; TERBORGH, J.W.; WRIGHT, S.J. The phenology of tropical forest: adaptative significance and consequences of consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p 353-377, 1993.