

**INTERAÇÕES PLANTAS-VISITANTES FLORAIS EM ÁREAS DE RESTINGA:
ESTRUTURA E REDES ECOLÓGICAS**

MARIANA SCARAMUSSA DEPRÁ

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

FEVEREIRO/2018

**INTERAÇÕES PLANTAS-VISITANTES FLORAIS EM ÁREAS DE RESTINGA:
ESTRUTURA E REDES ECOLÓGICAS**

MARIANA SCARAMUSSA DEPRÁ

“Tese apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais.”

Orientadora: Dra. Maria Cristina Gaglianone

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO/2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do Centro de Biociências e Biotecnologia
da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

742 / 2018

Deprá, Mariana Scaramussa

Interações plantas-visitantes florais em áreas de restinga: estrutura e
redes ecológicas / Mariana Scaramussa Deprá. -- Campos dos
Goytacazes, 2018.

xvii, 98 f. : il.

Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Biociências e
Biotecnologia. Laboratório de Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ecologia de Organismos

Orientador: Gaglianone, Maria Cristina

Bibliografia: f. 12-17; 49-54; 81-85

1. Redes ecológicas 2. Insetos 3. Polinizadores 4. Restinga
5. Restauração I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy
Ribeiro II. Título

580
D424i

**INTERAÇÕES PLANTAS-VISITANTES FLORAIS EM ÁREAS DE
RESTINGA: ESTRUTURA E REDES ECOLÓGICAS**

MARIANA SCARAMUSSA DEPRÁ

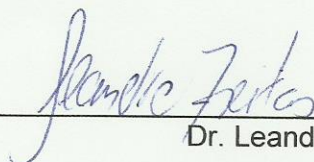
“Tese apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais.”

Aprovada em: 22/02/2018.

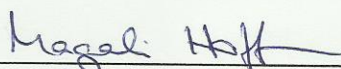
Comissão Examinadora:



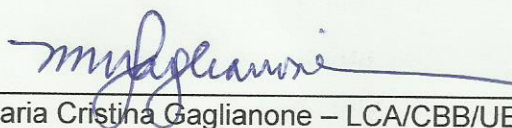
Dra. Ilana Rosental Zalmon – LCA/CBB/UENF



Dr. Leandro Freitas – IP/JBRJ



Dra. Magali Hoffmann – LEF/CCTA/UENF



Dra. Maria Cristina Gaglianone – LCA/CBB/UENF
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

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

À Capes pela concessão da bolsa do Programa Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE) realizado na Newcastle University no Reino Unido.

À prof.^a Maria Cristina Gaglianone pela confiança e oportunidade de orientação.

Ao prof. Darren Evans da Newcatle University no Reino Unido por ter me recebido durante o estágio no exterior pelo PDSE e pelo auxílio nas análises de redes de interações.

À Prumo Logística e ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ), pela permissão de trabalho na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara; em particular ao Daniel Ferreira do Nascimento pelo auxílio na escolha das áreas de estudo e disponibilização de informações sobre o projeto de plantio de mudas para a restauração.

Ao Alan Mattedi, na época bolsista do projeto “Restinga: Conhecer e Conservar” da Fundação Flora de Apoio à Botânica, pelo auxílio na escolha dos pontos amostrais na RPPN Caruara.

Ao André Leal e a Cleide Tavares (Omega Energia) pela autorização de trabalho no Parque Eólico de Gargaú.

Aos meus amigos de laboratório, Anna Pazini, Caíque Barcellos, Carolina Rabelo, Cassio Machado, Ellen Pessoa, Fernanda DelPenho, Fernanda Werneck, Maira Coelho, Júlio Marcos Araújo, Marcelita Marques, Otávio Reis, Sônia Guimarães, Ulli Barros e Vivian Manhães, pelo auxílio no campo, na triagem do material e confecção de etiquetas, na organização das planilhas e na identificação dos insetos e plantas.

Ao meu namorado Vitor Martins Corrêa pelo ajuda nos campos, na digitação de inúmeras planilhas e companhia nos finais de semana de trabalho no laboratório.

Aos técnicos do LCA Helmo Siqueira Carvalho e Gerson Rocha da Purificação pelo auxílio nas coletas de campo.

Aos especialistas dos diferentes grupos de insetos pelo auxílio na identificação. Coleoptera: Magali Hoffmann (UENF) e Ayr Bello. Diptera, Syrphidae: Mírian Nunes Morales (UFLA). Diptera, Bombyliidae: Carlos José Einicker Lamas (USP). Hymenoptera: Gabriel Augusto Rodrigues de Melo (UFPR). Lepidoptera: Diego Rodrigo Dolibaina (UFPR).

A Tatiane Souza da IPF Soluções Florestais pelo auxílio na identificação das espécies de plantas.

Aos membros do comitê de acompanhamento (CA), professores Magali Hoffmann e Marcelo Trindade Nascimento, pela orientação no projeto.

Aos participantes da banca de defesa, professores Ilana Zalmon, Leandro Freitas e Magali Hoffmann, por terem aceitado o convite.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE APÊNDICES	xii
LISTA DE ANEXOS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
CAPÍTULO 1	18
ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE VISITANTES FLORAIS EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO E REMANESCENTE DE RESTINGA NO SUDESTE DO BRASIL.....	18
RESUMO	18
1. INTRODUÇÃO	20
2. OBJETIVO.....	21
3. HIPÓTESE	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1. Áreas de estudo.....	21
3.2. Desenho amostral.....	25
3.3. Amostragem	28
3.4. Análises de Dados.....	28
4. RESULTADOS	29
5. DISCUSSÃO.....	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
7. APÊNDICES	55
8. ANEXOS.....	56
CAPÍTULO 2	58
REDES DE INTERAÇÕES PLANTAS-VISITANTES FLORAIS EM ÁREAS DE REMANESCENTE E RESTAURAÇÃO DE RESTINGA NA RPPN FAZENDA CARUARA, RJ	58
RESUMO	58
1. INTRODUÇÃO	60
2. OBJETIVO.....	61

3. HIPÓTESE	62
4. MATERIAIS E METODOS.....	62
4.1. Área de estudo	62
4.2. Desenho amostral.....	64
4.3. Amostragem	65
4.4. Análise de dados	67
5. RESULTADOS	68
6. DISCUSSÃO.....	77
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
8. APÊNDICES	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1: Exemplos de matrizes de interações mutualísticas entre plantas e animais retirado de Bascompte *et al.*, 2003. Quadrados preenchidos indicam interação observada entre a planta e o animal, igual a 1..... 6

CAPÍTULO 1

Figura 1: Localização das três áreas de estudo: RPPN Caruara e Parque Eólico de Gargaú, no estado do Rio de Janeiro, e Praia das Neves no estado do Espírito Santo..... 22

Figura 2: Acima: Localização dos sítios amostrais nas três áreas de estudo: RPPN Caruara (A2, A3, R2 e R3) e Parque Eólico de Gargaú (R1), no estado do Rio de Janeiro, e Praia das Neves (A1) no estado do Espírito Santo. Abaixo: Destaque para os sítios amostrais localizados na RPPN Caruara (RJ). Quadrados amarelos: sítios amostrais de remanescente (A). Quadrados vermelhos: sítios amostrais de restauração (R)..... 27

Figura 3: Curvas de rarefação para a riqueza de espécies de insetos visitantes florais por amostras obtida nos seis sítios amostrais estudados em áreas de restinga nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. A1-A3: sítios de remanescente R1-R3: sítios de restauração..... 35

Figura 4: Diagrama de ordenação da análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) realizada com as espécies de insetos visitantes florais por *plot* amostral em áreas de restinga nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. A1-A3 (verde): *plots* em sítios de remanescente R1-R3 (vermelho): *plots* em sítios de restauração..... 35

Figura 5: Abundância relativa (%) das ordens de visitantes florais amostradas em cada sítio de remanescente e restauração de restinga estudado nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. A1-A3: sítios de remanescente R1-R3: sítios de restauração..... 36

Figura 6: Abundância relativa (%) das espécies de insetos visitantes florais amostradas nos sítios de remanescente e restauração de restinga estudados nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Estão apresentadas apenas as espécies com abundância relativa superior a 5%. A1-A3: sítios de remanescente R1-R3: sítios de restauração..... 37

Figura 7: Diagrama de ordenação da análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) realizada com as espécies de plantas visitadas por insetos por *plot* amostral em áreas de restinga nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. A1-A3 (verde): *plots* em sítios de remanescente R1-R3 (vermelho): *plots* em sítios de restauração..... 42

Figura 8: Redes de interações entre plantas e insetos visitantes florais para cada **sítio de remanescente** estudado nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Da esquerda para a direita: A1, A2 e A3. Barras do lado esquerdo = espécies de plantas. Barras do lado direito = espécies de insetos visitantes florais. A espessura das linhas indica a frequência de interações..... 43

Figura 9: Redes de interações entre plantas e insetos visitantes florais para cada **sítio de restauração** estudado nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Da esquerda para a direita: A1, A2 e A3. Barras do lado esquerdo = espécies de plantas. Barras do lado direito = espécies de insetos visitantes florais. A espessura das linhas indica a frequência de interações 44

CAPÍTULO 2

Figura 1: Acima: disposição dos *plots* nos sítios de remanescente (A, em amarelo) e restauração (R, em vermelho) de restinga na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). Abaixo: Esquema dos *plots* de remanescente (A) de restauração (B), com destaque para a disposição dos indivíduos no plantio de mudas de restinga realizado na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ)..... 65

Figura 2: Rede de interações quantitativa plantas-visitantes florais registradas no sítio de **remanescente de restinga** na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas na base e insetos no ápice. As linhas representam as interações observadas, cuja espessura representa a frequência de interações. Os códigos das espécies de plantas e visitantes florais estão listados nos apêndices 1 e 2..... 71

Figura 3: Rede de interações quantitativa plantas-visitantes florais registradas no sítio de **restauração de restinga** na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas na base e insetos no ápice. As linhas representam as interações observadas, cuja espessura representa a frequência de interações. Os códigos das espécies de plantas e visitantes florais estão listados nos apêndices 1 e 2..... 72

Figura 4: Rede de interações qualitativa plantas-visitantes florais registradas no sítio de **restauração de restinga** na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas na base (**espécies de regeneração natural**) e no ápice (**espécies plantadas no programa de restauração**); insetos visitantes florais no centro. As linhas representam as interações observadas. Os códigos das espécies de plantas estão listados nos apêndices 1 e 2..... 73

Figura 5: Rede de interações quantitativa entre **espécies plantadas no programa de restauração** e visitantes florais registradas no sítio de **restauração de restinga** na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas na base e insetos no ápice. As linhas representam as interações observadas, cuja espessura representa a frequência de interações. Os códigos das espécies de plantas estão listados nos apêndices 1 e 2..... 74

Figura 6: Rede de interações quantitativa entre **espécies de plantas de regeneração natural** e visitantes florais registradas no sítio de **restauração de restinga** na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas na base e insetos visitantes florais no ápice. As linhas representam as interações observadas, cuja espessura representa a frequência de interações. Os códigos das espécies de plantas estão listados nos apêndices 1 e 2..... 75

Figura 7: Medianas, mínimos, máximos e *outliers* para as métricas de redes de interações plantas-visitantes florais quantitativas dos sítios de remanescente (A) e restauração (R) de restinga estudados na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ)..... 76

Figura 8: Medianas, mínimos, máximos e *outliers* para métricas quantitativas de redes de interações plantas-visitantes florais do sítio de remanescente (A) e de redes de interações entre **espécies plantadas no projeto de restauração** e visitantes florais do sítio de restauração (R) de restinga na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ)..... 77

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela1: Identificação e localização dos sítios amostrais em cada área nas categorias de vegetação de restinga estudadas para avaliação das comunidades de insetos visitantes florais..... 26

Tabela 2: Insetos visitantes florais amostrados em sítios de remanescente (A) e restauração (R) de restinga nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. NI = abundância por espécies; PV = número de espécies de plantas visitadas; H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener; J'= índice de equitatividade de Pielou. Bootstrap = Riqueza estimada pelo estimador Bootstrap..... 31

Tabela 3: Espécies de plantas com registro de visitantes florais em cada sítio amostral de restinga estudado nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. AV = abundância de visitantes florais por sítio; AT= abundância total de visitantes florais; RV = riqueza de visitantes florais por sítio; RT=riqueza total de visitantes florais. * espécies plantadas no programa de restauração..... 39

CAPÍTULO 2

Tabela 1: Efeito da restauração, com referência ao remanescente, sobre as métricas de redes quantitativas individuais (valores de p ajustado pela correção de Bonferroni). Resultado derivado de GLMs independentes. Resultados significativos estão em negrito. A: redes de interações do sítio de restauração compostas por todas as espécies de plantas. B: redes de interações do sítio de restauração compostas somente pelas espécies de plantas inseridas na área através do programa de restauração..... 76

Tabela 2: Espécies de plantas manejadas para a restauração e que foram visitadas por insetos nos sítios de remanescente e restauração, com os respectivos números de flores (NF), números de espécies de visitantes florais (NV) e número de interações (NI) em cada sítio estudado na RPPN Caruara, São João de Barra (RR)..... 77

LISTA DE APÊNDICES

CAPÍTULO 1

Apêndice 1: Interações entre plantas e visitantes florais em áreas de restinga nos estado do Espírito Santo e Rio de Janeiro. A: *Centris* sp1 (Hymenoptera) visitando flor de *Andira fraxinifolia* (Fabaceae). B: indivíduos de *Apis mellifera* (Hymenoptera) em visita as flores de *Allagoptera arenaria* (Arecaceae). C: *Astylus quadrilineatus* (Coleoptera) visitando flor de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae). D: Borboleta da família Nymphalidae (Lepidoptera) em flor de *Waltheria* sp (Malvaceae). E: *Exoprosopa* sp. (Diptera) visitando flor de *Paullinia weinmanniifolia* (Sapindaceae). F: *Astylus quadrilineatus* (Coleoptera) visitando flor de *Borreria verticillata* (Rubiaceae)..... 55

CAPÍTULO 2

Apêndice 1: Espécies de plantas, forma de vida (FV), número de flores (NF), número de interações realizadas (NI) e número de parceiros (NP) amostrados nas áreas de remanescente e restauração estudadas na RPPN Caruara (São João da Barra, RJ). Formas de vida: erva, subarbusto, arbusto, árvore, liana. Número de interações realizadas = abundância de visitantes florais. Número de parceiros = número de espécies de visitantes florais. Cod = códigos utilizados nas redes de interações. *espécies plantadas no programa de restauração..... 86

Apêndice 2: Espécies de insetos visitantes florais, número de interações realizadas (NI) e número de parceiros (NP) amostrados nas áreas de remanescente e restauração estudadas na RPPN Caruara (São João da Barra, RJ). Número de interações realizadas = abundância de indivíduos. Número de parceiros = número de espécies de plantas visitadas. Cod = códigos utilizados nas redes de interações..... 89

Apêndice 3: Suficiência da amostragem das interações usando o método *SCW1* (ver Macgregor *et al.*, 2017), número de plantas, número de insetos visitantes florais e número de interações para cada plot estudado na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ)..... 93

Apêndice 4: Diversidade beta de Jaccard (JBD) entre as redes de interações planta-visitantes florais para todos os pares de plots estudados na RPPN Caruara em São João da Barra (RJ). A1-A5: plots no sítio de remanescente; R6-R10: plots no sítio de restauração. JBD é dividida em quatro componentes, correspondentes ao *turnover* das interações devido à mudança tanto nas espécies de plantas como visitantes florais (Bph), somente nas espécies de plantas (Bp), somente nas espécies de visitantes florais (Bh) e na preferência dos visitantes florais por espécies de planta entre as redes de interações (Bo) (ver Novotny, 2009)..... 94

Apêndice 5: Redes de interações quantitativas plantas-visitantes florais amostradas cada plot na área de remanescente (acima) e restauração (abaixo) de restinga na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas no lado esquerdo e insetos no lado direito. As linhas representam as interações observadas..... 95

LISTA DE ANEXOS

CAPÍTULO 1

- Anexo 1: Esquema do plantio realizado em 2011 na RPPN Caruara, seguindo a metodologia proposta por Tieppo (2011). Esquerda: círculo proposto para áreas secas. Direita: círculo proposto para áreas alagáveis. Círculos azuis: representam indivíduos de espécies classificadas como pioneiras; círculos amarelos: representam indivíduos de espécies classificadas como secundárias iniciais; círculos vermelhos: representam indivíduos de espécies classificadas como secundária tardias; triângulos verdes: representam indivíduos de *Clusia* sp. Adaptado de Tieppo (2011)..... 56
- Anexo 2: Lista das espécies utilizadas para a recomposição da vegetação na RPPN Caruara (cedida por D. F. Nascimento)..... 56

RESUMO

A maioria das espécies de angiospermas é polinizada por animais, principalmente insetos. A presença de insetos polinizadores em áreas de restauração é um dos fatores determinantes para a manutenção e o estabelecimento das populações de plantas nesse processo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estabelecimento e a estrutura das interações entre plantas e visitantes florais em áreas de restauração de restingas através da comparação com remanescentes de restinga madura. O estudo foi desenvolvido em sítios amostrais de restauração e de remanescente de vegetação arbustiva aberta em três restingas nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Um total de 3001 insetos visitantes florais foi amostrado, sendo a maioria das espécies de abelhas, pertencentes à ordem Hymenoptera. A abundância e riqueza de insetos foram maiores nas áreas de restauração, resultados influenciados principalmente pelas espécies generalistas. A composição de espécies de plantas e de visitantes florais diferiu entre as áreas comparadas. A maioria das plantas em florescimento na restauração correspondeu a herbáceas naturalmente regenerantes, que apresentaram grande abundância de flores, o que resultou na maior atratividade de visitantes. Quando analisadas as redes de interações planta-visitantes florais, a robustez dos visitantes (*robustness HL*) foi maior na restauração, o que é explicado pela presença de muitas espécies generalistas nesse ambiente ao longo da distribuição analisada. A equitatividade de interações (*Interaction evenness*) foi menor na restauração, indicando que no remanescente as interações estão menos concentradas e por isso mais distribuídas entre diferentes espécies de plantas e insetos. Nestas áreas, insetos da ordem Hymenoptera foram os mais importantes e as espécies *Xylocopa ordinaria* e *Centris* sp1 (Apidae) visitaram o maior número de espécies vegetais. Nas áreas de restauração, insetos da ordem Coleoptera dominaram as interações observadas e o besouro *Astylus quadrilineatus* (Melyridae) e abelha *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae) foram os principais visitantes florais. Os resultados desse estudo indicam que insetos visitantes florais estão presentes nas áreas de restauração e que as interações entre plantas e insetos polinizadores estão se estabelecendo nesses locais. Entretanto, a estrutura destas interações difere da área de restinga madura, principalmente pela composição distinta da fauna de insetos, como evidenciado principalmente no capítulo 1 desta tese. Além disso, o presente estudo indicou que

espécies herbáceas naturalmente regenerantes são importantes fontes de recursos para os potenciais polinizadores nessas áreas em restauração, como evidenciado no capítulo 2. Diante dos resultados deste trabalho seria interessante que propostas de restauração de áreas degradadas incluíssem a manutenção das plantas regenerantes espontâneas. Outras medidas de manejo sugeridas referem-se à indicação de plantio de espécies de restinga de rápido florescimento e que oferecem diferentes recursos aos visitantes florais e indicação de plantas que merecem atenção especial, pois são importante fonte de recursos aos visitantes em áreas de remanescente de restinga.

Palavras-chave: abelhas, Insecta, Mata Atlântica, polinização, polinizadores, redes de interações, restauração, restinga costeiras, robustez.

ABSTRACT

Most species of flowering plants are pollinated by animals and it is done at most part by insects. In the restoration context the presence of pollinators is crucial for establishment and maintenance of plant populations on ecosystems in recovering. The aim of this work is to evaluate the establishment and structure of interactions between plants and floral visitors in restoration areas of *restinga* vegetation. The study was conducted in three *restinga* in Espírito Santo and Rio de Janeiro states. Sample was done in restoration and remaining vegetation sites. Sampling of floral visitors was performed in flowering plants. A total of 3001 floral visitors insects were sampled and the most species were bees belonging to the order Hymenoptera. The abundance and richness of insects were higher in the restoration areas, results influenced mainly by generalist species. Most of the flowering plants in the restoration corresponded to naturally regenerating herbaceous plants, which presented great abundance of flowers, which resulted in the higher attractiveness of visitors. In the plant-floral visitors networks the robustness of the visitors (HL) was higher in the restoration, which is explained by the presence of many generalist species in this environment. Interaction evenness was lower in the restoration. This indicates that the frequencies of the interactions are more evenly distributed in the remaining. In these areas, insects of the order Hymenoptera were the most important and the species *Xylocopa ordinaria* and *Centris* sp1 (Apidae) visited the largest number of plant species. In the restoration areas, insects of the order Coleoptera dominated the interactions observed and the beetle *Astylus quadrilineatus* (Melyridae) and bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae) were the main floral visitors. The results of this study indicate that floral visitors insects are present in the restoration areas and that interactions between plants and insect pollinators are being established at these sites. However, the structure of these interactions differs from the mature *restinga* area, mainly due to the distinct composition of the insect fauna, as evidenced mainly in chapter 1 of this thesis. In addition, the present study indicated that naturally regenerating herbaceous species are important sources of resources for potential pollinators in these restoration areas, as evidenced in Chapter 2. In view of the results of this work, it would be interesting that proposals for restoration of degraded areas should include the maintenance of spontaneous

regenerative plants. Other suggested management measures refer to the indication of plant species of restinga that offer different resources to floral visitors and plants that are an important source of resources to visitors in areas of remaining vegetation.

Key words: Atlantic Forest, bees, Insecta, interaction networks, pollination, pollinators, *restinga*, restoration, robustness.

INTRODUÇÃO GERAL

As alterações antrópicas são as principais causas da degradação e fragmentação de ecossistemas naturais (Hooper *et al.*, 2005; Vitousek *et al.*, 2008; Niggemann *et al.*, 2009). Em escala global, estimativas apontam entre um terço e metade da superfície da Terra como alterada pelo homem, principalmente para agricultura e construções urbanas (Vitousek *et al.*, 2008). No Brasil, um dos biomas mais afetados é a Mata Atlântica, com cerca de 85% da sua extensão alterada pelo homem e o restante distribuído principalmente em pequenos fragmentos (<50 ha). Além disso, menos de 10% dos remanescentes estão protegidos por unidades de conservação (Ribeiro *et al.*, 2009; SOS Mata Atlântica, 2013).

A fragmentação e degradação de habitat causam modificações nos padrões de distribuição das espécies, através, por exemplo, da perda de espécies nativas e facilitação da introdução de espécies invasoras (Hooper *et al.*, 2005; Niggemann *et al.*, 2009). Alterações na composição e abundância das espécies podem refletir em modificações funcionais do ecossistema, inclusive dos serviços ambientais dos quais os seres humanos se beneficiam, como a produção de alimentos e a disponibilidade de água (Díaz & Cabido, 2001; Paula, 2013). A agricultura, por exemplo, pode ser beneficiada pelo aumento da produção de frutos a partir da polinização realizada por animais, principalmente insetos (Klein *et al.*, 2007).

Diante da degradação constante e da importância da manutenção dos ecossistemas para a conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais fornecidos, os programas de recuperação de áreas degradadas tem ganhado cada vez mais atenção (SER, 2004; Rodrigues *et al.*, 2009). Tentativas de restaurar ambientes degradados utilizando técnicas como controle de erosão e reflorestamento não são recentes. No entanto, os primeiros trabalhos de ecologia de restauração como campo científico surgiram na década de 1990. A partir de então, diversas pesquisas dedicaram-se a entender os processos e a desenvolver modelos de restauração (Kageyama *et al.*, 1990; Rodrigues *et al.*, 1992; Kageyama & Gandara, 2000; Young, 2000; Young *et al.*, 2005).

Segundo a “Society for Ecological Restoration International” (SER), a “restauração de áreas degradadas é uma atividade intencional que inicia ou acelera

a recuperação com relação a sua saúde, integridade e sustentabilidade”. Isso quer dizer que a restauração ecológica deve auxiliar a recuperação de um ambiente degradado, danificado ou destruído, como objetivo de criar um ecossistema autossustentável e resiliente às perturbações (SER, 2004). Para que isso ocorra, é fundamental a recuperação dos processos ecológicos nos sistemas restaurados, que são responsáveis pela construção de uma floresta funcional e, portanto, sustentável e perpetuada no tempo, e não apenas a restauração de uma fisionomia florestal.

Apesar do reconhecimento da importância da restauração dos processos ecológicos como a polinização e dispersão de sementes (SER, 2004; Oliveira & Engel, 2017), pouco se tem feito na prática para auxiliar a restauração dessas interações (Menz *et al.*, 2011). Ainda, a maioria dos programas de restauração preocupa-se apenas com a recomposição da vegetação (plantio de espécies vegetais), assumindo que os processos ecológicos retornam automaticamente com a recomposição da vegetação (Dixon, 2009; Menz *et al.*, 2011).

Interações plantas-polinizadores e a restauração

A polinização é essencial para a reprodução cruzada dos vegetais superiores e pode ser realizada pelo vento, pela água, mas principalmente por animais (Faegri & van Der Pijl, 1971; Rech *et al.*, 2014). Aproximadamente 308.000 espécies de plantas em todo mundo são polinizadas por animais, o que corresponde a cerca de 90% das espécies de angiospermas conhecidas. A maior parte dessa polinização é realizada por insetos como abelhas, mariposas, besouros, borboletas e moscas (Ollerton *et al.*, 2011).

A relação entre as flores e os animais que as polinizam é estabelecida por meio de um atrativo, que na maior parte dos casos indica a presença de um recurso floral do qual o polinizador depende para sobreviver. Os recursos florais podem ser utilizados para alimentação como pólen, néctar, óleos e partes florais; para a construção dos ninhos como as resinas; e para reprodução como locais para cópula e fragrâncias utilizadas para a síntese de feromônios. Dessa forma, a polinização pode ser considerada, na maior parte dos casos, uma interação mutualística, na qual

as plantas são beneficiadas pela reprodução e os animais pela utilização dos recursos florais (Faegri & van Der Pijl, 1979; Rech *et al.*, 2014).

A presença de polinizadores é fundamental para que ocorra a reprodução sexuada da maioria das plantas com flores e conseqüentemente a variabilidade genética e manutenção das populações de plantas em diferentes ecossistemas (Ollerton *et al.*, 2011). Em ecossistemas em restauração, a presença dos polinizadores pode ser determinante para sustentar o estabelecimento das populações de plantas e para a dinâmica no processo de restauração (Forup & Memmott, 2005; Forup *et al.*, 2008; Dixon, 2009). Apesar da importância dos polinizadores para o funcionamento de um ecossistema, a restituição dos serviços de polinização em ambientes restaurados tem recebido pouca atenção. A maioria dos trabalhos dedica-se principalmente à restauração dos serviços de polinização em ecossistemas agrícolas, focados em aumento da produção (Menz *et al.*, 2011; Devoto *et al.*, 2012; M'Gonigle *et al.*, 2015; Kaiser-Bunbury *et al.*, 2017). Em áreas agrícolas a restauração da vegetação natural próxima às áreas de cultivo promove a colonização e permanência de uma maior riqueza de polinizadores, o que beneficia a polinização das espécies cultivadas (M'Gonigle *et al.*, 2015). Em ecossistemas restaurados, o aumento no número de espécies de polinizadores, de visitas às flores e da diversidade de interação entre plantas e visitantes apresentam efeitos positivos sobre a polinização, especialmente na produção de frutos de plantas nativas (Kaiser-Bunbury *et al.*, 2017). A falha em entender e manejar os polinizadores pode levar ao declínio dos projetos de restauração e à perda de trilhões de dólares investidos globalmente na atividade de restauração ecológica (Menz *et al.* em 2011).

Menz *et al.* (2011) destacam que a presença de polinizadores em áreas restauradas depende principalmente de fatores como a disponibilidade de alimento e locais para reprodução e construção dos ninhos. As espécies mais exigentes quanto a algum desses recursos são as mais sensíveis a alterações ambientais e provavelmente as primeiras a serem afetadas e as últimas a recolonizarem estes locais. Taki & Kevan (2007), ao avaliar como as alterações na paisagem afetam a especialização/generalização em comunidades de plantas e insetos polinizadores, mostraram que polinizadores tendem a ser mais generalistas com a perda de habitat.

Um componente chave na restauração dos polinizadores é a estrutura da paisagem no entorno das áreas restauradas. A proximidade a remanescentes, que abrigam comunidades de polinizadores, facilita a colonização do ambiente restaurado (Kremen *et al.*, 2004; Dixon, 2009). Em ambientes muito fragmentados, envolto por matrizes hostis, a chegada dos polinizadores dependerá de sua capacidade de transpor a matriz. Por exemplo, a distância de forrageamento das abelhas pode variar de menos de 100 metros para as espécies de pequeno porte corporal até vários quilômetros para espécies de grande porte (Greenleaf *et al.*, 2007; Zurbuchen *et al.*, 2010). Uma alternativa para facilitar o movimento dos organismos entre áreas restauradas e remanescentes naturais é a criação de corredores de plantas “amigáveis aos polinizadores”, ou seja, plantas que fornecem uma importante fonte de pólen e néctar e plantas que florescem em períodos de escassez de recursos (Dixon, 2009). Segundo Menz *et al.* (2011) outra solução para o reestabelecimento da capacidade de polinização seria a reprodução dos polinizadores em cativeiro e a reintrodução. Essa metodologia tem sido utilizada para suprir a ausência de polinizadores na agricultura, principalmente em cultivos polinizados por abelhas. Nos EUA, por exemplo, a espécie de abelha *Megachile rotundata* F. (Megachilidae) é criada racionalmente e utilizada na polinização dos campos de alfafa (Pitts-Singer & Cane, 2011). Ainda não se tem registro da reintrodução de polinizadores com a finalidade da restauração de ambientes naturais (Menz *et al.*, 2011).

A maioria das interações entre plantas e seus visitantes florais forma uma complexa teia de interações (Waser *et al.*, 1996). Uma ferramenta que tem sido bastante utilizada para entender as interações mutualísticas, como a polinização, são as redes ditróficas, que consideram dois níveis tróficos, um do recurso e o outro do consumidor (Lewinsohn *et al.*, 2006). As redes de interação planta-polinizador permitem principalmente a visualização das conexões estabelecidas entre as espécies e a força entre essas conexões (Bascompte, 2008). Variações na diversidade de espécies de planta e de seus visitantes podem alterar a frequência entre as interações, modificando a estrutura das redes de interação como os níveis de generalização e especialização na comunidade (Vosgueritchian, 2010).

Utilização de redes complexas para o estudo das interações entre plantas e polinizadores

Os primeiros fundamentos da teoria de redes baseiam-se na teoria de grafos, desenvolvida pelo matemático suíço Leonhard Euler em 1735. Um grafo é uma figura composta por um conjunto de pontos (vértices ou nós) ligados por linhas (arestas, conexões ou ligações). O primeiro grafo desenhado por Euler tentava resolver o problema conhecido como “as sete pontes de Königsberg” (uma cidade na Prússia): seria possível caminhar por todas as pontes da cidade, passando apenas uma vez por cada uma? A partir daí diversos estudiosos contribuíram para o desenvolvimento de ferramentas para o estudo de redes (Mello, 2010).

Em 1960, os matemáticos Edrös e Rényi desenvolveram a teoria ER (Erdős-Rényi) de grafos aleatórios, que serviu de base para a topologia de redes complexas. Segundo esses autores, cada par de nós pode estar relacionado (ligados entre si) com a mesma probabilidade. Após uma série de ligações obtém-se uma rede aleatória. Entretanto, na ausência de dados de redes reais, as predições da teoria de ER foram pouco testadas. Mais tarde, com o crescimento da informatização e facilitação da aquisição de dados, aumentaram as possibilidades para entendimento da estabilidade dinâmica e topológica de redes complexas. Assim, em 1999, Barabási e Albert relataram a existência de um elevado grau de autoorganização de redes complexas. Ao explorar várias bases de dados que descrevem a topologia de grandes redes, os autores observaram que, independente do sistema e da identidade dos seus constituintes, a probabilidade de um nó existente na rede se ligar a novos nós é proporcional ao número de ligações em que este já está incluso. Isso quer dizer que novos vértices se anexam preferencialmente a vértices que já estão bem conectados. Esse fato foi denominado de ligação ou conexão preferencial (Barabási & Albert, 1999; Albert & Barabási, 2002).

A utilização das redes em ecologia também não é recente. Grandes ecólogos como Lindeman (1942) e Odum (1956) foram pioneiros na utilização de redes como forma de representar e descrever teias alimentares. Até os anos 2000, os trabalhos utilizando redes, tratavam principalmente de teias alimentares, ou seja, redes de interações antagônicas, e fluxos de matéria e energia nos ecossistemas. Posteriormente, começaram a surgir os primeiros trabalhos abordando redes

mutualísticas como redes de polinização e de dispersão (Jordano, 1987; Bascompte *et al.*, 2003; Jordano *et al.*, 2003).

As redes de interação mutualísticas são representadas principalmente de duas formas: matrizes retangulares e grafos bipartidos, onde são representados os dois níveis tróficos envolvidos. Redes de interações planta-polinizador, por exemplo, podem ser representadas por uma matriz qualitativa de espécies de plantas em linhas e espécies animais em colunas, onde cada interseção onde ocorre interação é igual a 1 e onde não ocorre o valor atribuído é igual a 0 (figura 1) (Jordano, 1987; Bascompte *et al.*, 2003; Jordano *et al.*, 2003; Bascompte & Jordano, 2007).

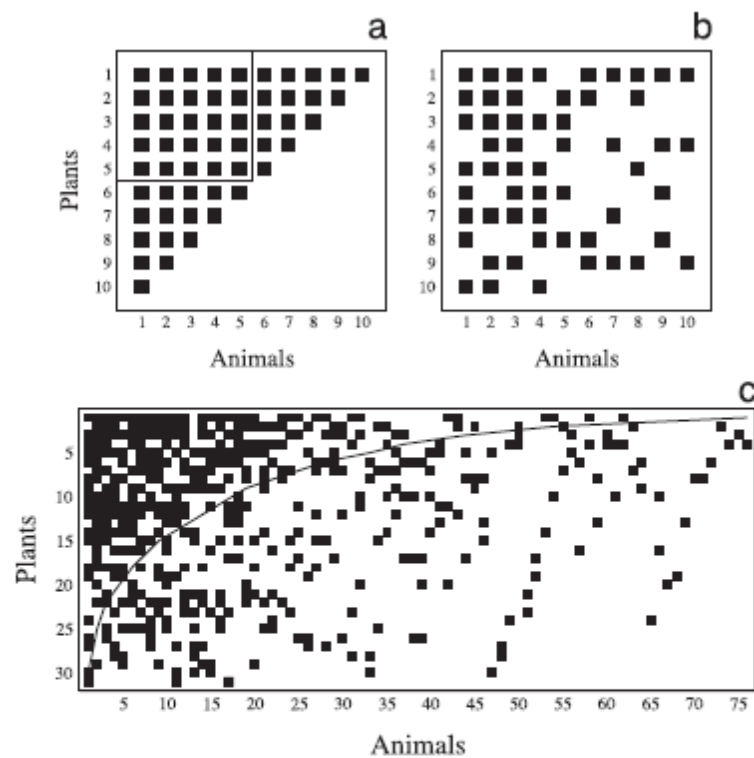


Fig. 1. Plant–animal mutualistic interaction matrices. Numbers label plant and animal species, which are ranked in decreasing number of interactions per species. A filled square indicates an observed interaction between plant i and animal j . a–c correspond to perfectly nested, random, and real mutualistic matrices [plant–pollinator network of Zackenberg (J.M.O. and H. Elberling, unpublished work)], respectively. Values of nestedness are $N = 1$ (a), $N = 0.55$ (b), and $N = 0.742$ ($P < 0.01$) (c). The box outlined in a represents the central core of the network, and the line in c represents the isocline of perfect nestedness. On a perfectly nested scenario, all interactions would lie before the isocline (on the left side).

Figura 1: Exemplos de matrizes de interações mutualísticas entre plantas e animais retirado de Bascompte *et al.*, 2003. Quadrados preenchidos indicam interação observada entre a planta e o animal, igual a 1.

Um importante trabalho sobre organização estrutural das grandes redes mutualísticas foi realizado por Jordano e colaboradores em 2003. Até então a maioria dos estudos de mutualismos planta-animal envolviam um pequeno número de espécies e concentravam-se em interação específicas, como uma planta e seus polinizadores. Esses autores destacaram que vários sistemas envolvem muitas espécies e por isso a importância dos estudos das redes mutualísticas. Em seu trabalho, Jordano *et al.* (2003) exploraram uma das primeiras medidas de estruturas de redes, a distribuição de graus. O grau é definido como o número de ligações de um determinado nó (espécie) com outros nós e a distribuição de graus é definida como a frequência de distribuição de número de ligações por nó. A partir da análise de 29 redes de interação planta-polinizador e 24 redes planta-frugívoro, Jordano *et al.* (2003) mostraram que na maioria das redes tanto as plantas como os animais (65% dos casos) apresentaram distribuição de graus seguindo o modelo de lei de potencia truncada (“truncated power-law”). Isso significa que as redes mutualísticas são mais heterogêneas do que o esperado ao acaso, pois a maioria dos nós tem poucas interações e poucos nós tem muitas interações. Esse resultado padrão pode ser explicado em parte pelo conceito de ligações proibidas, que se referem a ligações que são impossíveis de ocorrerem no momento retratado na rede (Jordano *et al.*, 2003; Jordano *et al.*, 2006). Isso se refere por exemplo a restrições fenológicas ou a características de tamanho. Uma planta não interagiria com um polinizador que migre para outro local durante o seu período de floração, visto que muitas plantas apresentam pequenos períodos de florescimento durante o ano. Da mesma forma, um animal pequeno não seria hábil a dispersar a semente de uma planta que produz frutos muito grandes.

Outro trabalho pioneiro em descrever padrões para as estruturas de redes mutualísticas foi realizado por Bascompte e colaboradores também em 2003. Ao analisar 52 redes de interações plantas-frugívoros e plantas-polinizadores os autores mostraram que estas redes mutualísticas são altamente aninhadas, ou seja, espécies generalistas interagem principalmente entre si e a maioria das espécies especialistas interage com as generalistas (figura 1). Este padrão de organização confere coesão à rede na medida em que as espécies de plantas e animais generalistas formam um núcleo denso de interações ao qual o resto da comunidade está ligado. Esse padrão pode fornecer rotas alternativas em resposta a

perturbações do sistema, diminuindo as chances de uma espécie ser eliminada a partir da eliminação de outras espécies (Tylianakis *et al.*, 2010).

Outra métrica bastante utilizada para descrever as redes mutualísticas é a conectância ou complexidade, que indica a proporção das interações observadas em relação ao total de interações possíveis (Jordano, 1987; Jordano *et al.*, 2006). Essa métrica sugere o nível de redundância ecológica da rede, de forma que redes mais conectadas apresentam maior estabilidade (Tylianakis *et al.*, 2010). Além disso, Bascompte *et al.* (2003) mostraram que o aninhamento aumenta com a conectância da rede. Assim, para um determinado número de espécies, comunidades com mais interações são mais aninhadas. A conectância não deve ser usada de forma isolada para avaliação da estabilidade da rede, pois redes com o mesmo número de espécies e mesma conectância podem apresentar topologias distintas, sendo uma aninhada e a outra aleatória. Dessa forma, podem responder de forma distinta a perda de espécies (Freitas *et al.*, 2014).

O grau de especialização da rede como um todo, indica a complementariedade ou a exclusividade das interações. É um índice matemático e só pode ser calculado para redes quantitativas, pois considera o peso das espécies nas interações. É bastante utilizado para comparação entre redes, pois é resistente a diferenças no esforço amostral (Blüthgen *et al.*, 2006). A existência de módulos, que consiste em grupos de espécies que interagem quase que exclusivamente entre si, também aponta a ocorrência de especialização na rede (Olesen *et al.*, 2007). A modularidade pode ser atribuída a diversos fatores como a heterogeneidade de habitats, variação temporal e restrições morfológicas, funcionais ou filogenéticas (Lewinsohn *et al.*, 2006; Olesen *et al.*, 2007; Martín-González *et al.*, 2012). Vale destacar a relação da formação de módulos aos conceitos de síndromes de polinização. Na construção de uma ampla rede de interações planta-polinizador, considerando diferentes grupos de polinizadores, espera-se encontrar módulos formados por grupos de polinizadores e plantas que se encaixam em diferentes síndromes. Em estudos focados em subconjuntos de interações na comunidade, como, por exemplo, beija-flores e as plantas visitadas por eles, não deve ocorrer à formação de módulos, visto que o estudo engloba apenas uma síndrome (Olesen *et al.*, 2007).

Outro conceito da teoria de redes que está relacionado à modularidade e a conectância é a robustez. A robustez é definida como a resistência da rede à perda de espécies, ou seja, no caso da extinção de uma determinada espécie, ela indica como a rede se comporta em relação às extinções secundárias (Dunne *et al.*, 2002; Burgos *et al.*, 2007). Um dos primeiros trabalhos que analisou a robustez em redes mutualísticas foi realizado por Memmott e colaboradores em 2004. Eles simularam a extinção progressiva de espécies de polinizadores e exploraram as extinções secundárias das plantas dependentes deles. Os autores concluíram que redes mutualísticas são muito robustas e atribuíram esse resultado à distribuição de graus no modelo lei de potencia truncada e à estrutura aninhada, apresentadas por essas redes. Analisando a rede de polinização entre plantas de óleo e abelhas da tribo Centridini, Bezerra *et al.* (2009) encontraram relação entre conectância, modularidade e robustez. A rede analisada apresentava uma alta conectância e baixa modularidade, características que proporcionam à rede uma alta robustez. Quanto mais os vértices estiverem conectados entre si, menor será a modularidade e mais resistente a extinções será a rede (Dunne *et al.*, 2002).

Importância da conservação da restinga

A Mata Atlântica é um dos biomas mais ricos em biodiversidade e mais ameaçadas do planeta e por isso indicada como prioritária para conservação (Myers *et al.*, 2000). Composta por um mosaico de vegetações definidas como florestas ombrófilas densa, aberta e mista, florestas estacionais decidual e semidecidual, campos de altitude, mangues e restingas, abrangia originalmente uma área de 1.315.460 km² do Brasil e atualmente restam apenas cerca de 15% do bioma original, que está bastante fragmentado (SOS Mata Atlântica, 2013). A necessidade imediata de restauração desse bioma foi reconhecida em 2009 com a publicação do “Pacto pela restauração da Mata Atlântica” (Rodrigues *et al.*, 2009).

Dentre os ecossistemas que compõem a Mata Atlântica, as restingas estão entre os mais degradados. A restinga é um ambiente geologicamente recente e consiste em faixas costeiras situadas em planícies costeiras, formado por sequências de praias e dunas de areia cobertas por vegetação herbácea e

arbustiva-arbórea. Essa vegetação possui importante papel na fixação e estabilização do substrato, protegendo-o principalmente da ação dos ventos, importante agente modificador da paisagem litorânea (Lamêgo 1974; Freire, 1990; Assumpção & Nascimento, 2000). Além da importância da sua vegetação, as restingas abrigam diversas espécies animais endêmicas e algumas ameaçadas de extinção (Rocha *et al.*, 2003). A fragmentação das restingas de todo Brasil é devido principalmente às grandes pressões com as ocupações humanas ao longo de toda costa (Soffiati, 2000; Pereira, 2003; Rocha *et al.*, 2007), onde as alterações e perdas de hábitat são consideradas entre as principais causas de mudanças na biodiversidade, acarretando perda de espécies e modificações no funcionamento do ecossistema.

Originalmente as restingas cobriam quase toda a extensão da costa do Rio de Janeiro, com exceção do litoral rochoso (Rocha *et al.*, 2003), mas devido às pressões da ocupação antrópica da costa, ocorreram expressivas alterações e perdas de habitat nesse ecossistema. Dados publicados em 2013 indicam que restam apenas 41.585 ha de restinga no estado do Rio de Janeiro (SOS Mata Atlântica, 2013). As restingas remanescentes ainda sofrem principalmente com a remoção da vegetação para desenvolvimento imobiliário e industrial, o estabelecimento de espécies vegetais exóticas e a coleta seletiva de espécies vegetais de interesse paisagístico (Rocha *et al.*, 2007; SOS Mata Atlântica, 2013)

Um dos maiores remanescentes de restinga do Estado do Rio de Janeiro está no complexo lagunar Grussaí-Iquipari, em São João da Barra, norte fluminense (Araújo & Maciel, 1998). Esta área sofreu diversos processos de degradação, devido principalmente à contínua urbanização e crescente substituição por lavouras, mas ainda restam fragmentos em bom estado de conservação (Rocha *et al.*, 2007; SOS Mata Atlântica, 2013). Nos últimos anos essa área sofreu uma alta interferência direta em cerca de 940 ha antes ocupados com vegetação de restinga onde foi feita a construção de um megaempreendimento portuário, o Superporto do Açú (SOS Mata Atlântica, 2013). Como medida compensatória, foi criada uma importante área de proteção, a Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara (RPPN Caruara), que além da proteção de remanescentes de vegetação, também instalou um projeto de restauração.

As restingas do Espírito Santo também foram bastante devastadas com a ocupação do litoral, principalmente em meados do século XX com o ciclo do café que impulsionou a economia capixaba. Atualmente essas áreas sofrem com a degradação causada principalmente pelo desenvolvimento imobiliário e turismo (Braz *et al.*, 2013; Thomazi *et al.*, 2013).

Segundo Pereira & Araújo (2000) a flora das restingas do Espírito Santo apresenta grande similaridade com as do norte do Rio de Janeiro. Estes autores encontraram 42% de similaridade entre a flora dos dois estados e essa semelhança pode ser ainda maior visto que falta identificação de muitas espécies para o Espírito Santo. Quando consideradas as famílias que foram melhor estudadas nos dois estados, os valores de similaridade são ainda maiores: Bromeliaceae (44% de similaridade entre as espécies), Orchidaceae (45%) e Leguminosae (51%).

A restinga de Praia das Neves, no município de Presidente Kennedy é um dos maiores remanescentes no Espírito Santo, localizada próxima à divisa com o estado do Rio de Janeiro. Parte da vegetação original foi suprimida pela construção de loteamentos e é crescente sua degradação devido à utilização para. Esta restinga não está protegida por uma Unidade de Conservação, mas apesar disso ainda apresenta trechos em bom estado de conservação turismo (Braz *et al.*, 2013).

Apesar do alto grau de degradação das restingas, poucos trabalhos dedicaram-se a estudar a restauração deste ecossistema no Brasil. Além disso, os que existem abordam principalmente o acompanhamento da regeneração natural da vegetação (Sá, 2002; Bechara, 2003; Vieira, 2004; Zamith & Scarano, 2004; Bechara, 2006) e não consideram a restauração dos processos ecológicos como as interações entre as espécies.

Com base no exposto, **o objetivo principal desta tese foi avaliar o estabelecimento e a estrutura das interações entre plantas e visitantes florais em áreas de restauração de restinga através da comparação com remanescentes de restinga madura.**

Esta tese foi organizada em dois capítulos. O **Capítulo 1 “Estrutura das comunidades de visitantes florais em áreas de restauração e remanescente de restinga no sudeste do Brasil”** focado em fazer uma análise comparativa dos visitantes florais em áreas de remanescente e restauração de restinga situadas em

diferentes regiões do estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, a fim de avaliar a ocorrência de um padrão para essas áreas. O **Capítulo 2 “Redes de interações plantas-visitantes florais em áreas de remanescente e restauração de restinga na RPPN Fazenda Caruara, RJ”** focado em avaliar diferenças na estrutura das redes de interações entre plantas e visitantes florais em áreas de restauração e remanescente de restinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albert, R. & Barabasi, A.L. 2002. Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, 74: 47-97.
- Araújo, D.S.D. & Maciel, N.C. 1998. Restingas fluminenses: biodiversidade e preservação. *Boletim FBCN*, 25: 27-51.
- Assumpção, J. & Nascimento, M.T. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 14(3): 301-315.
- Barabási A.L. & Albert, R. 1999. Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286: 509-12.
- Bascompte, J.; Jordano, P.; Melián, C. J. & Olesen, J.M. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100: 9383-9387.
- Bascompte, J. & Jordano, P. 2007. Plant-Animal Mutualistic Networks: The Architecture of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38: 567-593.
- Bascompte, J. 2008. Networks in ecology. *Basic and Applied Ecology*, 8: 485-490.
- Bechara, F.C. 2003. Restauração Ecológica de Restingas Contaminadas por *Pinus* no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC. Dissertação (Pós-graduação em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.
- Bechara, F.C. 2006. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através da técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, 248 p.

- Bezerra, E.L.S.; Machado, I.C.S. & Mello, M.A.M. 2009. Pollination networks of oil-flowers: a tiny world within the smallest of all worlds. *Journal of Animal Ecology*, 78: 1096-1101.
- Blüthgen, N.; Menzel, F. & Blüthgen, N. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology*, 6(9): 1-12.
- Braz, D.M.; Jacques, E.L.; Somner, G.V.; Sylvestre, L.S.; Rosa, M.M.T.; Pereira-Moura, M.V.L.; Germano Filho, P.; Couto, A.V.S.; Amorim, T.A. 2013. Restinga de Praia das Neves, ES, Brasil: caracterização fitofisionômica, florística e conservação. *Biota Neotropical*, 13(3): 315-331.
- Burgos, E.; Cevaa, H.; Perazzob, R.P.J.; Devotoc, M.; Medanc, D.; Zimmermand, M. & Delbuee, A.M. 2007. Why nestedness in mutualistic networks? *Journal of Theoretical Biology*, 249: 307-313.
- Devoto, M.; Bailey, S.; Craze, P. & Memmott, J. 2012. Understanding and planning ecological restoration of plant-pollinator networks. *Ecology Letters*, 15: 319-328.
- Díaz, S. & Cabido, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*, 16: 646-655.
- Dixon, K.W. 2009. Pollination and Restoration. *Science*, 325: 571-573.
- Dunne, J.A.; Williams, R.J. & Martinez, N.D. 2002. Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. *Ecology Letters*, 5: 558-567.
- Faegri, K. & van Der Pijl, L. 1979. *The principles of pollination ecology*. 3ed. London: Pergamon Press, 244p.
- Forup, M.L. & Memmott, J. 2005. The restoration of plant-pollinator interactions in hay meadows. *Restoration Ecology*, 13: 265-274.
- Forup, M.L.; Henson, K.S.E.; Craze, P.G. & Memmott, J. 2008. The restoration of ecological interactions: plant-pollinator networks on ancient and restored heathlands. *Journal of Applied Ecology*, 45: 742-752.
- Freire, M.S.B. 1990. Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas de Natal. *Acta Botanica Brasilica*, 4: 41-59.
- Freitas, L.; Vizentin-Bugoni, J.; Wolowiski, M.; Souza, J.M.T. & Varassin, I.G. 2014. Interações planta-polinizador e estruturação de comunidades. In: Rech, A. R.; Agostini, K., Oliveira, P. E. & Machado, I. C. (Org.). *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural. 524 p.

- Greenleaf, S.S.; Williams, N.M.; Winfree, R. & Kremen, C. 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153: 589-596.
- Hooper, D.U.; Chapin, F.S.; Ewel, J.J.; Hector, A.; Inchausti, P.; Lavorel, S.; Lawton, J.H.; Lodge, D.M.; Loreau, M.; Naeem, S.; Schmid, B.; SetaLa, H.; Symstad, A. J.; Vandermeer, J. & Wardle, D.A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1): 3-35.
- Jordano P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *The American Naturalist*, 129: 657-77.
- Jordano, P.; Bascompte, J. & Olesen, J.M. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters*, 6: 69-81.
- Jordano, P.; Bascompte, J. & Olesen, J. . 2006. The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. p.173-199. In: Waser, N. M. & Ollerton, J. (Eds). *Specialization and Generalization in Plant-Pollinator Interactions*, Chicago: Univ. Chicago Press.
- Kaiser-Bunbury, C. N.; Mougai, J.; Whittington, A. E.; Valentin, T.; Gabriel, R.; Olesen, J. M.; Blüthgen, N. 2017. Ecosystem restoration strengthens pollination network resilience and function. *Nature*, 542: 223–227.
- Kageyama, P.Y.; Biella, L.C. & Palermo Junior, A. 1990. *Plantações mistas com espécies nativas com fim de proteção a reservatório*. In: Anais do Congresso Florestal Brasileiro. Campos do Jordão, São Paulo. 109-112 p.
- Kageyama, P.Y. & Gandara, F.B. 2000. Recuperação de áreas ciliares. p. 249-269. In: Rodrigues, R. R. & Leitão Filho, H. F. (Ed). *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: USP.
- Klein, A.M.; Vaissiere, B.E.; Cane, J.H.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S.A.; Kremen, C. & Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 274: 303-313.
- Kremen, C.; Williams, N.M.; Bugg, R.L.; Fay, J.P. & Thorp, R.W. 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, 7: 1109-1119.
- Lamêgo, A.R. 1974. *O Homem e a Restinga*. 2a ed. Rio de Janeiro: Editora Lidor.
- Lewinsohn, T.M.; Loyola, R.D. & Prado, P.I. 2006. Matrizes, redes e ordenações: a detecção de estrutura em comunidades interativas. *Oecologia brasiliensis*, 10(1): 90-104.

- Lindeman, R. L. 1942. The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology. *Ecology*, 23(4): 399-417
- M'Gonigle, L. K.; Ponisio, L. C.; Cutler, K.; Kremen, C.. 2015. Habitat restoration promotes pollinator persistence and colonization in intensively managed agriculture. *Ecological Applications*, 25(6): 1557–1565.
- Martín-González, A.M.; Allesina, S.; Rodrigo, A. & Bosch, J. 2012. Drives os compartmentalization in a Mediterranean pollination network. *Oikos*, 121: 2001-2013.
- Mello, M.A.R. 2010. Redes: pequenos mundos de interações entre animais e plantas. *Ciência Hoje*, 47 (277): 32-37.
- Memmott, J.; Waser, N.M. & Price, M.V. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings Biological Sciences*, 271: 2605-2611.
- Menz, M.H.M.; Phillips, R.D.; Winfree, R.; Kremen, C.; Aizen, M.A.; Johnson, S.D. & Dixon, K.W. 2011. Reconnecting plants and pollinators: challenges in the restoration of pollination mutualisms. *Trends Plant Science*, 16: 4-12.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 858-863.
- Niggemann, M.; Jetzkowitz, J.; Brunzel, S.; Wichmann, M.C.; Bialozyt, R. 2009. Distribution patterns of plants explained by human movement behaviour. *Ecological Modelling*, 220: 1339-1346.
- Olesen, J.M.; Bascompte, J.; Dupont, Y.L. & Jordano, P. 2007. The modularity of pollination networks. *PNAS*, 104(50): 19891-19896.
- Ollerton, J.; Winfree, R. & Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120: 321-326.
- Oliveira, R.E. & Engel, VL. 2017. Indicadores de monitoramento da restauração na Floresta Atlântica e atributos para ecossistemas restaurados. *Scientia Plena* 13, 127301.
- Odum, H. T. Primary Production in Flowing Waters. 1956. Presented as part of a symposium, Primary Production in Waters.
- Paula, G.A.R. 2013. Perspectiva histórica e estudo de conceitos em ecologia funcional. *Oecologia Australis*, 17(3): 331-346.
- Pereira, O.J. & Araujo, D.S.D. 2000. Análise florística das restingas dos Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. p. 25-63. In: Esteves, F.A. & Lacerda, L.D. (Eds.). *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*. NUPEM/UFRJ, Macaé.

- Pereira, O.J. 2003. Restinga: origem, estrutura e diversidade. p.177-179 .In: Jardim, M. A. G.; Bastos, N. N. C. & Santos, J. U. M. (Ed). *Desafios da Botânica Brasileira no Novo Milênio: Inventário, Sistematização e Conservação da Diversidade Vegetal*. Belém, UFRA; Embrapa, Museu Paraense Emílio Goeldi.
- Pitts-Singer, T.L. & Cane, J.H. 2011. The Alfalfa Leafcutting Bee, *Megachile rotundata*: The World's Most Intensively Managed Solitary Bee. *Annual Review of Entomology*, 56: 221-237.
- Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E. & Machado, I.C. *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 524 p.
- Ribeiro, M.C.; Metzger, J.P.; Martensen, A.C.; Ponzoni, F.J. & Hirota, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142: 1141-1153.
- Rocha, C.F.D.; Bergallo, H.G.; Alves, M.A.S. & Van Sluys, M. 2003. *A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica*. RiMa Editora, São Carlos.
- Rocha, C.F.D.; Bergallo, H.G.; Van Sluys, M.; Alves, M. & Jame, L.C. 2007. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro State, Brazil: habitat loss and risk of disappearance. *Brazilian Journal of Biology*, 67(2): 263-273.
- Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. & Crestana, M.S.M. 1992. *Revegetação de entorno da represa de abastecimento de água do município de Iracemápolis-SP*. In: Anais do Simpósio Nacional sobre recuperação de áreas degradadas. Curitiba: UFPR. 407-416 p.
- Rodrigues, R.R.; Lima, R.A.F.; Gandolfi, S. & Nave, A.G. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic. *Forest Biological Conservation*, 142: 1242-1251.
- Sá, C.F.C. 2002. Regeneração de um trecho de floresta de restinga na Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema, Estado do Rio de Janeiro: II - Estrato arbustivo. *Rodriguésia*, 53 (82): 5-23.
- SER. 2004. *Society for Ecological Restoration International – Princípios da SER International sobre a restauração ecológica*. Disponível em: <http://www.ser.org/>. Acessado em: 07 de agosto de 2015.
- Soffiati, A. 2000. Aspectos históricos das restingas da Eco-Região Norte do Estado do Rio de Janeiro – Brasil, p. 341-370. In: Esteves, F. A. & Lacerda, L. D. (Eds.) *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*. Macaé: NUPEM/UFRJ, 446 p.

- SOS Mata Atlântica. 2013. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2011-2012*: Relatório técnico. São Paulo. 61p.
- Taki, H. & Kevan, P.G. 2007. Does habitat loss affect the communities of plants and insects equally in plant–pollinator interactions? *Preliminary findings. Biodiversity and Conservation*, 16: 3147-3161.
- Thomazi, R.D.; Rocha, R.T.; Oliveira, M.V.; Bruno, A.S. & Silva, A.G. 2013. Um panorama da vegetação das restingas do Espírito Santo no contexto do litoral brasileiro. *Natureza on line*, 11(1): 1-6.
- Tylianakis, J.M.; Laliberté, E.; Nielsen, A. & Bascompte, J. 2010. Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation*, 143: 2270-2279.
- Vieira, N.K. 2004. *O papel do banco de sementes na restauração de restinga sob talhão de Pinus elliottii Engelm.* Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 77p.
- Vitousek, P.M.; Mooney, H.A., Lubchenco, J.; Melillo, J.M. 2008. Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*, 277: 494-499.
- Vosgueritchian, S.B. 2010. *Redes de interação plantas-visitantes florais e a restauração de processos ecológicos em florestas tropicais.* Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo-SP. 145p.
- Waser, N.M.; Chittka, L.; Price, M.V.; Willians, N.M. & Ollerton, J. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecological Society of America*, 77: 1043-1060.
- Young, T.P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation*, 92: 73-83.
- Young; T.P.; Petersen, D.A. & Clary, J.J. 2005. The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters*, 8: 662-673.
- Zamith, L.R. & Scarano, F.R. 2004. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18(1): 161-176.
- Zurbuchen, A.; Landert, L.; Klaiber, J.; Müller, A.; Hein, S. & Dorn, S. 2010. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation*, 143: 669-676.

CAPÍTULO 1

ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE VISITANTES FLORAIS EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO E REMANESCENTE DE RESTINGA NO SUDESTE DO BRASIL

RESUMO

Os insetos visitantes florais possuem alto potencial como polinizadores, apresentando papel relevante na estruturação de habitats em processo de restauração. Estudos que se dediquem a avaliar a comunidade destes insetos são necessários, principalmente em ambientes litorâneos altamente ameaçados, como as restingas. O objetivo deste capítulo é analisar comparativamente as comunidades de insetos visitantes florais de áreas de remanescente e de restauração de restingas costeiras, ao longo da distribuição abrangendo a região norte do estado do Rio de Janeiro e sul do estado do Espírito Santo. O estudo foi desenvolvido em três áreas de restinga: RPPN Fazenda Caruara (São João da Barra, RJ), Parque Eólico de Gargaú (São Francisco do Itabapoana, RJ) e Praia das Neves (Presidente Kennedy, ES). Nestas áreas foram distribuídos três sítios amostrais em remanescente de vegetação arbustiva aberta e três em sítios de restauração da vegetação, estabelecida através do plantio de espécies selecionadas que compreendem este mesmo tipo vegetacional. As amostragens dos insetos visitantes florais foram realizadas com rede entomológica, trimestralmente, ao longo de um ano. Um total de 1169 insetos visitantes florais de 123 espécies foi amostrado. A abundância e riqueza de visitantes florais foram maiores nos sítios de restauração e a composição de espécies diferiu do remanescente. Nesta área, as abelhas (Hymenoptera) foram as mais representativas enquanto que na restauração os besouros (Coleoptera) foram os mais abundantes. Os insetos foram amostrados em visitas a 39 espécies de plantas de 23 famílias. A composição de espécies de plantas foi distinta entre restauração e remanescente. Dentre as plantas amostradas nos sítios de restauração (28 espécies = 6 utilizadas no plantio de mudas e 22 naturalmente regenerantes) *Borreria verticillata* (Rubiaceae) apresentou maior número de espécies e indivíduos de visitantes florais (28 espécies, 204 indivíduos). Dentre as 24 espécies de plantas visitadas nos sítios de remanescente, *Allagoptera arenaria* e

Waltheria sp. apresentaram maior número de espécies de visitantes florais, cada uma visitada por 12 espécies. Dentre os visitantes florais as abelhas *Xylocopa ordinaria* e *Centris* sp1 (Apidae) visitaram o maior número de espécies vegetais nos sítios de remanescente. Nos sítios de restauração o besouro *Astylus quadrilineatus* (Melyridae) e abelha *Apis mellifera* (Apidae) foram os principais visitantes. Os resultados desse estudo indicam que uma fauna de insetos visitantes florais está presente nas áreas de restauração, apesar de distinta das áreas de remanescente, e que as interações entre plantas e seus insetos polinizadores estão se estabelecendo nesses locais. Em uma etapa de regeneração mais madura, quando muitas espécies plantadas estiverem em floração, outras espécies de visitantes (mais semelhante ao remanescente) provavelmente se estabelecerão neste ambiente.

Palavras-chave: abelhas, besouros, composição de espécies, insetos, Mata Atlântica, polinização.

1. INTRODUÇÃO

A maioria das espécies de plantas com flores são polinizadas por animais, principalmente por insetos pertencentes a diversas ordens (Kearns & Inouye, 2000; Ollerton *et al.*, 2011), particularmente Hymenoptera, a qual fazem parte as abelhas. Durante uma visita floral legítima, estes insetos retiram o recurso floral e transportam os grãos de pólen entre as estruturas reprodutivas das plantas, realizando a polinização (Irwin *et al.*, 2010; Rech *et al.*, 2014).

Os insetos visitantes florais também constituem um importante grupo ecológico para evidenciar rápidas mudanças ambientais em diferentes ecossistemas devido a sua alta densidade populacional, ampla distribuição geográfica, curto período entre as gerações e variedade de uso de recursos alimentares (Jolivet, 1992; Samways, 1995; Freitas *et al.*, 2006). A exemplo disso, determinadas espécies de insetos visitantes florais com especialização alimentar parecem ser mais suscetíveis às mudanças ambientais no ecossistema do que espécies generalistas (Traveset *et al.*, 2018).

Considerando o potencial como polinizadores e indicadores de qualidade do ambiente, os insetos visitantes florais possuem relevante papel na reestruturação de habitats em processo de restauração. Para tanto, espera-se que habitats restaurados apresentem a mesma complexidade biológica que habitats originais, sendo relevante o emprego de medidas que avaliem a estrutura da comunidade de espécies nestas áreas, indicando sobre a sucessão do ecossistema e das ações de restauração realizadas (Brancaion *et al.*, 2009). A descrição da comunidade de insetos visitantes florais e suas interações com as plantas são parâmetros valiosos na comparação entre áreas remanescentes naturais e restauradas, pois gera informações importantes sobre o sucesso da restauração ambiental e sugestões de manejo para preservação das espécies envolvidas (Kageyama & Gandara, 2000; Kageyama *et al.*, 2003; Ruiz-Jaen & Aide, 2005).

No Brasil, a maioria dos estudos feitos sobre os insetos visitantes florais e suas plantas em restingas relata a diversidade das ordens de insetos visitantes florais associada a uma espécie de planta específica (Silva-Souza *et al.*, 2004; Gomes & Pinheiro, 2007; Silva & Pinheiro, 2007; Lenzi & Orth, 2011; Lopes *et al.*, 2015; Carminatto *et al.*, 2017). Estudos que se dediquem a estudar a comunidade de

visitantes florais são necessários, principalmente em ambientes litorâneos altamente ameaçados, como as restingas.

2. OBJETIVO

O objetivo deste capítulo é analisar as comunidades de insetos visitantes florais de áreas de remanescente e de restauração de restingas costeiras, a fim de avaliar a dinâmica no processo de restauração das interações ecológicas entre estes insetos e plantas.

3. HIPÓTESE

As comunidades de visitantes florais das áreas de restauração apresentam-se distinta das comunidades de visitantes em áreas de remanescente visto que as áreas de restauração estão em estágios iniciais de sucessão e possivelmente disponibilizam menor riqueza e abundância de recursos aos polinizadores.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Áreas de estudo

O estudo foi desenvolvido em áreas de remanescentes e de restauração de vegetação arbustiva aberta de restinga no norte do estado do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo, em três áreas de estudo: Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara (RPPN Caruara) (São João da Barra, RJ), Parque Eólico de Gargaú (São Francisco do Itabapoana, RJ) e Praia das Neves (Presidente Kennedy, ES) (figura 1 e tabela 1). As áreas em restauração foram estabelecidas através do plantio de mudas, como descrito nos próximos itens.

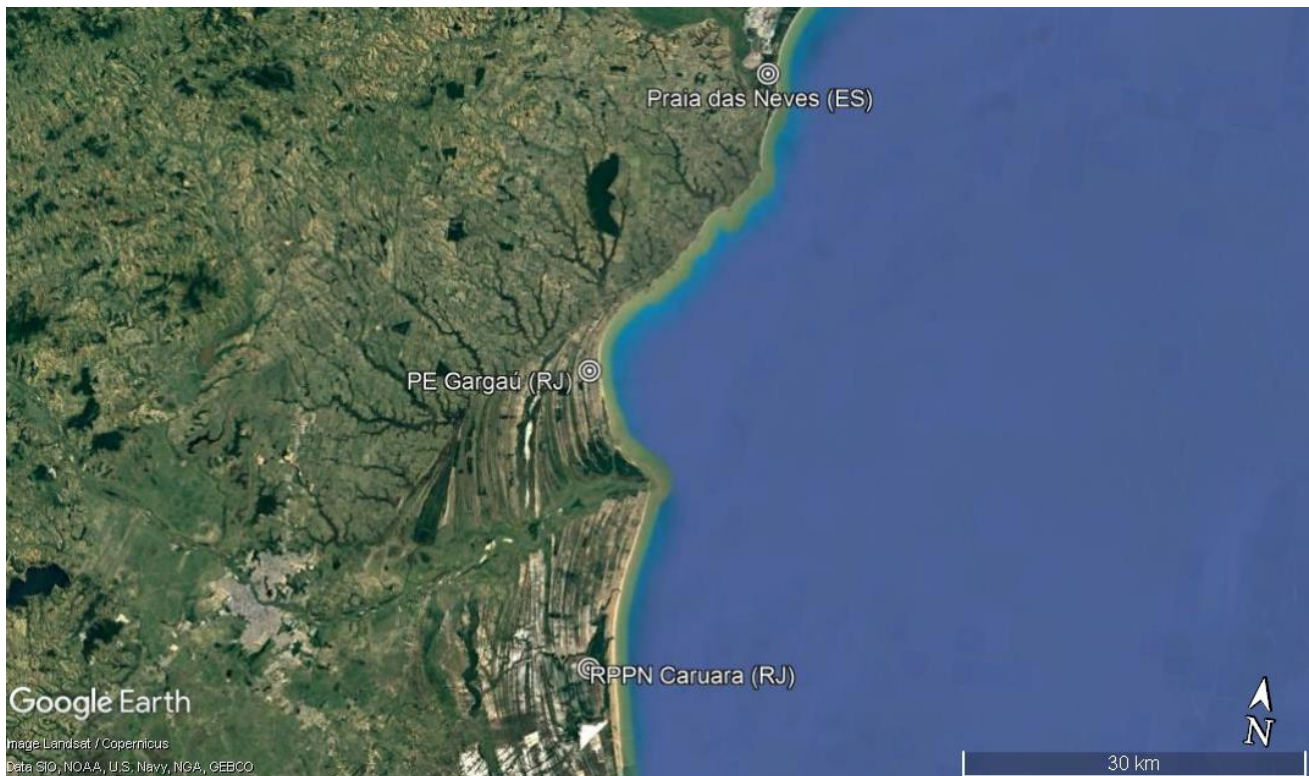


Figura 1: Localização das três áreas de estudo: RPPN Caruara e Parque Eólico de Gargaú, no estado do Rio de Janeiro, e Praia das Neves no estado do Espírito Santo.

Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara (RPPN Caruara)

A Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara (RPPN Caruara) localiza-se no município de São João da Barra, RJ (figura 1). Foi criada em 2012 como medida compensatória da implantação do megaempreendimento industrial do Complexo Portuário do Superporto do Açú, construído no local. Possui uma extensão de aproximadamente 4000 ha, englobando remanescentes de restinga preservada, as lagoas costeiras de Grussaí e Iquipari e áreas em que a vegetação está sendo restaurada por meio do plantio de mudas de espécies nativas.

Segundo Assumpção e Nascimento (1998), a vegetação dessa área pode ser dividida em quatro unidades fisionômicas, na direção mar-interior: Formação Praial Graminóide, Formação Praial com Moitas, Formação de Clusia e Formação Mata de Restinga. A Formação de Clusia (chamada de vegetação arbustiva aberta no presente estudo) estende-se a partir de cerca de 580 m da linha da maré até 980 m para o interior. O solo possui 73% de sua cobertura composta por moitas de vegetação. O restante é composto praticamente pela areia nua, com reduzida

cobertura por espécies psamófilas-reptantes. Nessa fitofisionomia ocorrem 49 espécies de plantas pertencentes a 31 famílias, sendo que a maioria das espécies está distribuída entre as famílias Myrtaceae (com 25% das espécies), Leguminosae (21%), Bromeliaceae (17%) e Cactaceae (13%). A composição florística é semelhante à zona mais litorânea, com exceção da presença de *Clusia hilariana* Schltl. que domina a parte central das moitas. Além disso, as moitas apresentam maior riqueza de espécies e são mais altas quando comparadas as da fitofisionomia Formação Praial com Moitas, sendo compostas por arbustos e arvoretas de até 4 m de altura. As principais espécies são *Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill. (Euphorbiaceae), *Eugenia sulcata* Spring ex Mart (Myrtaceae), *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D.Penn. (Sapotaceae), *Scutia arenicola* (Casar.) Reissek (Rhamnaceae) e *Bromelia antiacantha* Bertol. (Bromeliaceae).

Além de áreas remanescentes, a RPPN Caruara apresenta áreas em que a vegetação está sendo restaurada por meio do plantio de mudas. Ateriormente a restauração essa região sofreu com a utilização para pastagem, ciclos de cultivos agrícolas e retirada de espécies de interesse econômico, além da utilização para atividades recreativas. Desde 2011 até 2016 já haviam sido recompostos 460 ha de vegetação de restinga e está prevista a recomposição de aproximadamente 1400 ha. O estudo foi realizado em duas áreas de plantio de mudas (figura 2) que foram feitos nos anos de 2011 e 2012 e dessa forma estão em estágio inicial de sucessão. Os plantios são uma tentativa de recompor uma área que originalmente era coberta pela fitofisionomia arbustiva aberta (ou moita de *Clusia*) (D. F. Nascimento, comunicação pessoal).

O sistema de plantio seguiu a metodologia proposta por Tieppo (2011), baseada na teoria dos anéis hexagonais (Fasoulas, 1981 apud Tieppo, 2011). O desenho é composto por sete anéis hexagonais, onde as mudas são plantadas em cada vértice e centro dos anéis. Os anéis juntos formam um círculo, com 31 mudas de plantas, que tenta recriar o formato das moitas. A composição de espécies de cada moita foi escolhida aleatoriamente, seguindo apenas a classificação em grupos ecológicos sucessionais (pioneira, secundária inicial ou secundária tardia) para disposição nos anéis. Como o terreno apresenta tanto áreas alagáveis como secas, foram feitos dois tipos de desenhos circulares (anexo 1). As espécies utilizadas nos plantios estão listadas no Anexo 2.

As áreas em restauração também apresentam alguns indivíduos remanescentes da vegetação original ou provenientes de regeneração natural, incluindo tanto espécies de restinga, como *Andira fraxinifolia* Benth. (Fabaceae), *Byrsonima sericea* DC. (Malpighiaceae), *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Tocoyena bullata* (Vell.) Mart. (Rubiaceae) como herbáceas ruderais pioneiras.

O clima da região da RPPN Caruara é caracterizado como tropical sub-úmido a semi-árido, com precipitação pluviométrica média anual entre 800 a 1200 mm. As maiores taxas de precipitação ocorrem nos meses de verão. O vento predominante tem a direção nordeste e atinge as maiores velocidades nos meses de agosto a dezembro (Pinho, 2003).

Parque Eólico de Gargaú (PE Gargaú)

O Parque Eólico de Gargaú localiza-se no município de São Francisco do Itabapoana, norte do Estado do Rio de Janeiro (figura 1), e foi implantado para a produção de energia, cuja capacidade atinge 28 megawatts/dia a partir da força dos ventos (Omega Energia, 2017). O Parque possui 500 ha, onde estão instalados aerogeradores e construções administrativas. Como parte das exigências ambientais feitas pelo INEA (Instituto Estadual do Ambiente-RJ) ao empreendimento, entre o final de 2010 e início de 2011 foi implantado um projeto de restauração com plantio de mudas de espécies da restinga abrangendo 10 ha (figura 2). O plantio é uma tentativa de recompor a fitofisionomia de vegetação arbustiva aberta (ou moita de *Clusia*) e segue o mesmo modelo realizado na RPPN Caruara em São João da Barra (RJ) (Tieppo, 2011).

Praia das Neves

A Praia das Neves localiza-se no município de Presidente Kennedy, sul do estado do Espírito Santo e faz divisa com o estado do Rio de Janeiro pelo Rio Itabapoana. Abriga o maior remanescente de vegetação de restinga do sul do Espírito Santo, ocupando aproximadamente 12,7 km de extensão e 4.800ha (Braz *et al.*, 2013) (figura 1).

Segundo Braz *et al.* (2013), a Praia das Neves apresenta extensa área com diversas formações de restinga preservadas, que variam de formações herbáceas,

passando por formações arbustivas e chegando a florestal, aumenta em complexidade a partir da praia e em direção ao interior da planície costeira. Foram descritas sete fitofisionomias para essa restinga sendo as de maior extensão as formações: arbustiva aberta, halófila-psamófila, arbustiva fechada e florestal. A vegetação dessa área apresenta 25% de similaridade com a composição da restinga da RPPN Caruara, quando comparadas as listas de espécies descritas por Assumpção & Nascimento (2000) para São João da Barra e Braz *et al.* (2013) para Presidente Kennedy. Entretanto, essa similaridade poder ser ainda maior, devido à falta de identificação de algumas espécies listadas nas duas áreas.

Apesar de ser um dos principais remanescentes de restinga do estado do Espírito Santo, essa área sofre com a presença de loteamentos urbanos e turismo, principalmente durante o verão e com o uso para pastagem de gado (Braz *et al.*, 2013).

3.2. Desenho amostral

Para as análises deste capítulo, foram selecionados três sítios amostrais localizados em remanescentes de vegetação arbustiva aberta (indicados por A=sítios de remanescente) e três sítios amostrais em locais de restauração (recomposição da vegetação arbustiva aberta por meio do plantio de mudas) (indicados por R=sítios de restauração), Tabela 1. Em cada sítio amostral foram demarcadas três *plots* de 2000 m² (200 m X10 m) distantes aproximadamente 100 m uma das outras, totalizando 18 *plots* avaliadas (figura 2).

Tabela1: Identificação e localização dos sítios amostrais em cada área nas categorias de vegetação de restinga estudadas para avaliação das comunidades de insetos visitantes florais.

Áreas de Estudo	Categoria da vegetação	Sítios amostrais	Coordenadas geográficas
Praia das Neves (ES)	Remanescente	A1	21° 17,057'S 40° 58,132'O
Parque Eólico de Gargaú (RJ) - PE Gargaú	Restauração	R1	21° 32,105'S 41° 4,699'O
Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara (RJ) - RPPN Caruara	Remanescente e Restauração	A2	21° 47,723'S 41° 2,860'O
		A3	21° 44,085'S 41° 1,842'O
		R2	21° 47,359'S 41° 1,979'O
		R3	21° 47,967'S 41° 3,488'O



Figura 2: Acima: Localização dos sítios amostrais nas três áreas de estudo: RPPN Caruara (A2, A3, R2 e R3) e Parque Eólico de Gargaú (R1), no estado do Rio de Janeiro, e Praia das Neves (A1) no estado do Espírito Santo. Abaixo: Destaque para os sítios amostrais localizados na RPPN Caruara (RJ). Quadrados amarelos: sítios amostrais de remanescente (A). Quadrados vermelhos: sítios amostrais de restauração (R).

3.3. Amostragem

As amostragens dos insetos visitantes florais foram realizadas trimestralmente, uma em cada estação do ano, nos meses de out/2015, jan/2016, abr/2016 e jul/2016, em um dia de coleta em cada sítio amostral. A cada dia de coleta, os três *plots* de um sítio foram percorridas 5 vezes, das 6h as 16h, em três sessões de 15 minutos a cada hora. As coletas dos visitantes florais foram realizadas com rede entomológica e a espécie de planta visitada foi registada a cada inseto coletado. Quando não foi possível a identificação das espécies de plantas visitadas no campo, amostras foram coletadas para confecção de exsicatas e posterior identificação taxonômica. Os registros de visitação floral foram efetuados em todas as espécies de plantas em floração presentes nos *plots* delimitados. Dessa forma, nos sítios de restauração, as coletas de visitantes florais foram realizadas nas espécies utilizadas no plantio de mudas e nas espécies naturalmente regenerantes na área.

Insetos e plantas foram identificados até o menor nível taxonômico possível, com a utilização de chaves taxonômicas, comparação com material de referência da Coleção de Zoologia do Laboratório de Ciências Ambientais (LCA/CBB/UENF) e do Herbário-UENF (LCA/CBB/UENF) e auxílio de especialistas de cada grupo, sendo eles: Tatiane Souza (IPF Soluções Florestais) identificação das plantas, Magali Hoffmann (UENF) e Ayr Bello dos Coleoptera, Mírian Nunes Morales (UFLA) dos Diptera (Syrphidae), Carlos José Einicker Lamas (USP) dos Diptera (Bombyliidae), Gabriel Augusto Rodrigues de Melo (UFPR) dos Hymenoptera e Diego Rodrigo Dolibaina (UFPR) dos Lepidoptera. O material entomológico coletado está depositado na Coleção de Zoologia do Laboratório de Ciências Ambientais e no Museu de Entomologia do Laboratório de Entomologia e Fitopatologia (LEF/CCTA/UENF). O material botânico está depositado no Herbário-UENF.

3.4. Análises de Dados

As comunidades de visitantes florais amostrados nos sítios de remanescente e nos sítios de restauração foram analisados em relação os seguintes descritores:

composição, riqueza, diversidade de espécies (Shannon-Wiener), equitatividade (Pielou) e riqueza estimada (por Bootstrap).

Curvas de rarefação foram aplicadas para comparar a riqueza de espécies entre os sítios de remanescente e de restauração e verificar a eficiência na amostragem. As curvas foram construídas com base na variação do número de espécies em função da amostragem (um dia de amostragem por *plot* foi considerada uma amostra), a partir de 1000 aleatorizações e com intervalos de confiança a 95% de probabilidade.

Análises de ordenamento NMDS (*Non-metric multidimensional scaling ordination*) foi utilizada para avaliar a similaridade de visitantes florais e de plantas visitadas entre os sítios amostrais. As análises foram realizadas utilizando o índice de Bray-Curtis como medida de dissimilaridade.

Redes de interação entre plantas e visitantes florais foram construídas para cada sítio amostral. Para a confecção das redes, foram montadas matrizes quantitativas com dados das espécies vegetais e abundância das espécies de visitantes florais em cada sítio. Os dados das matrizes foram ordenados de maneira que as espécies com maior grau (o número de parceiros que cada espécie interage) estão apresentadas no topo da rede.

Todas as análises foram realizadas no software R versão 2.9.2. Os descritores de comunidade, as curvas de rarefação e a análise do NMDS, foram calculados utilizando o pacote *vegan*. As redes de interações foram construídas usando o pacote *bipartite* (R Development Core Team, 2009).

4. RESULTADOS

Um total de 1169 insetos visitantes florais de 123 espécies foi amostrado nos seis sítios. Deste total, a maioria das espécies pertence à ordem Hymenoptera (25 espécies e 372 indivíduos de abelhas; 16 espécies e 87 indivíduos de vespas), seguida por Lepidoptera (29 espécies e 85 indivíduos), Diptera (25 e 149), Coleoptera (24 e 463) e Hemiptera (4 e 13) (tabela 2; Apêndice1).

A abundância e riqueza de insetos visitantes florais foram maiores nos sítios de restauração (tabela 2, figura 3). As curvas de acumulação de espécies para os

insetos visitantes florais apresentaram perfil ascendente (figura 3) e as riquezas de espécies amostradas em cada sítio corresponderam de 80% a 85% da riqueza estimada fornecida pelo estimador Bootstrap (tabela 2). As curvas, mesmo não tendo atingido a assíntota, indicam a diferença significativa entre os maiores valores de riqueza nos sítios de restauração, comparativamente aos de remanescente.

A diversidade de espécies e a equitabilidade variaram dentro e entre os sítios (tabela 2), sendo a diversidade média nos sítios de remanescente (2,55) menor do que a média dos sítios de restauração (2,73).

O diagrama de ordenação NMDS indica que os sítios de remanescente e restauração exibem certo grau de diferenciação entre eles em relação à composição e abundância de espécies de visitantes florais. Apesar de alguns *plots* de A e R próximos no centro da figura, o resultado indicou a separação entre a maioria dos *plots* de A e R, em dois grupos espacialmente distintos no gráfico (figura 4).

Tabela 2: Insetos visitantes florais amostrados em sítios de remanescente (A) e restauração (R) de restinga nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. NI = abundância por espécies; PV = número de espécies de plantas visitadas; H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener; J' = índice de equitatividade de Pielou. Bootstrap = Riqueza estimada pelo estimador Bootstrap.

Insetos visitantes florais	A1		A2		A3		R1		R2		R3	
	NI	PV	NI	PV	NI	PV	NI	PV	NI	PV	NI	PV
COLEOPTERA												
Buprestidae												
<i>Hyperantha interrogationis</i> (Klug, 1827)							2	1			1	1
Cantharidae												
<i>Chauliognathus</i> sp.			1	1								
Chrysomelidae												
<i>Diabrotica sinuata</i> (Olivier, 1789)							1	1			1	1
<i>Disonycha</i> sp.											18	1
<i>Isolepronota</i> sp.											1	1
<i>Neolema</i> sp.									1	1		
<i>Neolochmaea dilatipennis</i> (Jacoby, 1886)											1	1
<i>Sennius</i> sp.	7	1	1	1								
Coccinellidae												
<i>Epilachna vigintioctopunctata</i> (Fabricius, 1775)									1	1		
Curculionidae												
<i>Geraeus</i> sp.			1	1	4	1						
<i>Homalinotus coriaceus</i> (Gyllenhal, 1836)					1	1						
<i>Naupactus dissimulador</i> Boheman, 1840											1	1
Melyridae												
<i>Astylus quadrilineatus</i> (Germar, 1824)					7	2	192	11	42	7	29	6
Nitidulidae												
<i>Cyllodes</i> sp1			8	2	4	3	5	3	10	6	25	3
<i>Cyllodes</i> sp2							2	1	1	1		
<i>Nitops</i> sp.	4	1			12	2	11	1	16	2	6	1
Oedemeridae												
<i>Oxacis</i> sp1							2	1				
<i>Oxacis</i> sp2					10	2	22	2				
Scarabaeidae												
Cetoniinae sp1					1	1						
Cetoniinae sp2							1	1	1	1		
Dynastinae sp.					1	1	1	1			1	1
Tenebrionidae												
<i>Allecula</i> sp.					1	1					1	1
<i>Epitragus (Simileptragus)</i> sp.							1	1				
<i>Xystropus</i> sp.							1	1	2	2		
DIPTERA												
Bombyliidae												
<i>Chrysanthrax</i> sp.							1	1	5	1	2	2
<i>Exoprosopa</i> sp.			4	1	1	1			41	6	6	3
<i>Geron</i> sp.							1	1			1	1

<i>Poecilognathus</i> sp.					1	1		
<i>Villa</i> sp.	2	2			22	3	14	3
Culicidae								
Culicidae sp.		6	1					
Sarcophagidae								
Sarcophagidae sp.					3	1		
Syrphidae								
<i>Allograpta exotica</i> (Wiedemann, 1930)							1	1
<i>Allograpta</i> sp.							1	1
<i>Copestylum</i> sp1			1	1				
<i>Copestylum</i> sp2			1	1			1	1
<i>Nausigaster</i> sp.							2	1
<i>Ornidia</i> sp.								1
<i>Palpada vinetorum</i> (Fabricius, 1798)					1	1		
<i>Pseudodoros clavatus</i> (Fabricius 1794)					1	1	2	1
<i>Syritta</i> sp.							1	1
<i>Toxomerus politus</i> (Say, 1823)	1	1						
Tachinidae								
Tachinidae sp1								1
Tachinidae sp2								1
Tachinidae sp3					1	1		
Tachinidae sp4							1	1
Tachinidae sp5	1	1						
Tachinidae sp6					1	1		
Espécies não identificadas								
Diptera sp1	3	1						
Diptera sp2	1	1						
HEMIPTERA								
Hemiptera sp1								1
Hemiptera sp2					2	2	4	1
Hemiptera sp3								3
Hemiptera sp4								1
HYMENOPTERA (vespas)								
Chalcididae								
Chalcididae sp.								1
Crabronidae								
<i>Bicyrtes</i> sp.							1	1
Crabronidae sp.	1	1						
Pompilidae								
<i>Anoplius</i> sp.							2	1
Scoliidae								
Scoliidae sp.					1	1		
Sphecidae								
<i>Cerceris</i> sp.							1	1
Tiphiidae								
<i>Myzinum</i> sp.							6	1

Vespidae									
Eumeninae sp1	6	3			2	2	2	2	
Eumeninae sp2	1	1							6 2
<i>Mischocyttarus</i> sp.							1	1	
<i>Montezumia platina</i> De Saussure, 1852	1	1	1	1	1	1			
<i>Polistes</i> sp.	1	1	4	2	26	2	10	1	2 2 3 1
Polistinae sp.			1	1			1	1	
Vespidae sp1								1	1
Vespidae sp2								1	1 1
Vespidae sp3			1	1					
HYMENOPTERA (abelhas)									
Apidae									
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	1	1	4	2	25	2	35	6	27 9 1 1
<i>Centris bicolor</i> Lepeletier, 1841	3	3			1	1	1	1	2 1
<i>Centris flavifrons</i> Fabricius, 1775					1	1		1	1 3 1
<i>Centris</i> sp1	42	5	9	4			1	1	6 4 19 4
<i>Centris</i> sp2									1 1
<i>Centris tarsata</i> Smith, 1874	18	3						3	1 2 2
<i>Epicharis nigrita</i> Friese, 1900	4	2	3	1	1	1		2	2 3 2
<i>Epicharis</i> sp.	1	1							
<i>Euglossa</i> spp.								1	1 1 1 1
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius, 1804)									1 1
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841					2	1	1	1	
<i>Exomalopsis</i> sp.								1	1
<i>Mesonychium littoreum</i> Moure, 1944	2	2	2	2					5 3
<i>Mesoplia rufipes</i> (Perty, 1833)								2	1
<i>Tetrapedia</i> sp.			1	1					
<i>Xylocopa macrops</i> Lepeletier, 1841									1 1
<i>Xylocopa ordinaria</i> Smith, 1874	27	7	6	4	16	4	19	5	8 4 25 5
<i>Xylocopa</i> sp.	1	1			1	1	2	2	1 1
Halictidae									
<i>Augochlora</i> sp.	2	1							1 1
<i>Augochloropsis notophos</i> (Vachal, 1903)			2	2					
<i>Augochloropsis</i> sp.			1	1	1	1	1	1	
<i>Dialictus</i> spp.								6	3 1 1
<i>Pseudaugochlora</i> sp.	3	3						1	1 1 1 1
Megachilidae									
<i>Megachile stilbonotaspis</i> Moure, 1945								1	1
<i>Megachile zaptlana</i> Cresson, 1878								3	3 2 2
LEPIDOPTERA									
Arctiidae									
Ctenuchinae sp1								1	1
Ctenuchinae sp2								1	1
Erebidae									
<i>Cosmosoma</i> sp.								1	1
Hesperiidae									

Hesperiidae sp1					1	1						
Hesperiidae sp2	1	1										
Hesperiidae sp3	1	1					2	2				
Hesperiidae sp4								1	1			
Hesperiidae sp5			1	1								
Hesperiidae sp6							1	1	2	1		
<i>Urbanus</i> sp.							1	1				
Lycaenidae												
Lycaenidae sp.							1	1				
<i>Strymon megarus</i> (Godart, 1824)	1	1	1	1								
Nymphalidae												
<i>Agraulis vanillae</i> (Linnaeus, 1758)	1	1										
<i>Anartia jatrophae</i> (Linnaeus, 1763)							3	2				
<i>Danaus gilippus</i> (Cramer, 1775)							1	1				
Nymphalidae sp.	1	1										
Papilionidae												
<i>Battus polydamas</i> (Linnaeus, 1758)							1	1				
Pieridae												
<i>Ascia monuste orseis</i> (Godart, 1819)	1	1										
<i>Eurema</i> sp.								1	1			
Pyralidae												
Pyralidae sp.							1	1				
Espécies não identificadas												
Lepidoptera sp1	18	6	1	1			4	2	5	2	21	6
Lepidoptera sp2											1	1
Lepidoptera sp3									1	1		
Lepidoptera sp4									1	1		
Lepidoptera sp5			1	1								
Lepidoptera sp6									1	1		
Lepidoptera sp7					1	1						
Lepidoptera sp8									2	1		
Lepidoptera sp9									1	1		
Riqueza	19		30		25		38		59		47	
Abundância	139		75		122		359		250		224	
Bootstrap	22,20±2,99		37,81±5,14		31,23±4,09		46,96±6,43		73,22±8,91		57,59±5,74	
Diversidade (H')	2,16		3,05		2,43		1,97		3,14		3,07	
Equitabilidade (J')	0,73		0,89		0,75		0,54		0,77		0,79	

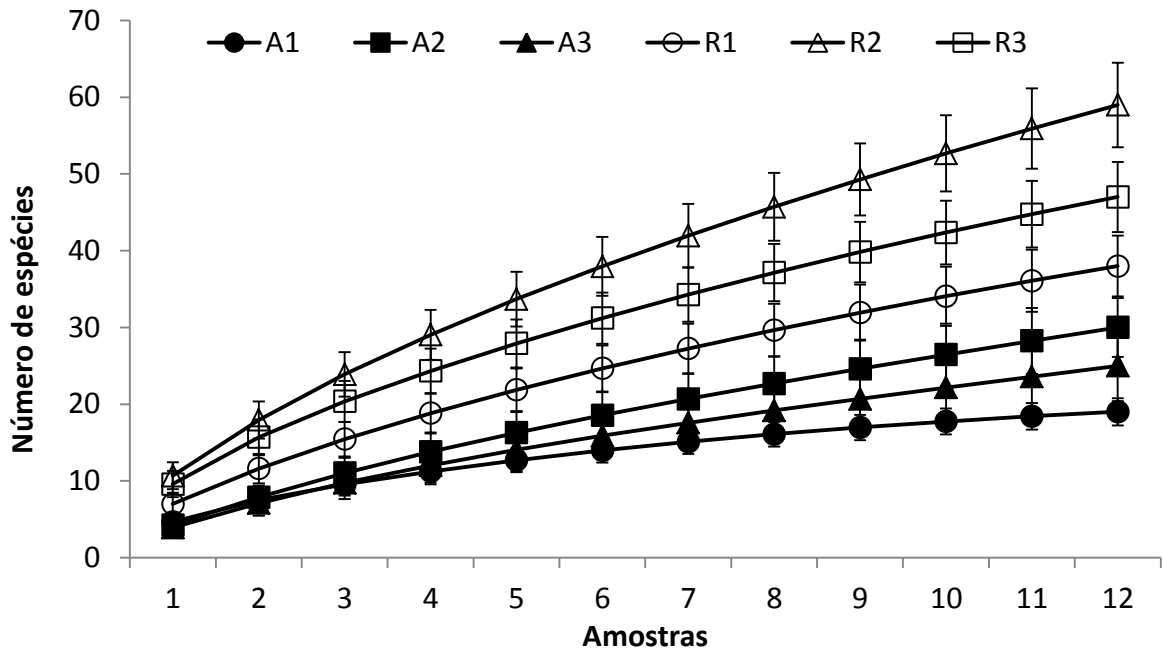


Figura 3: Curvas de rarefação para a riqueza de espécies de insetos visitantes florais por amostras obtidas nos seis sítios amostrais estudados em áreas de restinga nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. A1-A3: sítios de remanescente R1-R3: sítios de restauração.

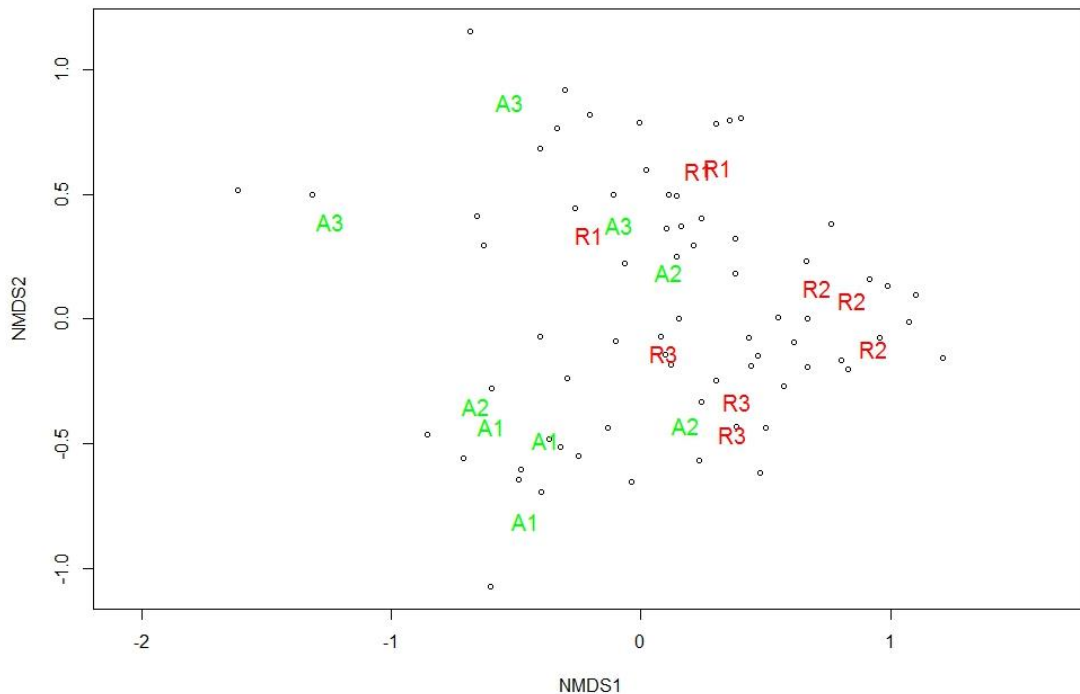


Figura 4: Diagrama de ordenação da análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrica (NMDS) realizada com as espécies de insetos visitantes florais por *plot* amostral em áreas de restinga nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. A1-A3 (verde): *plots* em sítios de remanescente R1-R3 (vermelho): *plots* em sítios de restauração.

Na figura 5 estão apresentadas as abundâncias relativas de cada grupo de polinizadores, sendo eles abelhas (Hymenoptera), besouros (Coleoptera), borboletas (Lepidoptera), moscas (Diptera) e vespas (Hymenoptera). Apesar de todos os grupos terem sido amostrados nas duas áreas, a abundância relativa variou entre remanescente e restauração. Os besouros (Coleoptera) foram os mais representativos nos sítios de restauração, sendo que *Astylus quadrilineatus* (Apêndice 1C e 1F) apresentou a maior abundância relativa nos três sítios. Além disso, duas espécies de abelhas (*Apis mellifera* e *Xylocopa ordinaria*) e uma mosca (*Exoprosopa* sp.) apresentaram os segundos maiores valores de abundância relativa.

Nos sítios de remanescente as abelhas (Hymenoptera) foram as mais representativas e *Centris* sp1 apresentou a maior abundância relativa em dois sítios de remanescentes (A1 e A2) (Apêndice 1A). No sítio A3 a vespa *Polistes* sp. foi a espécie que apresentou maior abundância relativa (figuras 5 e 6). As espécies que apresentaram os segundos maiores valores de abundância foram duas abelhas e um besouro. O padrão de abundância relativa, de poucas espécies dominantes e a maior parte delas pouco abundantes, foi similar em todos os sítios.

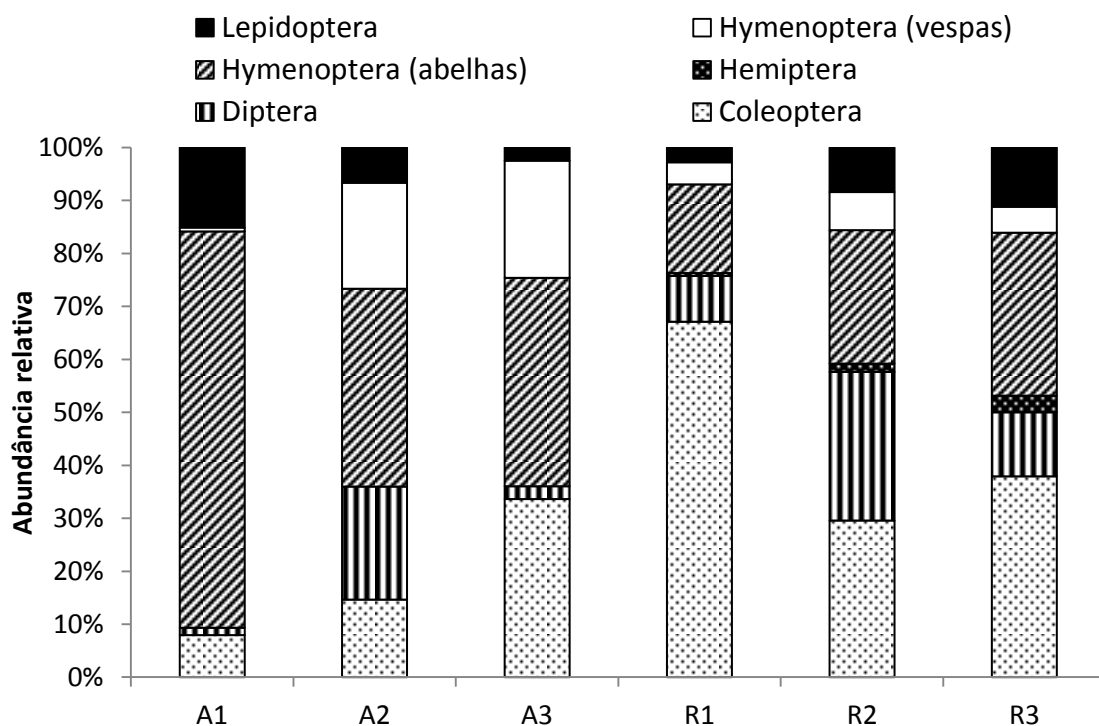


Figura 5: Abundância relativa (%) das ordens de insetos visitantes florais amostrados nos sítios de remanescente (A) e restauração (R) de restinga estudados nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

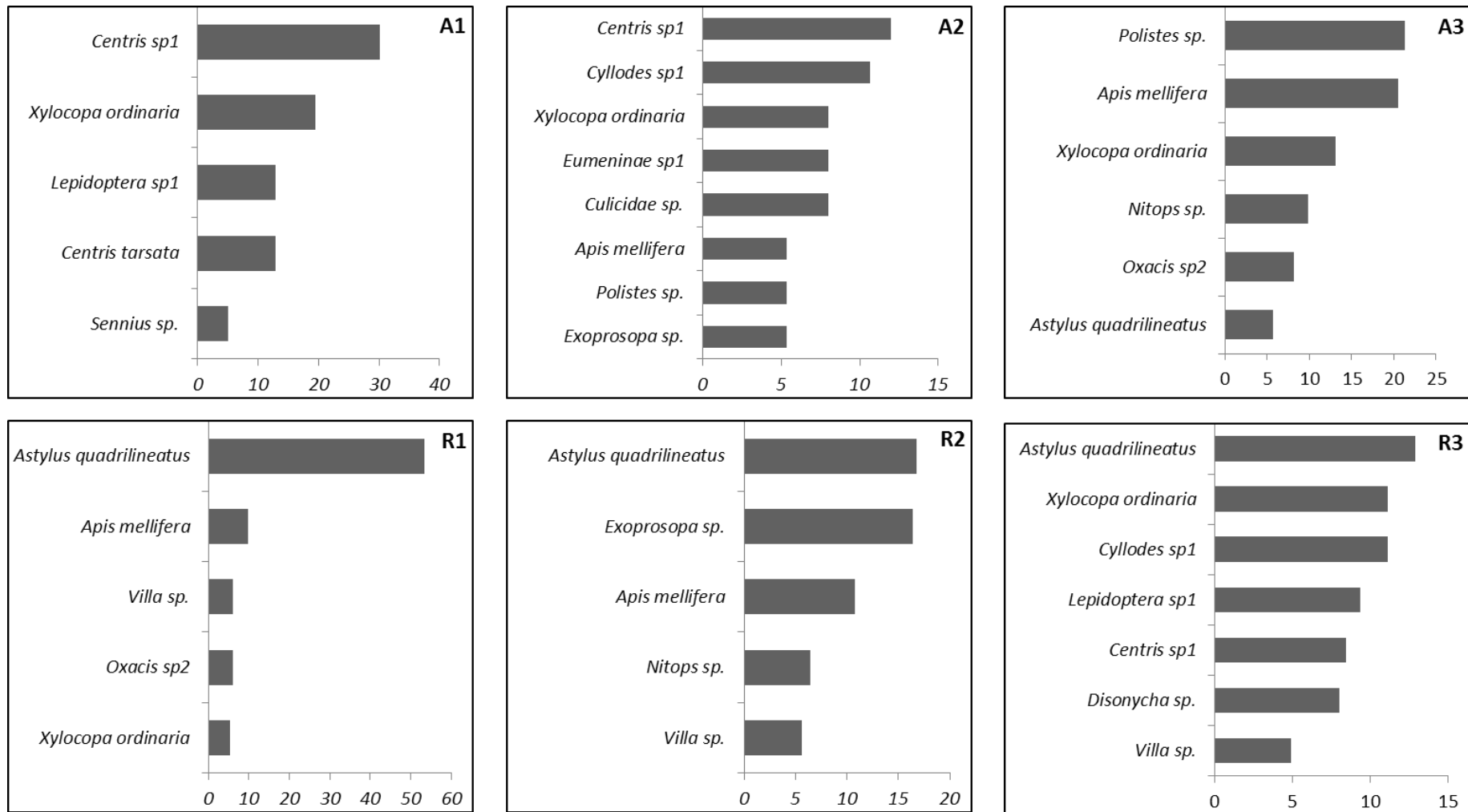


Figura 6: Abundância relativa (%) das espécies de insetos visitantes florais amostradas nos sítios de remanescente e restauração de restinga estudados nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Estão apresentadas apenas as espécies com abundância relativa superior a 5%. A1-A3: sítios de remanescente R1-R3: sítios de restauração.

Os visitantes florais foram registrados em visitas a 39 espécies de plantas de 23 famílias, sendo Fabaceae a família com o maior número de espécies (8). *Borreria verticillata* (Rubiaceae) foi visitada pelo maior número de espécies (29) e de indivíduos (211).

Dentre as plantas amostradas nos sítios de restauração (28 espécies), seis espécies (21,42%) foram utilizadas no plantio de mudas e 22 espécies foram naturalmente regenerantes. *Borreria verticillata* (Rubiaceae) apresentou maior número de espécies e indivíduos de visitantes florais (28 espécies, 204 indivíduos) se comparadas nos sítios de restauração. Dentre as espécies de plantas visitadas nos sítios de remanescente, *Allagoptera arenaria* e *Waltheria* sp. apresentaram maior número de espécies de visitantes florais, cada uma sendo visitada por 12 espécies, e *Cuphea flava* e *Allagoptera arenaria* apresentaram os maiores números de indivíduos visitantes florais (49 e 48, respectivamente) (tabela 3).

O diagrama de NMDS indica que a composição de espécies de plantas que interagiram com visitantes florais diferem entre remanescente e restauração. Além disso, é possível observar que os *plots* de restauração são mais similares entre si e se agrupam na parte superior da figura (figura 7).

Tabela 3: Espécies de plantas com registro de visitantes florais em cada sítio amostral de restinga estudado nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. AV = abundância de visitantes florais por sítio; AT= abundância total de visitantes florais; RV = riqueza de visitantes florais por sítio; RT=riqueza total de visitantes florais. * espécies plantadas no programa de restauração.

Espécies de planta	A1		A2		A3		R1		R2		R3		AT	RT
	AV	RV	AV	RV	AV	RV	AV	RV	AV	RV	AV	RV		
Anacardiaceae														
<i>Schinus terebinthifolius*</i> Raddi							127	16					127	16
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1	1											1	1
Apocynaceae														
<i>Mandevilla funiformis</i> (Vell.) K.Schum.					2	1							2	1
<i>Temnadenia cf odorífera</i> (Vell.) J.F.Morales									1	1	1	1	2	1
Arecaceae														
<i>Allagoptera arienaria*</i> (Gomes) Kuntze			3	2	45	11	4	2					52	12
Asteraceae														
<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.									2	2			2	2
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight							1	1	1	1			2	2
<i>Wedelia paludosa</i> DC.							8	1	1	1			9	2
Boraginaceae														
<i>Cordia verbenacea</i> DC.									11	10			11	10
<i>Heliotropium polyphyllum</i> Sehn.			6	5			3	2	14	5	1	1	24	9
Bromeliaceae														
<i>Aechmea nudicaulis*</i> (L.) Griseb.			6	5	36	4							42	7
Cactaceae														
<i>Cereus fernambucensis</i> Lem.					11	2	37	7	18	5	6	1	72	8
Capparaceae														
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl					1	1							1	1
Celastraceae														
<i>Maytenus obtusifolia*</i> Mart.					9	3							9	3
Commelinaceae														

<i>Commelina benghalensis</i> L.				2	2	1	1		3	3
Fabaceae										
<i>Andira fraxinifolia</i> * Benth.						27	16		27	16
<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.			11	6	18	6	11	8	23	8
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Green			1	1					1	1
<i>Chamaecrista ramosa</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	33	8	5	4			7	7	88	18
<i>Indigofera</i> sp.							8	2		8
<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw.			1	1	26	8	4	2	15	8
não identificada 1	10	3								10
Lythraceae										
<i>Cuphea flava</i> Spreng.	49	7								49
Malpighiaceae										
<i>Byrsonima sericea</i> * DC.	12	3	8	4			2	2	8	6
Malvaceae										
<i>Sida</i> sp.						7	3			7
<i>Waltheria</i> sp.			22	12				3	3	15
Melastomataceae										
<i>Marctia taxifolia</i> (A.St.-Hil.) DC.	4	4								4
<i>Tibouchina clavata</i> * (Pers.) Wurdack	8	4	9	3		21	5		24	7
Molluginaceae										
<i>Mollugo verticillata</i> L.						1	1	36	11	12
Myrtaceae										
<i>Eugenia uniflora</i> * L.			3	3	2	1				5
Nyctaginaceae										
<i>Guapira pernambucensis</i> * (Casar.) Lundell							1	1		1
Pentaphragaceae										
<i>Ternstroemia brasiliensis</i> Cambess.	10	5								10
Plumbaginaceae										
<i>Plumbago scandens</i> L.						6	2			6

Rubiaceae												
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.	3 2	2 2	2 2	95 9	79 17	30 13	211 29					
<i>Tocoyena bullata</i> (Vell.) Mart.	4 1				6 1		10 1					
Sapindaceae												
<i>Cupania emarginata</i> * Cambess.		12 5					12 5					
<i>Paullinia weinmanniifolia</i> Mart.					17 6		17 6					
Sapotaceae												
<i>Manilkara subsericea</i> * (Mart.) Dubard	5 5	2 1					7 5					
Solanaceae												
<i>Solanum</i> sp.				1 1			1 1					
Riqueza	11	10	11	16	20	12	39					

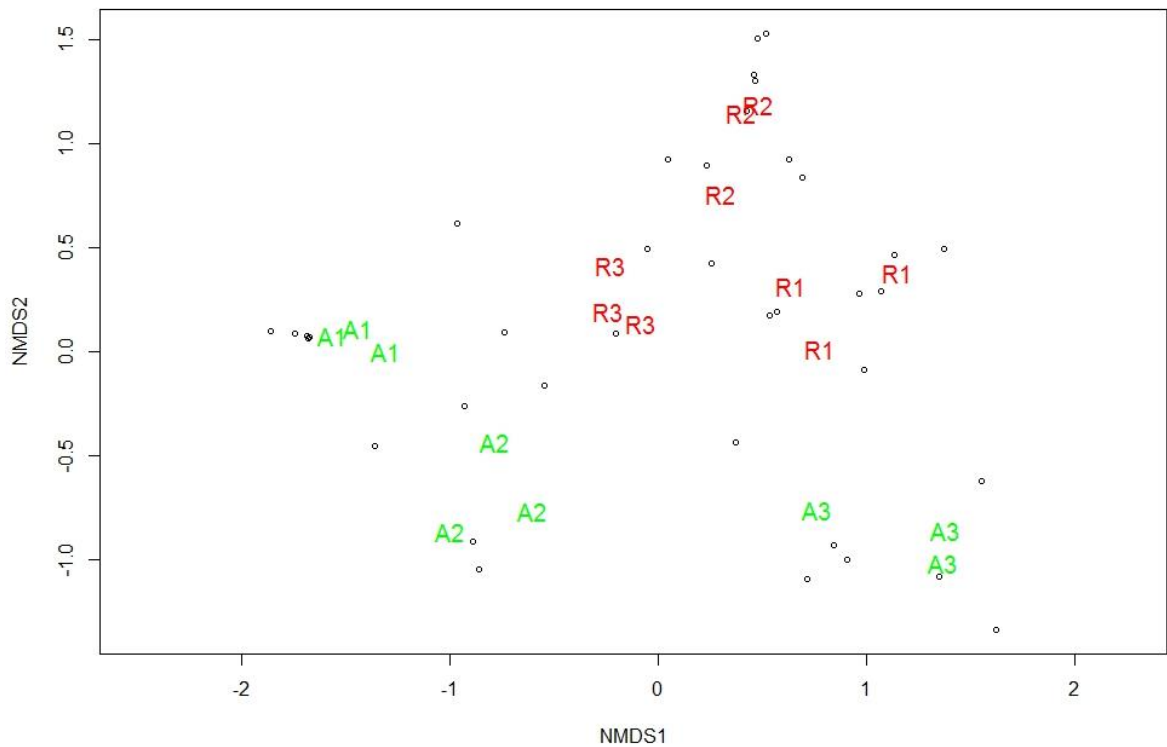


Figura 7: Diagrama de ordenação da análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) realizada com as espécies de plantas visitadas por insetos por *plot* amostral em áreas de restinga nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. A1-A3 (verde): *plots* em sítios de remanescente R1-R3 (vermelho): *plots* em sítios de restauração.

As redes de interações entre plantas e insetos visitantes florais estão apresentadas nas figuras 8 e 9. Nos sítio de remanescente, *Xylocopa ordinaria* e *Centris* sp1 (Apidae) visitaram o maior número de espécies vegetais. Nos sítios de restauração *Astylus quadrilineatus* (Melyridae) e *Apis mellifera* (Apidae) (Apêndice 1B) foram os principais visitantes florais.

A composição de plantas visitadas pelo maior número de espécies de insetos foi distinta entre os sítios de remanescente e restauração, sendo *Chamaecrista ramosa*, *Waltheria* sp. e *Allagoptera arenaria*, no remanescente e *Schinus terebinthifolius*, *Borreria verticilata* e *Chamaecrista ramosa* na restauração.

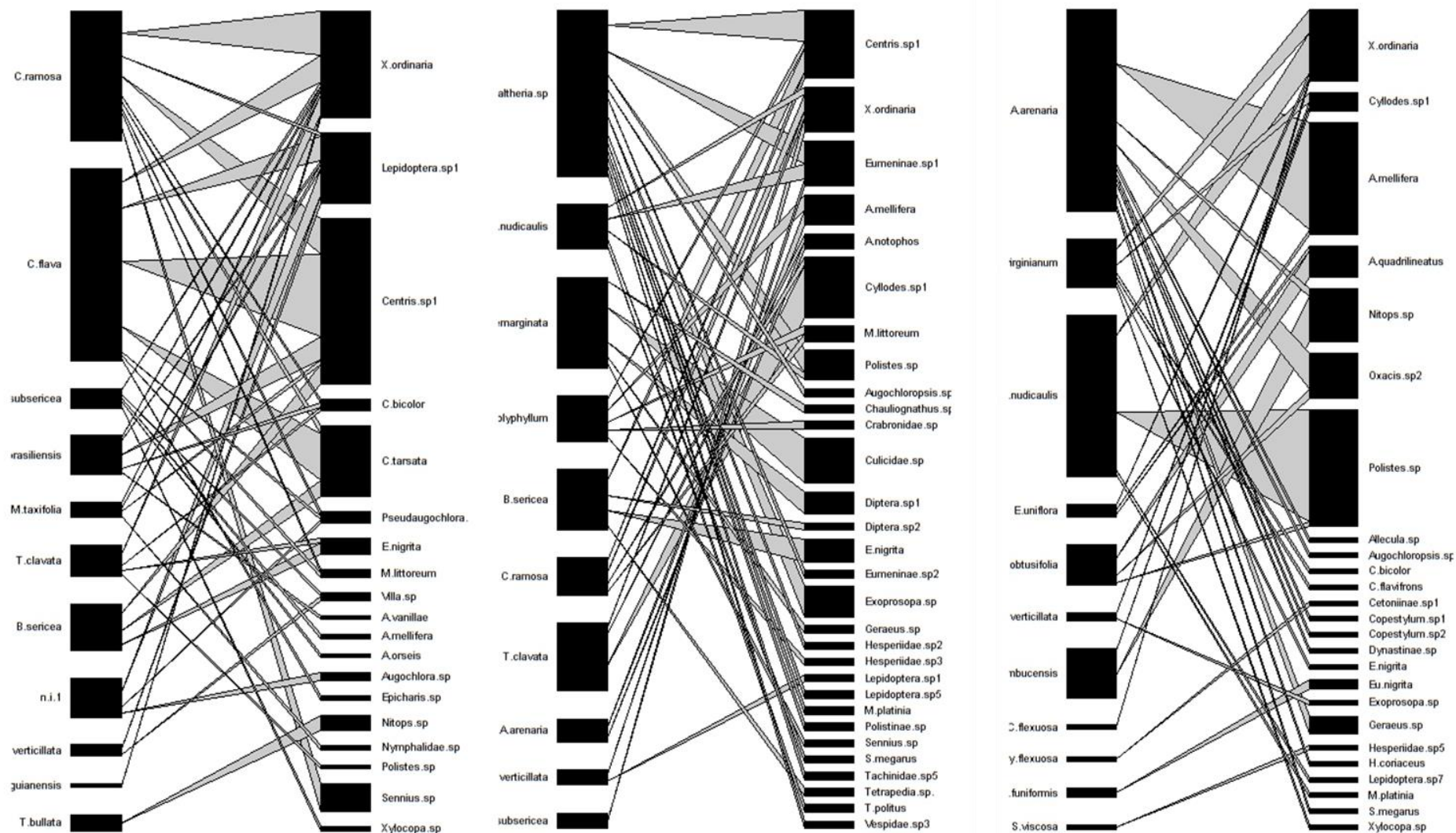


Figura 8: Redes de interações entre plantas e insetos visitantes florais para cada **sítio de remanescente** estudado nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Da esquerda para a direita: A1, A2 e A3. Barras do lado esquerdo = espécies de plantas. Barras do lado direito = espécies de insetos visitantes florais. A espessura das linhas indica a frequência de interações.

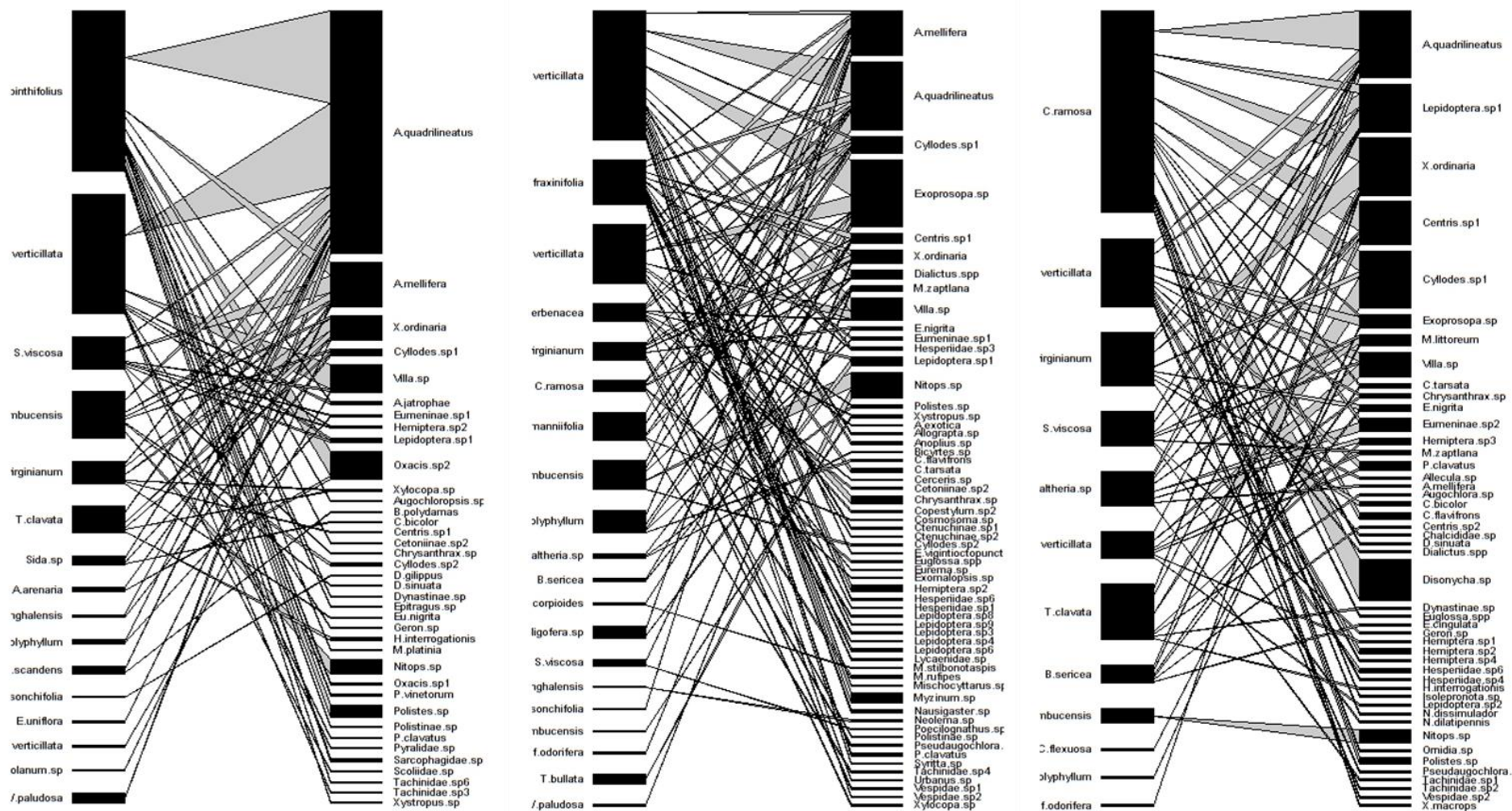


Figura 9: Redes de interações entre plantas e insetos visitantes florais para cada **sítio de restauração** estudado nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Da esquerda para a direita: A1, A2 e A3. Barras do lado esquerdo = espécies de plantas. Barras do lado direito = espécies de insetos visitantes florais. A espessura das linhas indica a frequência de interações.

5. DISCUSSÃO

Os dados obtidos nesse estudo indicam que a riqueza e abundância de insetos visitantes florais nas áreas de restauração diferem do remanescente. Nos sítios de restauração, a maior riqueza e abundância de insetos visitantes florais estão associadas à presença de espécies de plantas herbáceas/pioneiras naturalmente regenerantes (por exemplo *M. verticilata* e *B. verticilata*) e com grande abundância de flores (observação pessoal), que atraem muitas espécies de visitantes florais. Segundo Marcilio-Silva *et al.* (2016), uma importante característica das plantas de estágios iniciais de sucessão é a síndrome de polinização entomófila generalista que pode facilitar a reprodução de plantas neste ambiente. A dependência de uma síndrome de polinização mais especializada, que tende a aparecer mais tarde na sucessão, pode levar a uma falha na reprodução e no estabelecimento das plantas nos estágios iniciais de sucessão. Somado a isso as espécies que foram plantadas no projeto de restauração contribuem com aumento de riqueza de flores na restauração e como consequência com a atratividade de visitantes florais para este local.

Assim como observado no presente trabalho, Vosgueritchian (2010), estudando áreas de Floresta Baixa Montana Semidecídua na Mata Atlântica, também relataram maior riqueza de plantas e visitantes florais e maior número de interações nas áreas de restauração, resultado que também foi associado à amostragem das espécies naturalmente regenerantes. Outros estudos que avaliaram a fauna de visitantes florais em áreas de restauração na Mata Atlântica não amostraram áreas maduras (Fragoso, 2009; Santos, 2012; Souza, 2013; Donatti, 2011; Fragoso, 2014), o que impossibilita a comparação com os nossos resultados.

As diferenças encontradas quanto à riqueza de espécies resultam de características inerentes às comunidades e locais onde ocorrem e não de esforços amostrais distintos. Como indicado pela análise das curvas de rarefação de riqueza de espécies, o esforço amostral empregado no presente estudo foi relativamente consistente e semelhante entre os diferentes sítios.

A composição das espécies de visitantes florais também apresentou certa diferenciação entre remanescente e restauração. Na restauração, *Astylus quadrilineatus* (Melyridae, Coleoptera) foi a espécie mais abundante em todos os sítios amostrais. Contrariamente aos nossos resultados, estudos que avaliaram os visitantes florais em áreas de restauração de diferentes fitofisionomias florestais na Mata Atlântica encontraram reduzida abundância de Coleoptera (Fragoso, 2009 e 2014; Donatti, 2011). Adultos de *A. quadrilineatus* alimentam-se de pólen, mas foram também reconhecidos como polinizadores em outras áreas (Medan, 1991; Faoro & Orth, 2015); por isso, sugerimos que o comportamento desse besouro nas flores seja melhor investigado, a fim de determinar seu papel na restauração da restinga.

Nas áreas de remanescente, os resultados indicaram *Centris* sp1 (Hymenoptera) como importante polinizador, pois além de apresentar a maior abundância relativa em dois sítios analisados, utilizou a maior riqueza de plantas nas amostragens nestes sítios. Espécies do gênero *Centris* já são reconhecidas como importantes polinizadores de plantas que ocorrem em áreas costeiras, como *Byrsonima sericea* (Teixeira & Machado, 2000; Menezes, 2011).

Os resultados deste capítulo mostraram que espécies de plantas herbáceas/pioneiras exerceram importante papel na atração de visitantes florais tanto nos sítios de restauração quanto nos de remanescente de restinga. Nestes, *Waltheria* sp. foi uma importante fonte de recurso, principalmente néctar. Essa espécie apresentou florescimento com grande abundância de flores principalmente na estação seca, quando poucas espécies estavam floridas no remanescente (observação pessoal). Estes dados indicam que esta planta constitui uma importante fonte de recursos na manutenção de muitos potenciais polinizadores, principalmente durante a estação seca.

A composição de espécies de plantas em florescimento entre os sítios de restauração foi semelhante, o que era esperado como resultado do método de restauração empregado, ou seja, o plantio de mudas das mesmas espécies em todos os sítios. Entretanto, quando observadas as espécies em floração comuns nos três sítios de restauração a maioria é composta por espécies naturalmente regenerantes, o que indica que a semelhança também ocorre na composição de espécies naturalmente regenerantes entre as áreas de restauração de restinga.

Apesar da composição de plantas se apresentar bastante distinta entre remanescente e restauração, a composição de visitantes florais apresenta semelhança entre alguns *plots*. Dessa forma, as interações entre plantas e visitantes florais parecem ser definidas pela composição de plantas que estão florescendo em cada sítio. Além disso, pode-se concluir que parte dos visitantes florais visita diferentes espécies de planta em cada área, visto que ocorre maior semelhança na composição destes em relação à composição plantas.

Dentre os visitantes florais, as ordens Hymenoptera e Lepidoptera apresentaram as maiores riquezas de espécies e Coleoptera e Hymenoptera as maiores abundâncias, o que indica as abelhas e vespas como insetos da maior importância na polinização das espécies da restinga. Estes insetos foram responsáveis por visitas em 84,6% das 39 espécies vegetais avaliadas e sua importância para a polinização de cada uma delas deve ser melhor investigada. Alguns estudos mostraram a relevância de Hymenoptera na polinização de espécies relevantes nas restingas, como por exemplo *Schinus terebinthifolius* (Cesário & Gaglianone, 2013), *Byrsonima sericea* (Teixeira & Machado, 2000; Rosa *et al.*, 2007; Menezes, 2011) e *Tibouchina clavata* (Buchmann, 1983; Maia, 2008), *Clusia hilariana* e *Clusia spiritusantensis* (Cesário, 2007). Dentre os Hymenoptera, as abelhas foram as mais representativas (32% de todos os insetos amostrados), o que mostra sua grande relevância na composição de insetos visitantes florais nas restingas. As abelhas são consideradas os principais polinizadores em muitos ecossistemas (Ollerton *et al.*, 2011), o que está relacionado a sua grande dependência de recursos florais para alimentação (Pinheiro *et al.*, 2014). Além disso, diferentes recursos florais são usados também na construção dos ninhos (ex. resinas; Cesário, 2007) e em comportamentos reprodutivos (ex. fragrâncias; Rocha-Filho *et al.*, 2012).

Xylocopa ordinaria (Apidae) foi amplamente amostrada em todas as áreas, tanto de remanescente quanto de restauração. Esta espécie de abelha foi estudada por Bernardino & Gaglianone (2008) na área hoje ocupada pela RPPN Caruara e os autores indicaram sua importância na polinização de 28 espécies vegetais. O porte corporal robusto de abelhas do gênero *Xylocopa* permite que resistam a condições abióticas desfavoráveis ao forrageio em ambientes de restinga, como fortes ventos e altas temperaturas (Silva *et al.*, 2005). Além disso, essas abelhas apresentam

atividade durante todo o ano (Viana *et al.* 2006; Chaves-Alves *et al.*, 2011) e têm ampla capacidade de voo (Pasquet *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009), o que favorece a polinização de espécies independente do seu período de florescimento e de populações esparsamente distribuídas.

Outras espécies de visitantes florais que ocorreram em todas as áreas foram *Apis mellifera* (Apidae) e *Polistes* sp. (Vespidae). Apesar de ser uma espécie exótica, *A. mellifera* é conhecida como frequente em áreas de restinga e foi relatada por diferentes autores neste ambiente (Madeira-da-Silva & Martins, 2003; Gomes *et al.*, 2010; Cesário & Gaglianone, 2013). No presente estudo, *A. mellifera* visitou principalmente flores de *Allagoptera arenaria*. *Polistes* sp. e *Apis mellifera* e são espécies sociais, frequentes em áreas de vegetação aberta e reconhecidamente com importância na polinização de diversas plantas (Sühs *et al.*, 2009; Cesário & Gaglianone, 2013; Pereira, 2014). Embora estas duas espécies tenham sido consideradas importantes polinizadores de *Schinus terebinthifolius* na RPPN Caruara em estudo anterior (Cesário & Gaglianone, 2013), não foram amostradas nas flores dessa espécie nessa área no presente estudo, possivelmente devido à ausência de flores nos dias em que a amostragem foi realizada. Entretanto, no PE Gargaú essas espécies foram visitantes florais mais abundantes nas flores de *S. terebinthifolius* juntamente com *Astylus quadrilineatus* (Coleoptera). Cesário & Gaglianone (2008) também observaram estes besouros nas flores dessa espécie, mas sugeriram que estavam pilhando pólen.

Coleoptera foram os mais abundantes visitantes florais, principalmente devido à grande abundância de *Astylus quadrilineatus* (Melyridae). Este besouro é relatado como abundante em locais de ocorrência, visitando flores onde se alimenta de pólen e são reconhecidos como polinizadores do cultivo de pera japonesa (*Pyrus pyrifolia*, Rosaceae) (Faoro & Orth, 2015) e de *Discaria americana* (Rhamnaceae) (Medan, 1991). Dentre as famílias de besouros amostradas neste estudo, a maioria (Curculionidae, Nitidulidae, Scarabaeidae, Chrysomelidae e Tenebrionidae) apresenta espécies de polinizadores (Paulino-Neto, 2014).

As ordens Lepidoptera e Diptera também são reconhecidas por sua importância como polinizadores de diversas plantas no Brasil (Nadia & Machado, 2014; Oliveira *et al.*, 2014). As principais famílias de Diptera amostradas no presente trabalho, Syrphidae e Bombyliidae, são constituídas por importantes polinizadores.

Especificamente as moscas da família Syrphidae são especializadas em se alimentar quase que exclusivamente de pólen e, em muitos casos, atuam como polinizadores enquanto se alimentam (Willmer, 2011; Nadia & Machado, 2014).

Os resultados desse estudo indicam que uma fauna de insetos visitantes florais está se estabelecendo nos sítio de restauração e que as interações entre plantas e seus insetos polinizadores provavelmente também estão se estabelecendo nesses locais. Além disso, espécies herbáceas naturalmente regenerantes são importantes fontes de recursos para os potenciais polinizadores nessas áreas. Embora a presença de visitantes florais não indique necessariamente uma relação de polinização (Benevides *et al.*, 2013), é possível ter uma base da comunidade de potenciais polinizadores e da composição de plantas das quais esses insetos estão se alimentando.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves-dos-Santos, I. 1999. Abelhas e plantas melíferas da Mata Atlântica, restinga e dunas do Litoral norte do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Entomologia*, 43(3-4): 191-223.
- Assumpção, J. & Nascimento, M.T. 1998. *Fitofisionomia de uma restinga no extremo norte do litoral fluminense: um novo elemento no mosaico?* p.158-164. In: Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. São Paulo: ACIESP.
- Assumpção, J. & Nascimento, M.T. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 14(3): 301-315.
- Benevides, C. R.; Evans, D. M.; Gaglianone, M. C. 2013. Comparing the Structure and Robustness of Passifloraceae - Floral Visitor and True Pollinator Networks in a Lowland Atlantic Forest. *Sociobiology*, 60(3): 295-305
- Bernardino, A.S. & Gaglianone, M.C. 2008. Nest distribution and nesting habits of *Xylocopa ordinaria* Smith (Hymenoptera, Apidae) in a restinga area in the northern Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52(3): 434-440.
- Brançalion, P.H.S.; Lima, L.R. & Rodrigues, R.R. 2009. Restauração ecológica como estratégia de resgate e conservação da biodiversidade em paisagens antrópicas tropicais. p. 565-587. In: Peres, C.; Barlow, J.; Gardner, T. & Vieira,

I. (Eds.), *Conservação da biodiversidade em paisagens antropizadas do Brasil*. Curitiba: Editora UFPR.

- Braz, D.M.; Jacques, E.L.; Somner, G.V.; Sylvestre, L.S.; Rosa, M.M.T.; Pereira-Moura, M.V.L.; Germano-Filho, P.; Couto, A.V.S. & Amorim, T.A. 2013. Restinga de Praia das Neves, ES, Brasil: caracterização fitofisionômica, florística e conservação. *Biota Neotropica*, 13(3): 315-331.
- Buchmann, S.L. 1983. Buzz pollination in angiosperms. In: Jones, C. E. & Little, R. J. (eds.). *Handbook of experimental pollination biology*, p. 73-114.
- Carminatto, A.A.; Magenta, M.A.G.; Ramires, M. & Barrella, W. 2017. *Relação entre a complexidade estrutural da bromélia Quesnelia arvensis e a abundância de artrópodes em uma área de restinga*. Anais do Encontro Nacional de Pós-Graduação – VI ENPG, 1: 132-137.
- Cesário, L.F. 2007. *Recompensas florais e visitantes de duas espécies simpátricas de Clusia, Clusia hilariana Schlttd e Clusia spiritu-sanctensis Mariz & Weinberg (Clusiaceae), em áreas de restinga*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 58p.
- Cesário, L.F. & Gaglianone, M.C. 2008. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. *Acta Botanica Brasilica*, 22(3): 828-833.
- Cesário, L.F. & Gaglianone, M.C. 2013. Polinizadores de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em formações vegetacionais de restinga no norte do estado do Rio de Janeiro. *Bioscience Journal*, 29(2): 458-467.
- Chaves-Alves, T.M.; Junqueira, C.N.; Rabelo, L.S.; Oliveira, P.E.A.M.; Augusto, S.C. 2011. Recursos ecológicos utilizados por las especies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Apidae) en el área urbana. *Revista Colombiana de Entomología*, 37: 313-317.
- Donatti, A.J. 2011. *Como estão organizadas as redes de interações de visitação floral em áreas de restauração de Floresta Atlântica?* Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. 46p.
- Faoro, I.D. & Orth, A.I. 2015. Flower visiting insects during the bloom period of japanese pear orchards in Brazil. *Acta Horticulturae*, 1094: 275-279.
- Freitas, A.V.L.; Leal, I.R.; Uehara-Prado, M. & Iannuzzi, L. 2006. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. In: Rocha, C.F.D.; Bergalo, H.G.; Sluys, M.V. & Alves, M.A.S. (Ed.). *Biologia da Conservação: Essências*. São Carlos: Editora Rima.

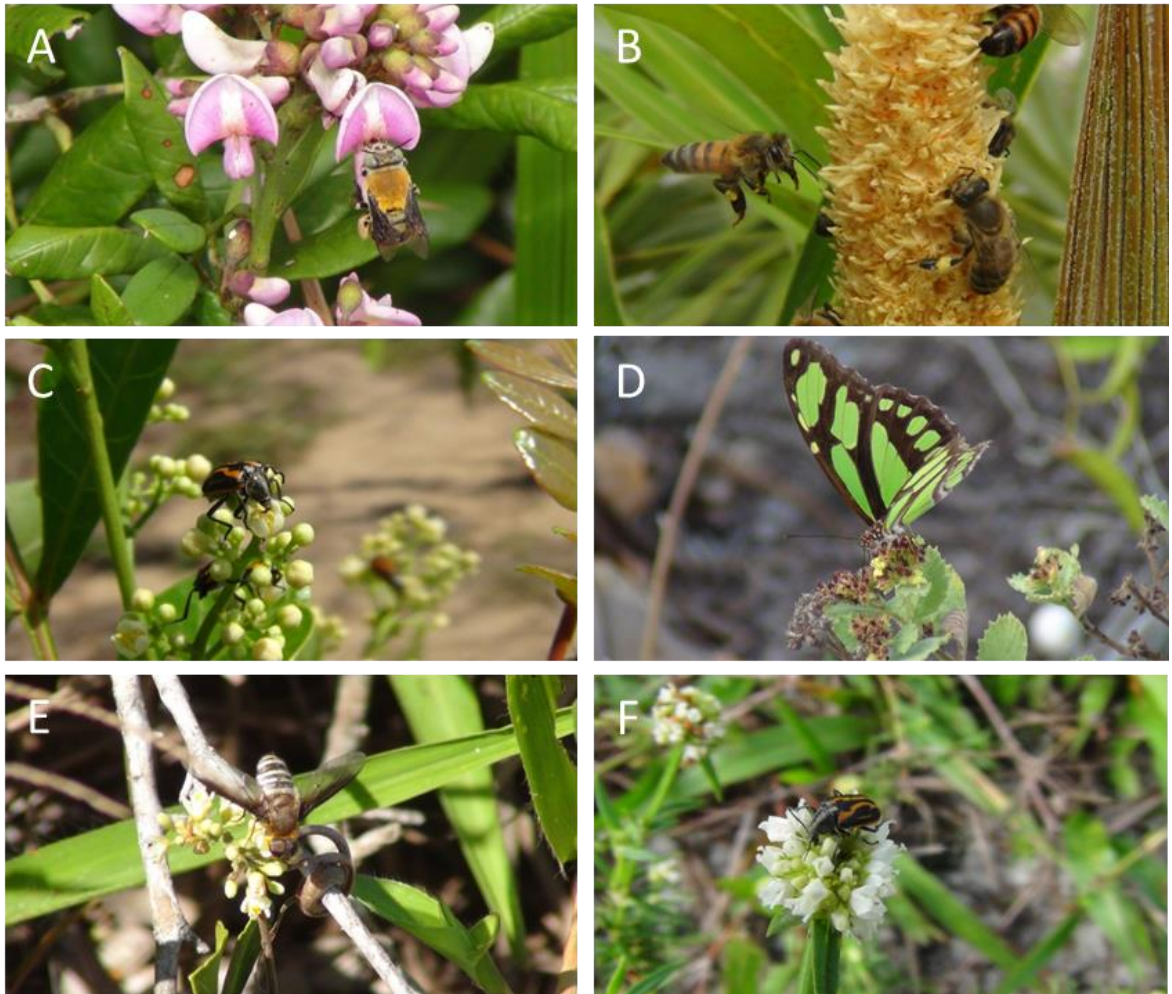
- Fragoso, F.P. 2009. *A entomofauna visitante floral de espécies arbóreas da Floresta da USP-RP, área de restauração de Mata Estacional Semidecidual*. Dissertação (Mestrado em Ciências), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP. 78p.
- Fragoso, F.P. 2014. *Restabelecimento das interações entre plantas e visitantes florais em áreas restauradas de Floresta Estacional Semidecidual*. Tese (Doutorado em Ciências), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP. 97p.
- Gomes, R. & Pinheiro, M.C.B. 2007. Biologia floral de *Pouteria venosa* (Martius) Baehni (Sapotaceae) na restinga de Maricá–RJ. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(1): 108-110.
- Gomes, R.; Pinheiro, M.C.B.; Lima, H.A.; Santiago-Fernandes, L.D.R. 2010. Biologia floral de *Manilkara subsericea* e de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) em restinga. *Revista Brasileira de Botânica*, 33(2): 271-283.
- Gottsberger, G.; Camargo, J.M.F. & Silberbauer-Gottsberguer, I. 1988. A bee-pollinated tropical community: the beach dune vegetation of Ilha de São Luís, Maranhão, Brazil. *Botanische Jahrbücher für Systematik*, 109(4): 469-500.
- Irwin, R.E.; Bronstein, J.L.; Manson, J.S. & Richardson, L. 2010. Nectar robbing: ecological and evolutionary perspectives. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41: 271-292.
- Jolivet, P. 1992. *Insects and plants, parallel evolution and adaptations*. 2 ed. Florida: Sandhill Crane. 190p.
- Kageyama, P. & Gandara, F.B. 2000. Revegetação de áreas ciliares. p. 1-40. In: Rodrigues, R.R. & Leitão Filho, H.F. (eds): *Matas chiars: conservação e recuperação*. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo-USP.
- Kageyama, P.Y.; Oliveira, R.E.; Moraes, L.F.D.; Engel, V.I. & Gastandara, F.B. 2003. *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: FEPAF. 340p.
- Kearns, C.A. & Inouye, D.W. 2000. *Techniques for pollination biologists*. Niwot: University Press of Colorado. 583p.
- Koschnitzke, C. 2015. Polinizadores e visitantes florais de três táxons de Asclepiadoideae (Apocynaceae) na restinga de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil. *Natureza on line*, 13(4): 165-176.
- Lenzi, M. & Orth, A.F. 2011. Visitantes florais de *Opuntia monacantha* (Cactaceae) em restingas de Florianópolis, SC, Brasil. *Acta Biológica Paranaense*, 40 (1-2): 19-32.

- Lopes, T.N.; Verçoza, F.C. & Missagia, C.C.C. 2015. Fenologia reprodutiva e visitantes florais de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) na vegetação da restinga de Grumari, Rio de Janeiro. *Revista de Biologia Neotropical*, 12(1): 39-43.
- Madeira-da-Silva, M.C. & Martins, C.F. 2003. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea Apiformes) de uma área de restinga, Paraíba, nordeste do Brasil: abundância, diversidade e sazonalidade. *Revista Nordestina de Biologia*, 17(1/2): 75-90.
- Maia, C.M. 2008. *Fauna de abelhas da Reserva Particular do Patrimônio Natural do Rio Cachoeira no município de Antonina, Paraná*. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. 49p.
- Marcilio-Silva, V.; Pillar, V.D. & Marques, M.C.M. 2016. Functional turnover and community assemblage during tropical forest succession. *Community Ecology*, 17(1): 88-97.
- Menezes, G.B. 2011. Abelhas coletoras de óleos florais na Reserva Biológica União-RJ: composição e diversidade de espécies, nidificação em ninhos-armadilha e utilização de fontes polínicas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- Medan, D. 1991. Reproductive phenology, pollination biology, and gynoeceum development in *Discaria americana* (Rhamnaceae). *New Zealand Journal of Botany*, 29(1): 31-42.
- Nadia, T.L. & Machado, I.C. 2014. Polinização por dípteros. p.277-290. In: Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E. & Machado, I.C. 2014. *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 527p.
- Oliveira, R.; Duarte-Junior, J.A.; Rech, A.R. & Avila-Jr, R.S. 2014. Polinização por lepidópteros. p.235-258. In: Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E. & Machado, I.C. *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 527p.
- Ollerton, J.; Winfree, R. & Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120: 321-326.
- Omega Energia, 2017. *Energia Eólica - CGE Gargaú*. Disponível em <www.omegaenergia.com.br>. Acessado em 4 agosto de 2017.
- Pasquet, R. S.; Peltier, A.; Hufford, M. B.; Oudin, E.; Saulnier, J.; Paul, L.; Knudsen, J. T.; Herren, H. R.; Gept, P. 2009. Long-distance pollen flow assessment through evaluation of pollinator foraging range suggests transgene escape distances. *PNAS*, 105(36): 13456-13461.

- Paulino-Neto, H.F. 2014. Polinização por besouros. p.259-275. *In: Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E. & Machado, I.C. (Orgs). Biologia da polinização.* Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 527p.
- Pereira, R.A.S. 2014. Polinização por vespas. p.291-309. *In: Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E. & Machado, I.C. (Orgs.). Biologia da polinização.* Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 527p.
- Pinheiro, M.; Gaglianone, M.C.; Nunes, C.E.P.; Sigrist, M.R. & Santos, I.A. 2014. Polinização por abelhas. p.205-233. *In: Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E. & Machado, I.C. (Orgs.). Biologia da polinização.* Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 527p.
- Pinho, U.F. 2003. *Caracterização dos estados de mar na Baía de Campos.* Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ. 137 p.
- R Development Core Team, 2009. *R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.* <http://www.R-project.org>.
- Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E. & Machado, I.C. 2014. *Biologia da polinização.* Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 527p.
- Rocha-Filho, L.C.; Krug, C.; Silva, C.I. & Garófalo, C.A. 2012. Floral Resources used by Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) in coastal ecosystems of the Atlantic Forest. *Psyche ID 934951*, 13p.
- Rosa, J. F.; Ramalho, M.; Monteiro, D.; Silva, M. D. 2007. Sucesso Reprodutivo de *Byrsonima sericea* DC. (Malpighiaceae) e Diversidade de Abelhas Centridini (Apidae). *Revista Brasileira de Biociências*, 5 (1): 168-170.
- Ruiz-Jaen, M.C. & Aide, T.M. 2005. Restoration success: how is it being measured? *Restoration Ecology*, 13: 569-577.
- Sammways, M.J. 1995. *Insect conservation biology.* London: Chapman & Hall. 358p.
- Santos, J.F. 2012. *Fenologia da floração e rede de interação de abelhas e plantas em uma área em processo de restauração florestal localizada em Araras-SP.* Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 61p.
- Silva, A.L.G. & Pinheiro, M.C.B. 2007. Biologia floral e da polinização de quatro espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae). *Acta Botanica Brasílica*, 21(1): 235-247.
- Silva-Souza, D.A.; Lenzi, M. & Orth, A.I. 2004. Contribuição à ecologia da polinização de *Tabebuia pulcherrima* (Bignoniaceae) em área de restinga, no sul de Santa Catarina. *Biotemas*, 17(2): 47-66.

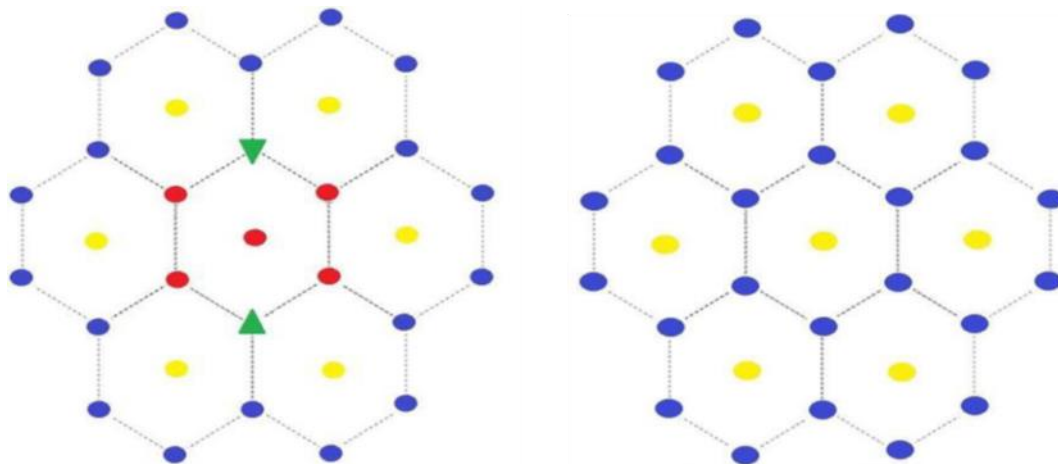
- Silva, F.O.; Viana, B. F.; Jacobi, C. M. 2005. The floral biology of *Eriope blanchetii* (Lamiaceae) in coastal sand dunes of NE Brazil. *Austral Ecology*, 30: 243-249.
- Silva, F.O.; Boscolo, D. & Viana, B. F. 2009. *Landscape functional connectivity of the carpenter bee *Xylocopa cearensis* Ducke in sand dunes, Brazil*. In: Annais da Latin American Landscape Ecology Conference. Campos do Jordão. p.171-172.
- Souza, J.M.T. 2013. *Redes de Polinização em Áreas Restauradas e de Floresta Atlântica do sul do Brasil*. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 125p.
- Sühs, R.B.; Somavilla, A.; Köhler, A. & Putzke, J. 2009. Vespídeos (Hymenoptera, Vespidae) vetores de pólen de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, 7(2): 138-143.
- Teixeira, L.A.G. & Machado, I.C. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 14(3): 347-357.
- Tieppo, F.M.M. 2011. *Manejo florestal em restingas da Mata Atlântica: uma proposta para a recuperação ambiental deste ecossistema*. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 76p.
- Traveset, A.; Castro-Urgal, R.; Rotllàn-Puig, X & Lázaro, A. 2018. Effects of habitat loss on the plant–flower visitor network structure of a dune community. *Oikos*, 127 (1): 45-55.
- Viana, B.F. & Kleinert, A.M.P. 2005. A community of flower-visiting bees (Hymenoptera: Apoidea) in the coastal sand dunes of northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 5(2): 1-13.
- Viana, B.F.; Silva, F.O. & Kleinert, A.M.P. 2006. A flora apícola de uma área de restinga de dunas litorâneas, Abaeté, Salvador, Bahia. *Revista Brasileira de Botânica*, 29: 13-25.
- Vosgueritchian, S.B. 2010. *Redes de interação plantas-visitantes florais e a restauração de processos ecológicos em florestas tropicais*. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo-SP. 145p.
- Willmer, P. 2011. Wind and water: abiotic pollination. p.418-433. In: Wilmer, P. (Ed.). *Pollination and Floral Ecology*. Princeton University Press. 792p.

7. APÊNDICES



Apêndice 1: Interações entre plantas e visitantes florais em áreas de restinga nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. A: *Centris* sp1 (Hymenoptera) visitando flor de *Andrira fraxinifolia* (Fabaceae). B: indivíduos de *Apis mellifera* (Hymenoptera) em visita as flores de *Allagoptera arenaria* (Arecaceae). C: *Astylus quadrilineatus* (Coleoptera) visitando flor de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae). D: Borboleta da família Nymphalidae (Lepidoptera) em flor de *Waltheria* sp (Malvaceae). E: *Exoprosopa* sp. (Diptera) visitando flor de *Paullinia weinmanniifolia* (Sapindaceae). F: *Astylus quadrilineatus* (Coleoptera) visitando flor de *Borreria verticillata* (Rubiaceae).

8. ANEXOS



Anexo 1: Esquema do plantio realizado em 2011 na RPPN Caruara, seguindo a metodologia proposta por Tieppo (2011). Esquerda: círculo proposto para áreas secas. Direita: círculo proposto para áreas alagáveis. Círculos azuis: representam indivíduos de espécies classificadas como pioneiras; círculos amarelos: representam indivíduos de espécies classificadas como secundárias iniciais; círculos vermelhos: representam indivíduos de espécies classificadas como secundária tardias; triângulos verdes: representam indivíduos de *Clusia* sp. Adaptado de Tieppo (2011).

Anexo 2: Lista das espécies utilizadas para a recomposição da vegetação na RPPN Caruara (cedida por D. F. Nascimento)

Família	Espécie	Nome vulgar
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira
Annonaceae	<i>Annona</i> sp.	Mololo
Arecaceae	<i>Allagoptera arenaria</i> (Gomes) O. Kuntze	Coco gurirí
	<i>Bactris setosa</i> Mart.	Coco tucum
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.	Almescla
Capparaceae	<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	Juramento
Celastraceae	<i>Maytenus obtusifolia</i> Mart.	Papagaio
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Abajurú
	<i>Calophyllum brasiliensis</i> Cambess.	Guanandi
Clusiaceae	<i>Clusia hilariana</i> Schlttdl.	Abaneiro
	<i>Garcinia brasiliensis</i> Mart.	Bacupari
Ebenaceae	<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	Fruta cor
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum ovalifolium</i> Peyr.	Arco de pipa
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Burra leitera
	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	Angelim
	<i>Chloroleucon tortum</i> (Sw.) Willd.	Jacaré
	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingá mirim 2
Fabaceae	<i>Inga luschnathiana</i> Benth.	Ingá
	<i>Inga</i> sp.	Ingá mirim 1
Lauraceae	<i>Ocotea elegans</i> Mez	Canela preta

Malphigiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	Murici
Malvaceae	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns	Paina
Melastomataceae	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud.	Canela veado
	<i>Tibouchina clavata</i> (Pers.) Wurdack	Flor roxa
Moraceae	<i>Ficus organensis</i> Miq.	Figueira branca
	<i>Ficus tomentella</i> Miq.	Figueira vermelha
	<i>Ficus</i> sp.	Figueirinha
Myrsinaceae	<i>Rapanea parvifolia</i> (A. DC.) Mez.	Capororoquinha
	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez	Capororoça folha larga
	Myrsinaceae sp.	Capororoça do brejo
Myrtaceae	<i>Calyptanthes brasiliensis</i> Spreng.	João branco
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	Gabirola
	<i>Eugenia astringens</i> Cambess.	Aperta cú
	<i>Eugenia ovalifolia</i> Camb.	Azeitona
	<i>Eugenia pluriflora</i> DC.	Apertão
	<i>Eugenia</i> sp.	Cambucazinho
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga
	<i>Eugenia selloi</i> B.D.Jacks.	Pitanga lagarto 1
	<i>Eugenia</i> cf. <i>dichroma</i>	Pitanga lagarto 2
	<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) Berg	Camboinha
	<i>Plinia edulis</i> (Vell.) Sobral	Cambucá
	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá casca grossa
	<i>Psidium araca</i> Raddi	Araçá
	<i>Psidium</i> sp.	Araçá pêra
	Myrtaceae sp.	Folha miúda
Nyctaginaceae	<i>Guapira pernanbucensis</i> (Casar.) Lund.	Maria mole
Peraceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Bail.	Calombo
Polygonaceae	<i>Coccoloba alnifolia</i> Cas.	Bolo
Rhamnaceae	<i>Scutia arenicola</i> (Cas.) Reiss.	Quixabinha
	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Juá
Rubiaceae	<i>Melanopsidium nigrum</i> Colla	Genipabinho
	Rubiaceae sp.1	Genipabinho do brejo
Sapindaceae	<i>Cupania emarginata</i> Cambess.	Fruto de guaxo
	<i>Manilkara subsericea</i> Mart.) Dubard	Maçaranduba
Sapotaceae	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	Quixaba de porco
	<i>Sideroxylon</i> sp.	Quixaba
	<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	Aguapeba
Solanaceae	<i>Cestrum axillare</i> Vell.	Canema
Theophrastaceae	<i>Jacquinia brasiliensis</i> Mez	Pimenta da praia
Urticaceae	<i>Cecropia lyratiloba</i> Miq.	Embaúba

CAPÍTULO 2

REDES DE INTERAÇÕES PLANTAS-VISITANTES FLORAIS EM ÁREAS DE REMANESCENTE E RESTAURAÇÃO DE RESTINGA NA RPPN FAZENDA CARUARA, RJ

RESUMO

As redes de interação plantas-visitantes florais são consideradas uma importante ferramenta para avaliar o estabelecimento e a dinâmica das interações entre plantas e polinizadores. O objetivo deste capítulo foi analisar comparativamente as redes de interações plantas-visitantes florais em uma área focal (Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara, em São João da Barra-RJ), que compreende pontos espacialmente contíguos de restinga remanescente e de plantios visando à restauração. Os insetos visitantes florais foram amostrados mensalmente com rede entomológica. Foram documentadas 1832 interações envolvendo 151 espécies de insetos visitantes florais e 34 espécies de plantas. Na restauração foi amostrado maior número de espécies e de interações (120 espécies de insetos, 25 espécies de plantas e 1361 interações) quando comparado ao remanescente (74 espécies de insetos, 19 espécies de plantas e 471 interações). A robustez dos visitantes florais (*robustness HL*) foi maior na restauração, o que é explicado pela presença de muitas espécies generalistas nesse ambiente. A equitatividade de interações (*Interaction evenness*) foi menor na restauração, indicando menor uniformidade nas frequências de interações em relação ao remanescente. A frequência de interações de visitantes com as plantas utilizadas nos plantios da restauração variou individualmente entre áreas de remanescente e restauração, indicando que análises em nível das populações poderão revelar padrões específicos; para *Guapira pernambucensis*, por exemplo, as interações foram mais frequentes na área de remanescente. É importante destacar que espécies naturalmente regenerantes apresentaram maior abundância de flores e aumentaram a disponibilidade de recursos florais para os polinizadores na restauração, o que possivelmente ocasionou a maior atratividade de visitantes florais para este local. Diante dos resultados deste trabalho seria interessante que propostas de restauração de áreas degradadas incluíssem a manutenção das plantas regenerantes espontâneas, que oferecem recursos

importantes para populações de insetos polinizadores na restinga durante o processo de restauração.

Palavras-chave: equitatividade de interações, plantas regenerantes espontâneas, insetos, Mata Atlântica, polinização, robustez.

1. INTRODUÇÃO

Diante da constante degradação e fragmentação das áreas naturais, nas últimas décadas, a atenção ao desenvolvimento de programas para restauração de áreas degradadas tem aumentado em todo o mundo (SER, 2004; Rodrigues *et al.*, 2009; Clewell & Aronson, 2011; Aronson & Alexander, 2013). Nos últimos anos houve uma mudança de foco da restauração estrutural para a restauração dos processos funcionais de um ecossistema, principalmente devido às evidências de que a conservação das interações entre as espécies dentro de um ecossistema leva à manutenção de muitos serviços ecossistêmicos resultantes dessas interações (Tylianakis *et al.*, 2010; Devoto *et al.*, 2012).

A polinização, por exemplo, é um processo essencial para a reprodução cruzada das angiospermas e é realizada em sua maior parte por animais, principalmente insetos (Faegri & van Der Pijl, 1979; Ollerton *et al.* 2011). Assim, a presença dos polinizadores em áreas de restauração é um dos fatores determinantes para o estabelecimento das populações de plantas (Forup & Memmott, 2005; Forup *et al.*, 2008; Dixon, 2009). Este foco é ainda recente e são necessários maiores esforços para o acompanhamento do estabelecimento das interações planta-polinizadores em programas de restauração de áreas degradadas (Menz *et al.*, 2011).

A teoria de redes é uma importante ferramenta que tem sido cada vez mais utilizada para entender as interações entre as espécies, como as que ocorrem entre plantas e polinizadores (Olesen *et al.*, 2012; Bhattacharya, *et al.*, 2014). Em áreas de restauração, as redes de interação planta-polinizador podem ser uma importante forma de avaliar o reestabelecimento funcional da polinização, processo necessário para as plantas alvo da restauração se reproduzirem e sobreviverem (Forup & Memmott, 2005).

No Brasil, um dos biomas mais degradados é a Mata Atlântica e, embora vários estudos tenham proposto analisar a restauração neste bioma, as restingas costeiras ainda são pouco avaliadas neste tema (Sá, 2002; Bechara, 2003; Vieira, 2004; Bechara, 2006; Zamith & Scarano, 2004). A maioria dos trabalhos de restauração realizados na Mata Atlântica objetivou principalmente a avaliação do estabelecimento da vegetação sem analisar a restauração das funções ecológicas

do ecossistema (Rodrigues *et al.* 2009). Algumas iniciativas são apresentadas na literatura, utilizando redes de interação planta-polinizadores em áreas em processo de restauração em diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica, destacando-se Fragoso (2009, 2014), Vosgueritchian (2010), Donati (2011), Santos (2012) e Souza (2013).

Na restinga, a maioria das espécies vegetais é polinizada por animais, sendo a maior parte realizada por insetos (Gaglianone, 2010). Dessa forma, a presença de insetos polinizadores é essencial para a manutenção e o estabelecimento em longo prazo das populações de plantas em áreas de recuperação de restinga. Apesar disso, não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliem as interações planta-polinizador em áreas de restauração desse ambiente.

A partir do conhecimento de que as comunidades de insetos estão sendo restauradas, resultante do Capítulo 1 desta tese, pode-se abordar mais profundamente como as redes de interações entre estes potenciais polinizadores e as plantas estão estruturadas nas áreas de restauração. Pelo nosso conhecimento, o estudo das interações entre plantas e insetos visitantes florais em áreas de restauração de vegetação de restinga é inédito. Os resultados desse trabalho são importantes como base para a proposição de medidas que auxiliem a atração e estabilidade dos polinizadores para esse ambiente.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é avaliar o processo de restauração das interações entre plantas e visitantes florais em áreas de restinga, analisando comparativamente a estrutura das redes de interações em áreas de remanescente e de restauração da vegetação.

3. HIPÓTESE

A estrutura das redes de interações plantas-visitantes florais é mais estável na área de remanescente, pois esse ambiente possivelmente apresenta maior disponibilidade de recursos aos visitantes florais.

4. MATERIAIS E METODOS

4.1. Área de estudo

A área de estudo é a Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Caruara (RPPN Caruara) (21°47.454'N, 41°2.389'W), localizada no município de São João da Barra (RJ). Essa reserva foi criada em 2012 como medida compensatória da implementação do megaempreendimento industrial do Complexo Portuário do Superporto do Açú e possui uma extensão de aproximadamente quatro mil hectares (Freire *et al.*, 2015). Essa área engloba um dos maiores remanescentes de restinga de Estado do Rio de Janeiro, a restinga do complexo lagunar Grussaí-Iquipari. Apesar da degradação, principalmente devido à urbanização e substituição por áreas cultivadas, ainda restam áreas em bom estado de conservação (Rocha *et al.*, 2007; SOS Mata Atlântica, 2013). Além da proteção de áreas de remanescentes de vegetação, a RPPN Caruara também possui áreas em que a vegetação de restinga está sendo restaurada por meio de plantio de mudas de espécies de restinga (Freire *et al.* 2015).

O clima da região é caracterizado como tropical sub-úmido a semi-árido, com precipitação pluviométrica média anual entre 800 a 1200 mm. As maiores taxas de precipitação ocorrem nos meses de verão. O vento predominante tem a direção nordeste e atinge as maiores velocidades nos meses de agosto a dezembro (Pinho, 2003).

Remanescente de restinga

Segundo Assumpção e Nascimento (1998), a vegetação de restinga da RPPN Caruara pode ser dividida em quatro unidades fisionômicas, na direção mar-interior: Formação Praial Graminóide, Formação Praial com Moitas, Formação de *Clusia* e Formação Mata de Restinga. A fitofisionomia estudada neste trabalho foi a Formação de *Clusia*, também denominada vegetação arbustiva aberta. Essa formação estende-se a partir de cerca de 580 m da linha da maré até 980 m. O solo possui 73% de sua cobertura composta por moitas. O restante é composto praticamente pela areia nua, com reduzida cobertura por espécies psamófilas-reptantes. Nessa fitofisionomia ocorrem 49 espécies de plantas pertencentes a 31 famílias, sendo que a maioria das espécies está distribuída entre as famílias Myrtaceae (com 25% das espécies), Leguminosae (21%), Bromeliaceae (17%) e Cactaceae (13%). A composição florística é semelhante à Formação Praial com Moitas, porém há a ocorrência da espécie *Clusia hilariana* dominando a parte central das moitas. Além disso, as moitas apresentam maior riqueza de espécies e são mais altas quando comparadas as da fitofisionomia mais litorânea, sendo compostas por arbustos e arvoretas de até 4 m de altura. As principais espécies são *Pera glabrata*, *Eugenia sulcata*, *Sideroxylon obtusifolium*, *Scutia arenicola* e *Bromelia antiacantha* (Assumpção & Nascimento, 1998).

Restauração

A RPPN Caruara apresenta áreas em que a vegetação está sendo restaurada por meio de plantio de mudas de espécies de restinga. Desde 2011 até 2016 já haviam sido recompostos 460 ha de vegetação de restinga e está prevista a recomposição de aproximadamente 1400 ha (D.F. Nascimento, comunicação pessoal; Freire *et al.* 2015). O presente estudo foi realizado em uma área de restauração, com plantio de mudas realizado no ano de 2011. Os plantios são uma tentativa de recompor uma área originalmente coberta pela fitofisionomia arbustiva aberta (ou moita de *Clusia*).

O sistema de plantio seguiu a metodologia proposta por Tieppo (2011), baseada na teoria dos anéis hexagonais (Fasoulas, 1981 apud Tieppo, 2011). O desenho é composto por sete anéis hexagonais, com o plantio das mudas em cada vértice e no centro dos anéis. Os anéis juntos formam um círculo, com 31 mudas de

plantas, que tenta recriar o formato das moitas (anexo 1, Capítulo 1; figura 1). A composição de espécies de cada moita foi escolhida aleatoriamente, seguindo a classificação em grupos ecológicos (pioneira, secundária inicial ou secundária tardia) para disposição nos anéis. Como o terreno apresenta tanto áreas alagáveis como secas, foram feitos os dois tipos desenhos circulares (anexo 1, Capítulo 1). As espécies utilizadas nos plantio estão listadas no Anexo 2 do Capítulo 1.

Essa área também apresenta alguns indivíduos de regeneração natural o que inclui espécies de restinga como *Andira fraxinifolia* (Fabaceae), *Byrsonima sericea* (Malpighiaceae), *Eugenia uniflora* (Myrtaceae), *Schinus terebintifolius* (Anacardiaceae) e *Tocoyena bullata* (Rubiaceae), assim como espécies ruderais principalmente das famílias Asteraceae, Fabaceae, Malvaceae e Rubiaceae.

4.2. Desenho amostral

Na RPPN Caruara foram selecionados um sítio amostral de vegetação arbustiva aberta remanescente e um sítio amostral de plantio de mudas para restauração da vegetação arbustiva aberta, distantes aproximadamente 1,2 km entre si. Os sítios foram denominados neste estudo remanescente (A) e restauração (R), respectivamente. Em cada sítio foram selecionados cinco *plots* de 2000 m² (200 m X 10 m) cada, distantes uns dos outros pelo menos 100 m (figura 1). Os *plots* do sítio de remanescente foram denominados A1 até A5 e os *plots* do sítio de restauração foram denominados R6 até R10.

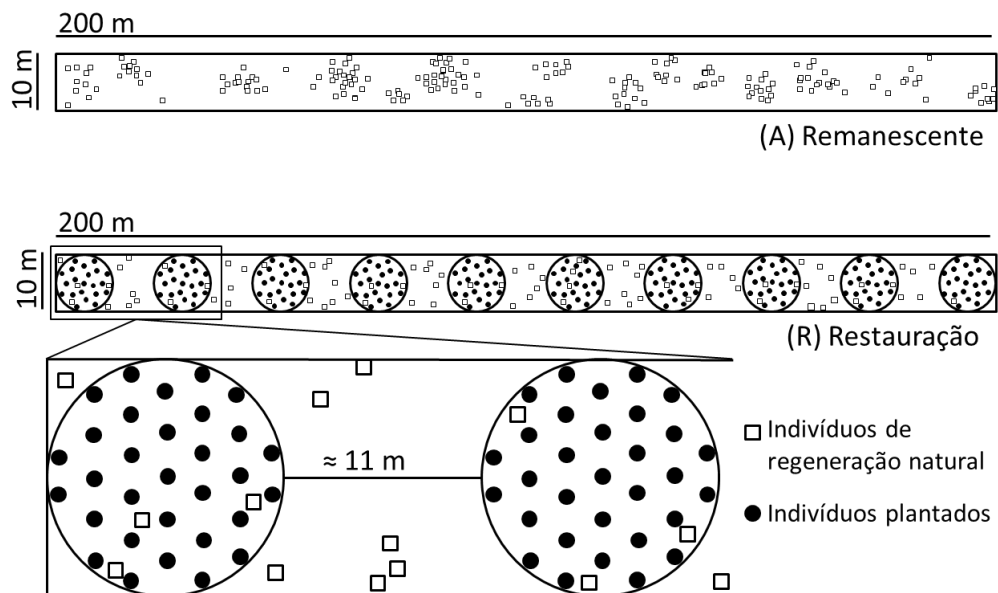


Figura 1: Acima: disposição dos *plots* nos sítios de remanescente (A, em amarelo) e restauração (R, em vermelho) de restinga na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). Abaixo: Esquema dos *plots* de remanescente (A) de restauração (B), com destaque para a disposição dos indivíduos no plantio de mudas de restinga realizado na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ).

4.3. Amostragem

Cada sítio foi amostrado um dia por mês de junho de 2014 a maio de 2015, totalizando 12 dias de amostragem em cada sítio ao longo de um ano. A cada dia

quatro *plots* foram amostrados cinco vezes em intervalos de 45 minutos das 6 às 16 horas, por dois coletores que se alternavam entre os *plots*. Os insetos visitantes florais foram amostrados com rede entomológica durante sua visita as flores. No sítio de restauração, os insetos visitantes florais das plantas naturalmente regenerantes, também foram coletados, incluindo os visitantes de espécies ruderais.

No período de junho/2014 a dezembro/2014, quatro *plots* eram sorteados para a amostragem a cada dia de coleta em cada sítio amostral. De janeiro/2015 a maio/2015 foram fixados quatro *plots*, sendo descartado o *plot* com menor número de coletas realizadas nas amostragens anteriores, em cada sítio.

As espécies em floração e abundância de flores em cada *plot* foram registradas a cada mês e amostras foram coletadas para posterior identificação. O número de flores individuais foi contado sempre que possível. Quando isso não foi possível devido ao grande número de flores ou ao grande tamanho da planta, a abundância de flores foi estimada de três formas, seguindo a metodologia adaptada de Souza (2013):

- espécies com flores dispostas em inflorescências – contagem do número de inflorescências por indivíduo e estimativa do número de flores pela multiplicação do número médio de flores/inflorescência (a partir de três inflorescências) pelo número total de inflorescências;

- espécies herbáceas com distribuição agregada – contagem de flores/inflorescências em um quadrante de 30 x 30 cm, colocado aleatoriamente sobre a planta, e estimativa a partir da medição do tamanho da agregação;

- espécies arbustivas e arbóreas – contagem de flores/inflorescências em um quadrante de 30 x 30 cm, colocado aleatoriamente sobre a planta. A partir disso, o número de flores/inflorescências era extrapolado para toda a copa pela medição da copa das árvores (diâmetro maior, diâmetro menor e altura da copa) utilizando a fórmula da área de um elipsoide.

Insetos e plantas foram identificados até o menor nível taxonômico possível utilizando chaves disponíveis na literatura, por comparação a coleções de referência, e com o auxílio de especialistas de cada grupo, sendo eles: Ayr Bello e Dra. Magali Hofmann, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Coleoptera), Dra. Mírian Nunes Morales, Universidade Federal de Lavras (Diptera, Syrphidae), Dr. Carlos José Einicker Lamas, Universidade de São Paulo (Diptera, Bombyliidae), Dr.

Gabriel Augusto Rodrigues de Melo, Universidade Federal do Paraná (Hymenoptera), Dr. Diego Rodrigo Dolibaina (UFPR) (Lepidoptera) e Msc. Tatiane Souza (identificação das plantas). O material entomológico coletado está depositado na Coleção de Zoologia do Laboratório de Ciências Ambientais-UENF e o material botânico está depositado no Herbário-UENF.

4.4. Análise de dados

Para checar a ocorrência de diferenças na amostragem das interações entre plantas e visitantes florais entre os sítios, o que poderia ocasionar desvios nas métricas de redes, a suficiência da amostragem das interações foi avaliada em cada *plot* usando o método *SCW1*, que aplica um estimador baseado em abundância (Chao1), conforme indicado por Macgregor *et al.* (2017).

Para visualização das redes de interações bipartidas plantas-visitantes florais nos sítios de restauração e remanescente, quatro matrizes quantitativas foram construídas a partir das interações observadas: uma com todas as interações amostradas no sítio de remanescente, uma com todas as interações amostradas no sítio de restauração, uma com as interações amostradas entre os visitantes florais e espécies de plantas inseridas no sítio de restauração através do plantio de mudas e uma com as interações amostradas apenas entre visitantes florais e espécies de plantas naturalmente regenerantes no sítio de restauração. Além disso, uma rede de interações qualitativa e tripartida foi construída para a visualização das interações, no sítio de restauração, entre visitantes florais e espécies de plantas inseridas através do plantio de mudas e de plantas regenerantes naturais.

Matrizes de interações quantitativas plantas-visitantes florais para cada *plot* foram construídas e utilizadas para calcular as seguintes métricas de redes de interações: densidade de ligações (*linkage density*), medida da diversidade ponderada de interações por espécie; equitatividade de interações (*interaction evennes*), medida da homogeneidade de frequências de interação em todos os links da rede; robustez das plantas e insetos (*robustness LL* e *robustness HL*, respectivamente), indica o potencial de resistência a extinções secundárias de um nível a partir da extinção de espécies do outro nível (foi baseada no grau, onde as

espécies mais generalistas são extintas primeiro (Memmott *et al.*, 2004); vulnerabilidade (*vulnerability*), número médio ponderado de espécies do nível superior (visitantes florais) relacionadas a espécies do nível inferior (plantas); generalidade (*generality*), número médio ponderado de espécies do nível inferior (plantas) conectadas a espécies do nível superior (visitantes florais). As métricas foram escolhidas e calculadas seguindo Bersier *et al.* (2002), Tylianakis *et al.* (2007) e Kaiser-Bunbury & Bluthgen (2015). O efeito da restauração sobre as métricas de redes foi testado usando GLMs (*general linear model*) independentes para cada métrica, em que os tratamentos (remanescente e restauração) foram considerados as variáveis preditoras e cada métrica a resposta numérica. De acordo com o tipo distribuição dos dados, para a robustez das plantas e dos insetos (*robustness LL* e *robustness HL*, respectivamente) foi utilizada a distribuição binomial e para as demais métricas foi a distribuição de *Poisson*. A correção de Bonferroni foi utilizada para ajustar os valores de significância.

As diferenças nas interações plantas-visitantes florais entre as redes de interações amostradas nos *plots* de remanescente e de restauração foram quantificadas pelo índice de diversidade beta de Jaccard (*Jaccard beta diversity-JBD*), que é definido como o *turnover* das interações entre as redes (Novotny, 2009). A diversidade beta das redes de interação plantas e visitantes florais é dividida em quatro componentes, correspondentes ao *turnover* das interações devido à mudança (i) tanto nas espécies de plantas como visitantes florais (Bph), (ii) somente nas espécies de plantas (Bp), (iii) somente nas espécies de visitantes florais (Bh) e (iv) na preferência dos visitantes florais por espécies de planta entre as redes de interações (Bo) (ver Novotny, 2009). Todas as análises foram conduzidas no programa R (R Development Core Team, 2009).

5. RESULTADOS

Foram documentadas 1832 interações envolvendo 151 espécies de insetos visitantes florais e 34 espécies de plantas. A avaliação da suficiência da amostragem das interações indicou que os dois sítios foram amostrados de forma semelhante (apêndice 3). No sítio de restauração foi amostrado maior número de espécies e de

interações (120 espécies de insetos, 25 espécies de plantas e 1361 interações) do que no sítio de remanescente (74 espécies de insetos, 19 espécies de plantas e 471 interações) (figuras 2 e 3).

A maioria das espécies de plantas que floresceram no sítio de restauração (72%) foram espécies provenientes de regeneração natural e/ou indivíduos remanescentes, enquanto que 28% correspondiam a espécies plantadas no programa de restauração. As espécies de regeneração natural apresentaram os maiores valores de abundância de flores (figuras 4 e apêndice 1). A maioria das interações (1104 interações) registradas no sítio de restauração ocorreu entre insetos e espécies de plantas de regeneração natural e 257 interações (18,9% das interações neste sítio) ocorreram com espécies de plantas manejadas para a restauração (figuras 3, 4 e 5).

A robustez dos visitantes florais (*robustness HL*), considerando todas as interações, foi significativamente maior no sítio de restauração e a equitatividade de interações (*interaction evenness*) foi menor neste sítio. Nenhuma diferença significativa para as métricas densidade de ligações (*linkage density*), robustez das plantas (*robustness LL*), vulnerabilidade (*vulnerability*) e generalidade (*generality*) foi detectada entre os sítios de remanescente e restauração (tabela 1 e figura 7).

Quando consideradas somente as espécies plantadas no programa de restauração e seus visitantes florais para a construção das redes no sítio de restauração, a generalidade (*generality*) foi significativamente maior no sítio de remanescente. Nestas redes, nenhuma diferença significativa para as métricas densidade de ligações (*linkage density*), equitatividade de interações (*interaction evenness*), robustez das plantas (*robustness LL*), robustez dos visitantes florais (*robustness HL*), vulnerabilidade (*vulnerability*), foi detectada entre os sítios de remanescente e restauração (tabela 1 e figura 8).

A média da diversidade beta de Jaccard (*Jaccard beta diversity - JBD*) entre os pares de redes de interações dos *plots* de remanescente e restauração de restinga foi $JBD = 0,98$, o que indica um alto *turnover* de interações. Isto foi gerado principalmente pelo *turnover* simultâneo das espécies de plantas e visitantes florais (média $B_{ph} = 0,44$) e pelo *turnover* das espécies de plantas (média $B_p = 0,35$). O *turnover* das espécies de visitantes florais (média $B_h = 0,09$) e mudanças na preferência dos visitantes florais por espécies de plantas entre os sítios (média $B_o =$

0,09) foram menos importantes. Os resultados para cada par de *plots* estão apresentados no Apêndice 4.

As espécies plantadas no projeto de restauração e que receberam visitantes florais tanto no sítio de restauração como de remanescente estão listadas na tabela 2. A maioria das espécies apresentou maior número de flores no sítio de remanescente, exceto para *Guapira pernambucensis*. Além disso, maior número de espécies de visitantes florais por espécie de planta foi amostrado no sítio de remanescente, com exceção de *Tibouchina clavata*.

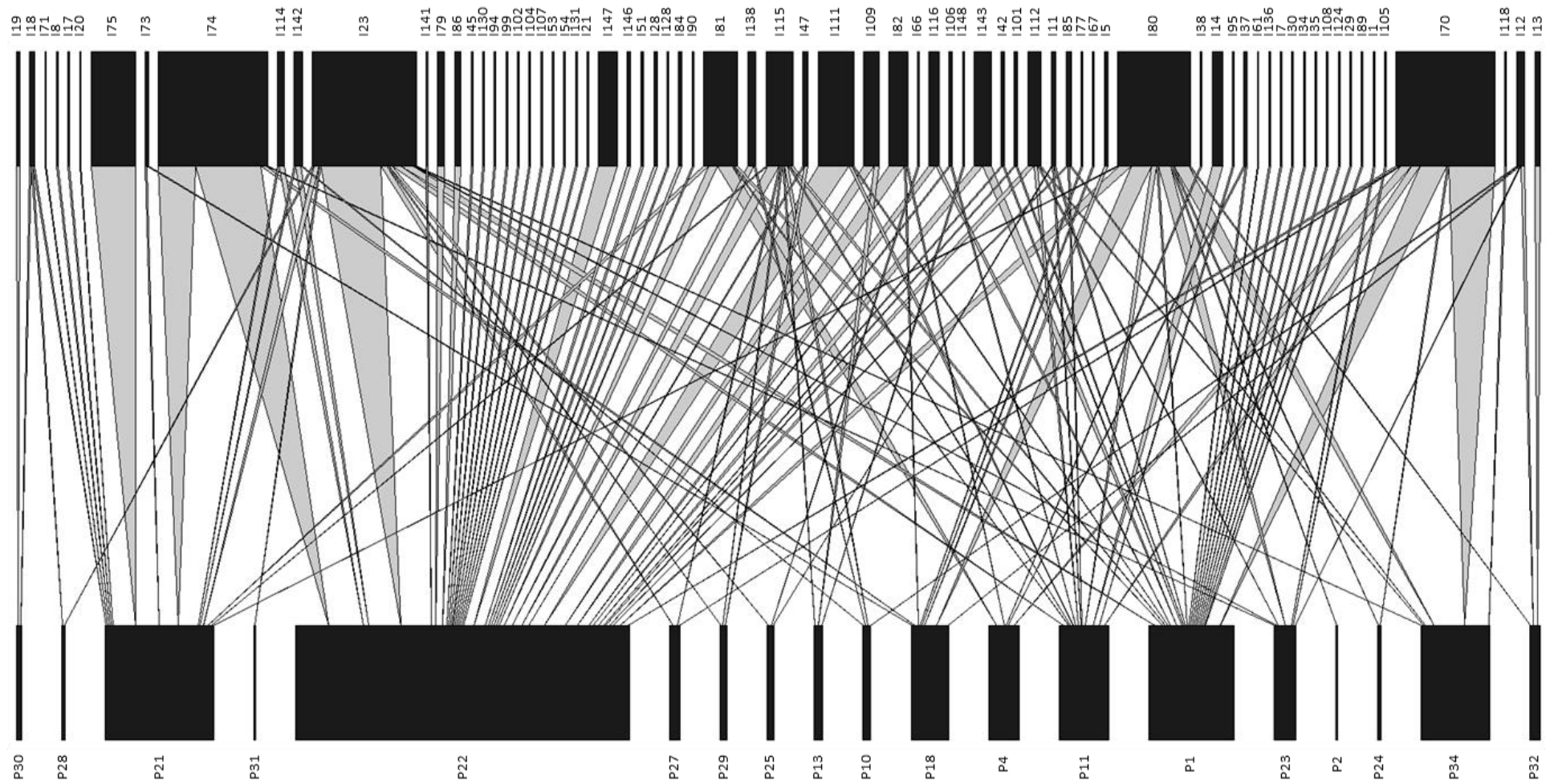


Figura 2: Rede de interações quantitativa plantas-visitantes florais registradas no sítio de **remanescente de restinga** na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas na base e insetos no ápice. As linhas representam as interações observadas, cuja a espessura representa a frequência de interações. Os códigos das espécies de plantas e visitantes florais estão listados nos apêndices 1 e 2.

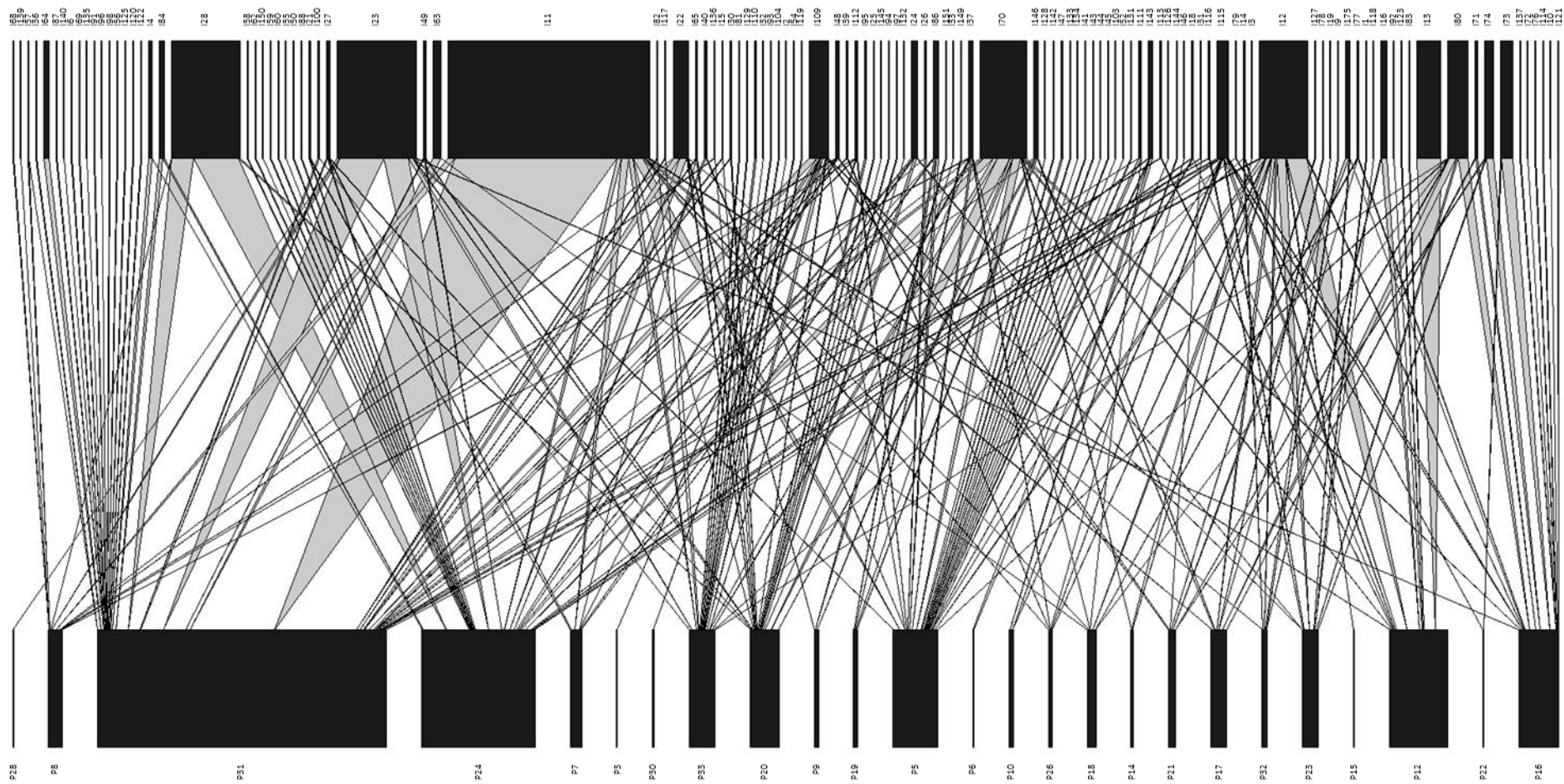


Figura 3: Rede de interações quantitativa plantas-visitantes florais registradas no sítio de **restauração de restinga** na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas na base e insetos no ápice. As linhas representam as interações observadas, cuja espessura representa a frequência de interações. Os códigos das espécies de plantas e visitantes florais estão listados nos apêndices 1 e 2.

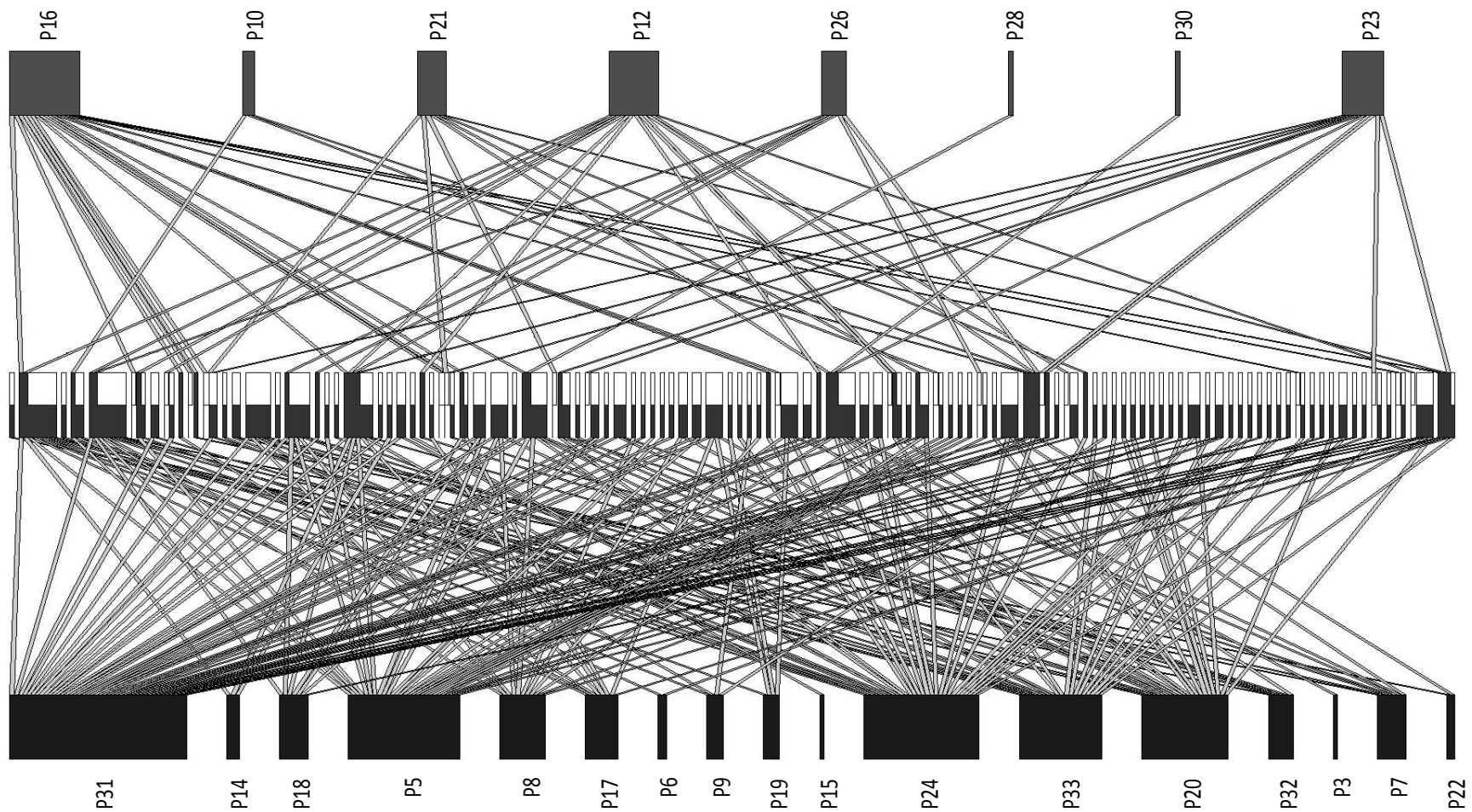


Figura 4: Rede de interações qualitativa plantas-visitantes florais registradas no sítio de **restauração de restinga** na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas na base (**espécies de regeneração natural**) e no ápice (**espécies plantadas no programa de restauração**); insetos visitantes florais no centro. As linhas representam as interações observadas. Os códigos das espécies de plantas estão listados nos apêndices 1 e 2.

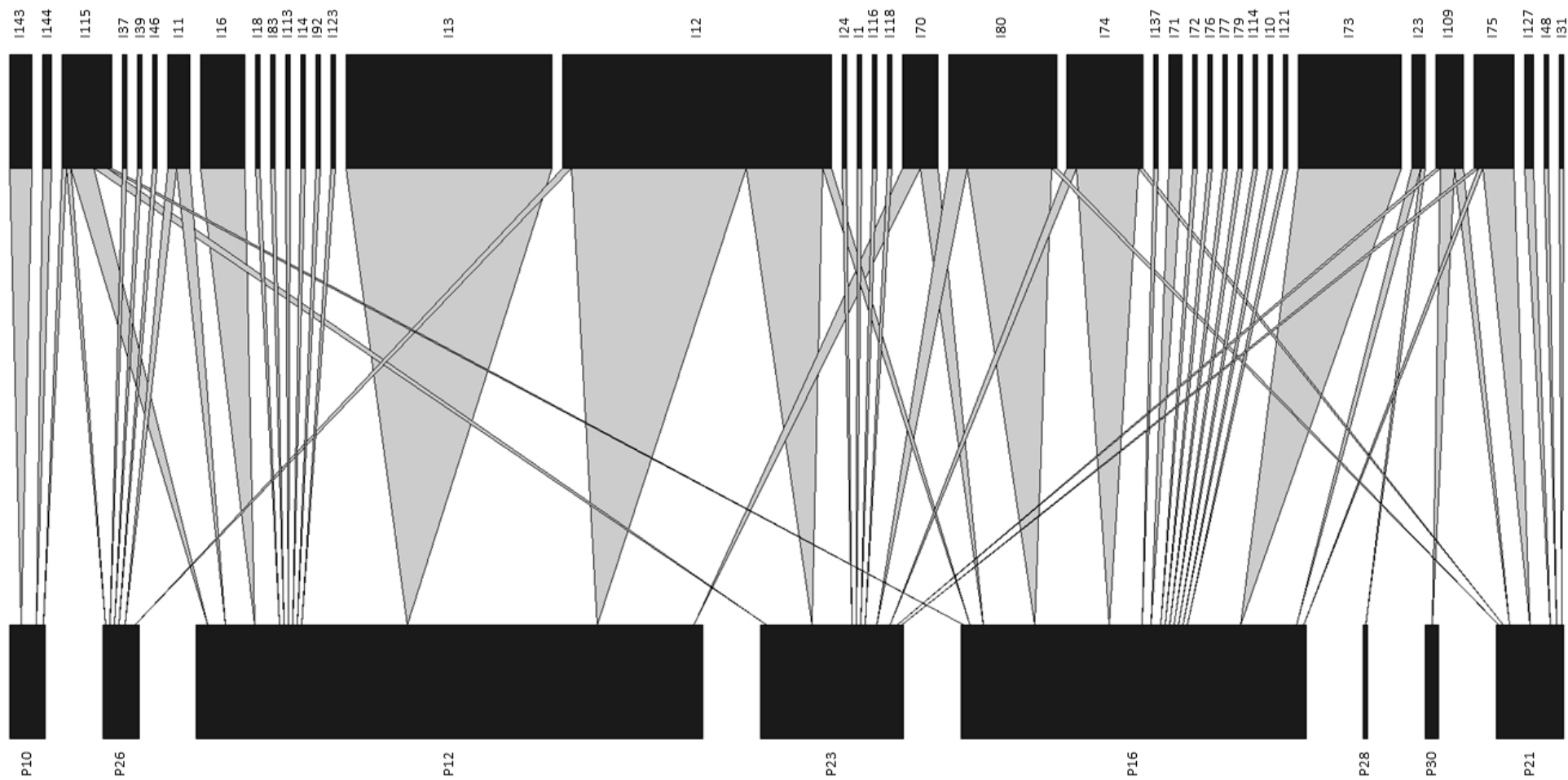


Figura 5: Rede de interações quantitativa entre **espécies plantadas no programa de restauração** e visitantes florais registradas no sítio de **restauração de restinga** na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas na base e insetos no ápice. As linhas representam as interações observadas, cuja espessura representa a frequência de interações. Os códigos das espécies de plantas estão listados nos apêndices 1 e 2.

Tabela 1: Efeito da restauração, com referência ao remanescente, sobre as métricas de redes quantitativas individuais (valores de p ajustado pela correção de Bonferroni). Resultado derivado de GLMs independentes. Resultados significativos estão em negrito. A: redes de interações do sítio de restauração compostas por todas as espécies de plantas. B: redes de interações do sítio de restauração compostas somente pelas espécies de plantas inseridas na área através do programa de restauração

Métricas	A		B	
	t	p -ajustado	t	p -ajustado
Equitatividade de interações (<i>Interaction evenness</i>)	-3,155	0,013	-0,029	1,000
Robustez dos insetos (<i>Robustness HL</i>)	3,336	0,010	0,823	1,000
Robustez das plantas (<i>Robustness LL</i>)	1,813	0,107	1,899	0,564
Generalidade (<i>Generality</i>)	0,699	0,505	-4,221	0,017
Vulnerabilidade (<i>Vulnerability</i>)	-0,894	0,397	-1,653	0,821
Densidade de ligações (<i>Linkage density</i>)	-0,683	0,514	-1,959	0,514

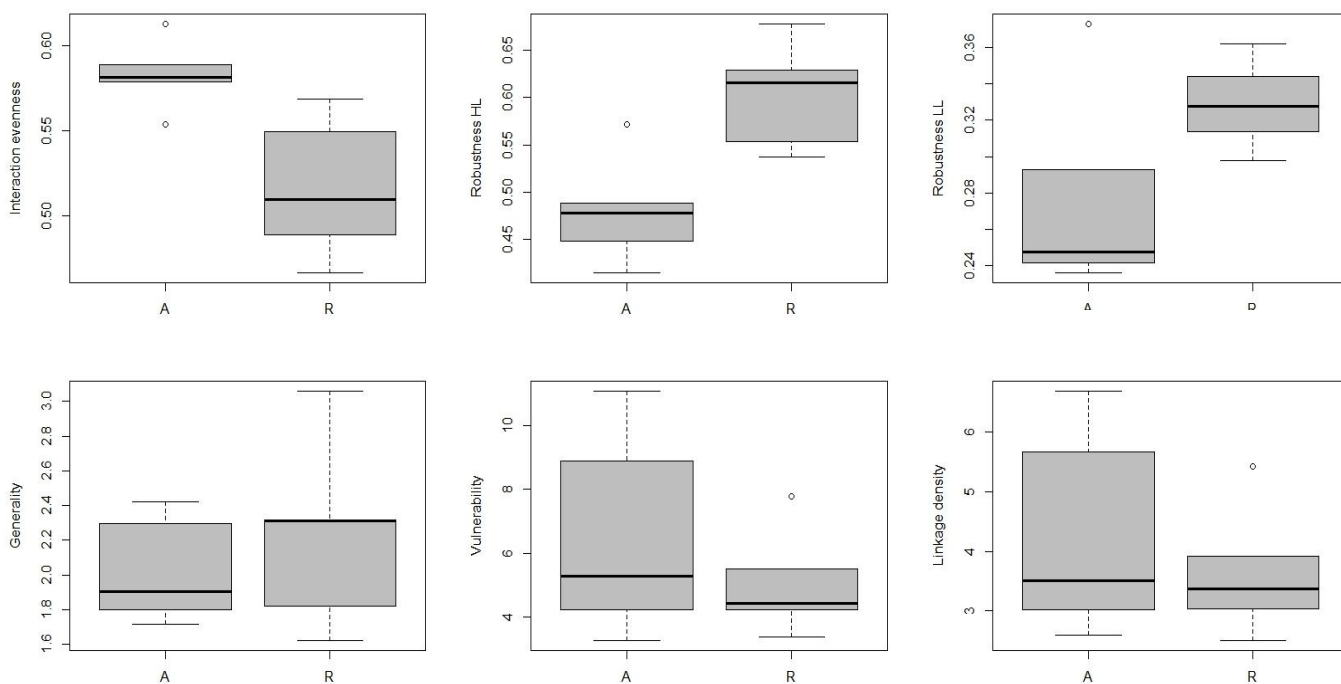


Figura 7: Medianas, mínimos, máximos e *outliers* para as métricas de redes de interações plantas-visitantes florais quantitativas dos sítios de remanescente (A) e restauração (R) de restinga estudados na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ).

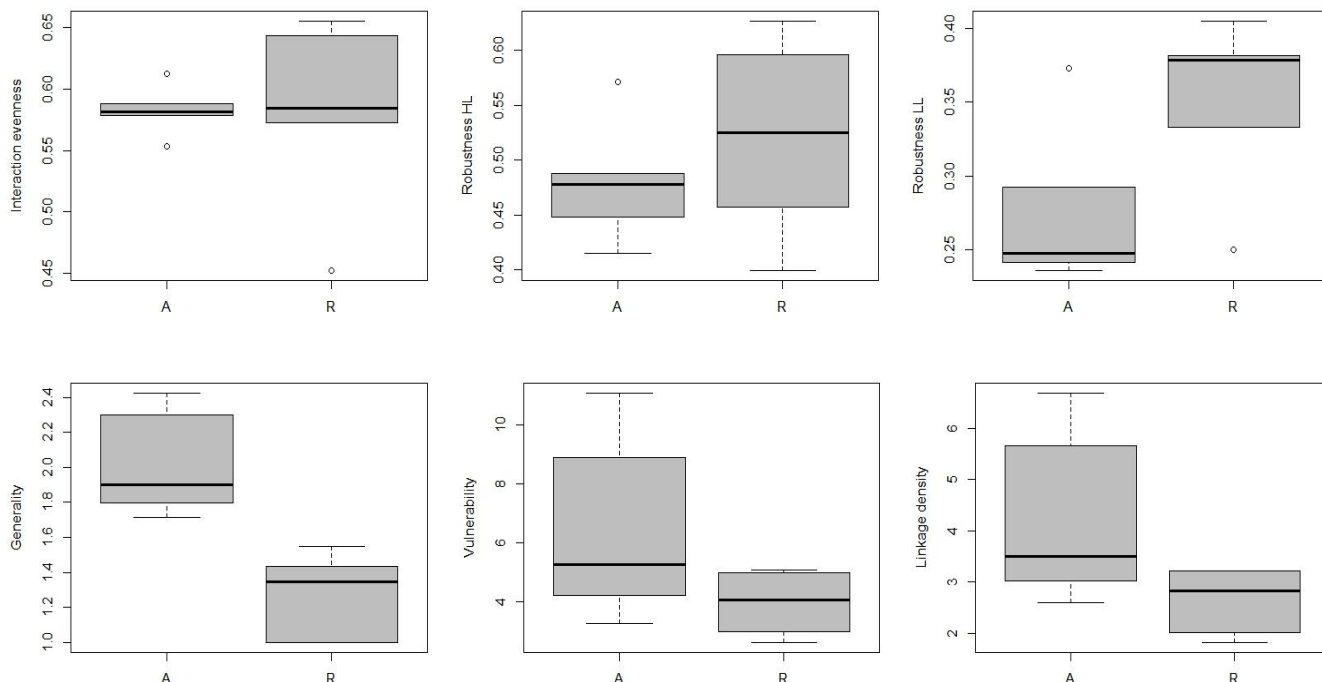


Figura 8: Medianas, mínimos, máximos e *outliers* para métricas quantitativas de redes de interações plantas-visitantes florais do sítio de remanescente (A) e de redes de interações entre **espécies plantadas no projeto de restauração** e visitantes florais do sítio de restauração (R) de restinga na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ).

Tabela 2: Espécies de plantas manejadas para a restauração e que foram visitadas por insetos nos sítios de remanescente e restauração, com os respectivos números de flores (NF), números de espécies de visitantes florais (NV), número de interações (NI) e relação número de interações por flor (I/F) em cada sítio estudado na RPPN Caruara, São João de Barra (RJ)

Espécies de plantas	Remanescente				Restauração			
	NF	NV	NI	I/F	NF	NV	NI	I/F
<i>Aechmea nudicaulis</i>	285	4	5	0,017	71	3	8	0,1
<i>Byrsonima sericea</i>	96114	14	64	0,0006	4854	7	15	0,003
<i>Guapira pernambucensis</i>	305	2	2	0,006	1328	1	1	0,0007
<i>Myrsine parvifolia</i>	1603	2	3	0,001	518	1	3	0,005
<i>Tibouchina clavata</i>	569	7	13	0,02	184	10	32	0,17

6. DISCUSSÃO

Os maiores números de espécies de plantas, de insetos visitantes florais e de interações na restauração relacionaram-se à presença e grande abundância de

flores das espécies herbáceas e naturalmente regenerantes nessa área. As redes estudadas não representem redes de polinização, pois foram registrados os visitantes florais sem avaliação de seu papel na polinização, entretanto é possível visualizar como estão estruturadas as interações entre os potenciais polinizadores e as plantas fontes de recursos utilizadas por eles.. Redes de visitantes florais podem diferir das redes de polinizadores em relação à sua estrutura como, por exemplo, apresentar menores valores de robustez das plantas em relação à perda de visitantes (Benevides *et al.*, 2013), Dessa forma, é preciso ter cautela na interpretação dos resultados.

O *turnover* de interações entre remanescente e restauração foi dirigido principalmente pelo *turnover* simultâneo das plantas e visitantes florais e pelo *turnover* somente das plantas, o que indica que a composição de espécies de plantas e de visitantes florais diferiu entre as áreas. Além disso, os baixos valores Bo indicam que os insetos tendem a utilizar uma planta potencial sempre que ela está disponível (Novotny, 2009; Kemp *et al.*, 2017). Dessa forma, pode-se sugerir que a estruturação das redes de interações nesta região foi direcionada principalmente pela disponibilidade das espécies de plantas e pela preferência dos visitantes florais pelas espécies com as quais interagem. Visitantes florais que possuem certa preferência tendem a apresentar maior constância floral, importante característica associada à polinização. Um polinizador ideal deve visitar flores de indivíduos diferentes da mesma espécie em uma rota de forrageamento, de forma que a transferência de pólen ocorra entre coespecíficos (Alves-dos-Santos *et al.*, 2016).

Apesar do alto *turnover* entre remanescente e restauração, a maioria das métricas de redes não diferiu entre os sítios, o que pode indicar que as espécies nas redes são substituídas por espécies topologicamente similares nas comunidades com diferente composição de espécies (Dupont *et al.*, 2009). A maior equitatividade das interações (*Interaction evenness*) no remanescente indica que as frequências das interações mais semelhantes neste local em relação à restauração. Nesta área grande parte das interações é concentrada nas plantas *Borreria verticillata* (Rubiaceae) e *Mollugo verticillata* (Molluginaceae) e nos visitantes florais *Astylus quadrilineatus* (Coleoptera) e *Exoprosopa* (Diptera) sp., enquanto muitas espécies realizaram poucas interações. Esta alta concentração de interações em poucas espécies indicadoras de áreas degradadas, como é o caso de *Borreria verticillata* e

Mollugo verticillata (Renne & Tracy, 2007; Lacerda *et al.*, 2013), corrobora outros dados na literatura que indicam menores valores de equitatividade de interações muitas vezes associados a ambientes degradados ou colonizados por espécies invasoras (Kaiser-Bunbury & Blüthgen, 2015).

A maior robustez dos insetos visitantes florais na restauração resultou da presença de espécies mais generalistas e mais conectadas nas redes deste sítio, de forma que ocorrem menos extinções secundárias dos visitantes florais à medida que as plantas são extintas da rede. Esse resultado é explicado pela presença de muitas espécies de plantas naturalmente regenerantes na área, em geral espécies espontâneas/herbáceas pioneiras que são visitadas por uma ampla gama de insetos, muitos deles também generalistas. De maneira similar, Vosgueritchian (2010) ao estudar uma floresta baixa montana semidecídua restaurada na Mata Atlântica relatou maior robustez quando comparada a florestas nativas cobertas pela mesma fitofisionomia. Além disso, o fato de que a robustez dos insetos na restauração não diferiu do remanescente, quando as espécies de plantas naturalmente regenerantes foram retiradas das redes de interações, reforça essa explicação. Ambientes restaurados no Reino Unido apresentaram menor robustez quando comparados aos remanescentes (Forup *et al.*, 2008), entretanto foram avaliadas apenas as espécies plantadas e seus visitantes florais, diferentemente do presente estudo.

É importante destacar que espécies naturalmente regenerantes apresentaram maior abundância de flores e aumentaram a riqueza e a disponibilidade de recursos florais para os polinizadores na restauração, o que ocasionou a maior atratividade de visitantes florais para este local. Áreas em restauração com maior diversidade de espécies em florescimento são mais atrativas aos polinizadores, principalmente aos generalistas (Cusser & Goodell, 2013). A presença de espécies ruderais naturalmente regenerantes aumentando a diversidade de visitantes florais também foi observada por Fragoso (2014), em áreas de restauração de floresta ombrófila densa na Mata Atlântica. Tais espécies de plantas podem estar atuando como facilitadoras (Kudo, 2006; Ghazoul, 2006), ou seja, a maior riqueza e abundância de suas flores atrairiam insetos que podem visitar as espécies plantadas no programa de restauração, que estariam com poucas flores e sozinhas não seriam atrativas para os visitantes. Ao observar a tabela 2, é possível notar que, embora a maioria

das espécies plantadas tenha apresentado reduzido número de flores na restauração, estas mesmas espécies receberam visitas, provavelmente dos insetos atraídos pela grande abundância de flores das espécies naturalmente regenerantes. Como se observa na figura 4 a maioria dos insetos que visitou as espécies plantadas também visitou as espécies naturalmente regenerantes.

Por outro lado, seria possível também que ao invés de facilitar a visitação, a grande disponibilidade de flores das espécies herbáceas naturalmente regenerantes, esteja competindo por visitantes florais com as espécies plantadas (Brown *et al.*, 2002; Holzschuh *et al.*, 2011). Experimentos mais aprofundados, comparando o sucesso reprodutivo de indivíduos plantados em coocorrência com regenerantes sob diferentes abundâncias de flores, ou ainda em áreas onde as espécies naturalmente regenerantes fossem removidas, poderiam elucidar esta questão.

A diminuição da generalidade (que indica a diversidade média de parceiros dos insetos) no sítio de restauração, quando as plantas naturalmente regenerantes foram excluídas das redes, reforça mais uma vez a importância das espécies naturalmente regenerantes. A diminuição da diversidade de plantas com que os insetos interagem, provavelmente foi o que ocasionou a diminuição da robustez dos insetos nesta área. Segundo Kaiser-Bunbury & Blüthgen (2015), a alta diversidade de parceiros aumenta a robustez das espécies a distúrbios estocásticos ou antrópicos, enquanto que a baixa diversidade pode indicar riscos para distúrbios. É desejável que ecossistemas em restauração sejam resistentes a distúrbios (Oliveira & Engel, 2017) e a robustez das interações plantas-visitantes florais pode ser considerada um dos fatores essenciais para a manutenção dessa resistência. Ecossistemas pouco resistentes e mais suscetíveis a distúrbio, como as áreas em processo de restauração, requerem ações de conservação das espécies.

Em programas de restauração de áreas degradadas as espécies espontâneas/herbáceas são a maioria das vezes tidas como indesejadas devido à competição com as espécies plantadas (Holl *et al.*, 2000; Cabin *et al.*, 2002), sendo muitas vezes controladas através de roçadas e da utilização de herbicidas (Rodrigues *et al.*, 2009). Entretanto, diante dos resultados deste trabalho seria interessante que propostas de restauração de áreas degradadas incluíssem a manutenção das plantas regenerantes espontâneas. Estas espécies estão aumentando a diversidade de interações, a atração dos visitantes e podem estar

contribuindo para a polinização das plantas no presente e no futuro quando a maioria das arbóreas e arbustivas plantadas deve estar em floração. Além disso, a utilização de herbicidas para a remoção dessas espécies pode prejudicar os insetos polinizadores (Freitas & Pinheiro, 2012), afetando diretamente a diversidade biológica na restinga e, como consequência, ocasionar falhas na reprodução das espécies plantadas e insucesso na restauração.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves-dos-Santos, I.; Silva, C.I.; Pinheiro, M. & Kleinert, A.M.P. 2016. Quando um visitante floral é um polinizador? *Rodriguésia*, 67(2): 295-307.
- Aronson, J. & Alexander, S. 2013. Steering towards sustainability requires more ecological restoration. *Natureza & Conservação - Brazilian Journal of Nature Conservation*, 11(2): 127-137.
- Assumpção, J. & Nascimento, M.T. 1998. *Fitofisionomia de uma restinga no extremo norte do litoral fluminense: um novo elemento no mosaico?* p.158-164. In: Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. São Paulo: ACIESP.
- Bersier, L. F.; Banasek-Richter, C; Cattin, M. F. 2002. Quantitative descriptors of foodweb matrices. *Ecology* 83: 2394–2407.
- Bechara, F.C. 2003. *Restauração Ecológica de Restingas Contaminadas por Pinus no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC*. Dissertação (Pós-graduação em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.
- Bechara, F.C. 2006. *Unidades demonstrativas de restauração ecológica através da técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga*. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, 248 p.
- Bhattacharya, P.; Paul, S. & Choudhury, K.S. 2014. Analysis on Food Web Structure, Interaction, Strength and Stability of Different Mathematical Models of Prey and Predator. In: Sengupta, S. *et al.* (Eds.), *Emerging Trends in Computing and Communication. Lecture Notes in Electrical Engineering*, 298: 207-217.
- Brown, B.J.; Mitchell, R.J. & Graham, S.A. 2002. Competition for pollination between an invasive species (*Purple loosestrife*) and a native congener. *Ecology*, 83(8): 2328-2336.

- Cabin, R.J.; Weller, S.G.; Lorence, D.H.; Cordell, S.; Hadway, L.J.; Montgomery, R.; Goo, D. & Urakami, A. 2002. Effects of Light, Alien Grass, and Native Species Additions on Hawaiian Dry Forest Restoration. *Ecological Applications*, 12(6): 1595-1610.
- Clewell, A.F. & Aronson, J. 2011. *Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession*. (2ed). Washington: Island Press.
- Cusser, S. & Goodell, K. 2013. Diversity and Distribution of Floral Resources Influence the Restoration of Plant–Pollinator Networks on a Reclaimed Strip Mine. *Restoration Ecology*, 21(6): 713-721.
- Devoto, M.; Bailey, S.; Craze, P. & Memmott, J. 2012. Understanding and planning ecological restoration of plant–pollinator networks. *Ecology Letters*, 15: 319-328.
- Dixon, K.W. 2009. Pollination and Restoration. *Science*. 325: 571-573.
- Donati, A.J. 2011. *Como estão as redes de interações de visitação floral em áreas de restauração de floresta atlântica?* Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Universidade Federal do Paraná - PR, 46p.
- Dupont, Y.L.; Padrón, B.; Olesen, J.M. & Petanidou, T. 2009. Spatio-temporal variation in the structure of pollination networks. *Oikos*, 118: 1261-1269.
- Faegri, K. & van Der Pijl, L. 1979. *The principles of pollination ecology*. 3ed. London: Pergamon Press, 244p.
- Forup, M.L. & Memmott, J. 2005. The restoration of plant-pollinator interactions in hay meadows. *Restoration Ecology*, 13: 265-274.
- Forup, M.L.; Henson, K.S.E.; Craze, P.G. & Memmott, J. 2008. The restoration of ecological interactions: plant–pollinator networks on ancient and restored heathlands. *Journal of Applied Ecology*, 45: 742-752.
- Fragoso, F.P. 2009. *A Entomofauna Visitante Floral de Espécies Arbóreas da Floresta da USP-RP, Área de Restauração de Mata Estacional Semidecídua*. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-SP.
- Fragoso, F.P. 2014. *Restabelecimento das interações entre plantas e visitantes florais em áreas restauradas de Floresta Estacional Semidecidual*. Tese (Doutorado em Ciências), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP. 97p.
- Freire, M.G.M.; Mussi-Dias, V.; Siqueira, G.M.B. & Nascimento, D.F. 2015. *O tempo e a restinga*. Campos dos Goytacazes: M.G.M. Freire. 349p.

- Freitas, B.M. & Pinheiro, J.N. 2012. *Polinizadores e pesticidas: Princípios de manejo para os agroecossistemas brasileiros*. Brasília: MMA.12p.
- Gaglianone, M. C. 2010. *Biodiversidade de abelhas em fragmentos florestais e de restinga no estado do Rio de Janeiro*. In: Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto. Anais do IX Encontro sobre Abelhas.
- Ghazoul, J. 2006. Floral diversity and the facilitation of pollination. *Journal of Ecology*, 94: 295-304.
- Holl, K.D.; Loik, M.E.; Lin, E.H.V. & Samuels, I.A. 2000. Tropical Montane Forest Restoration in Costa Rica: Overcoming Barriers to Dispersal and Establishment *Restoration Ecology*, 8(4): 339-349.
- Holzschuh, A.; Dormann, C.F.; Tschardt, T. & Steffan-Dewenter, I. 2011. Expansion of mass-flowering crops leads to transient pollinator dilution and reduced wild plant pollination. *Proceedings of The Royal Society*, 1-8p.
- Kaiser-Bunbury, C.N. & Blüthgen, N. 2015. Integrating network ecology with applied conservation: a synthesis and guide to implementation. *AoB Plants*, 7: plv076.
- Kemp, J.E.; Evans, D.M.; Augustyn, W.J. & Ellis, A.G. 2017. Invariant antagonistic network structure despite high spatial and temporal turnover of interactions. *Ecography*, 40: 001-010.
- Kudo, G. 2006. Flowering phenologies of animal-pollinated plants: reproductive strategies and agents of selection. p.139-158. In: L. D. Harder & S. C. H. Barrett (eds). *Ecology and Evolution of Flowers*. New York: Oxford University Press. 370 p.
- Lacerda, F. Miranda, I.; Kato, O.R.; Bispo, C.J.C. & Vale, I. 2013. Weed dynamics during the change of a degraded pasture to agroforestry system. *Agroforestry Systems*, 87: 909-916.
- Macgregor, C.J.; Evans, D.M. & Pocock, M.J.O. 2017. Estimating sampling completeness of interactions in quantitative bipartite ecological networks: incorporating variation in species' specialization. *bioRxiv preprint*. <https://doi.org/10.1101/195917>.
- Memmott, J; Waser, N. M.; Price, M. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proc. R. Soc. B*, 271: 2605-2611.
- Menz, M.H.M.; Phillips, R.D.; Winfree, R.; Kremen, C.; Aizen, M.A.; Johnson, S.D. & Dixon, K.W. 2011. Reconnecting plants and pollinators: challenges in the restoration of pollination mutualisms. *Trends Plant Science*, 16: 4-12.
- Novotny, V. 2009. Beta diversity of plant-insect food webs in tropical forests: A conceptual framework. *Insect Conservation and Diversity*, 2: 5-9.

- Olesen, J.M.; Dupont, Y.L.; Hagen, M.; Rasmussen, C. & Trøjelsgaard, K. 2012. Structure and dynamics of pollination networks: the past, present, and future. p.375-391. In: Patiny, S. (Ed). *Evolution of Plant–Pollinator Relationships*. Published by Cambridge University Press.
- Oliveira, R.E. & Engel, V.L. 2017. Indicadores de monitoramento da restauração na Floresta Atlântica e atributos para ecossistemas restaurados. *Scientia Plena* 13, 127301.
- Ollerton, J.; Winfree, R. & Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120: 321-326.
- R Development Core Team. 2009. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL: <http://www.r-project.org>
- Renne, I.J. & Tracy, B.F. 2007. Disturbance persistence in managed grasslands: shifts in aboveground community structure and the weed seed bank. *Plant Ecology*, 190(1): 71-80.
- Rocha, C.F.D.; Bergallo, H.G.; Van Sluys, M.; Alves, M. & Jame, L.C. 2007. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro State, Brazil: habitat loss and risk of disappearance. *Brazilian Journal of Biology*, 67(2): 263-273.
- Rodrigues, R.R.; Lima, R.A.F.; Gandolfi, S. & Nave, A.G. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic. *Forest Biological Conservation*, 142: 1242-1251.
- Sá, C.F.C. 2002. Regeneração de um trecho de floresta de restinga na Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema, Estado do Rio de Janeiro: II - Estrato arbustivo. *Rodriguésia*, 53 (82): 5-23.
- Santos, J.F. 2012. *Fenologia da floração e rede de interação de abelhas e plantas em uma área em processo de restauração florestal localizada em Araras-SP*. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 61p.
- SER. 2004. *Society for Ecological Restoration International – Princípios da SER International sobre a restauração ecológica*. Disponível em: <http://www.ser.org/>. Acessado em: 07 de agosto de 2015.
- SOS Mata Atlântica. 2013. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2011-2012*: Relatório técnico. São Paulo. 61p.

- Souza, J.M.T. 2013. *Redes de Polinização em Áreas Restauradas e de Floresta Atlântica do sul do Brasil*. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 125p.
- Tieppo, F.M.M. 2011. *Manejo florestal em restingas da mata atlântica: uma proposta para a recuperação ambiental deste ecossistema*. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ. 75p.
- Tylianakis, J.M.; Laliberté, E.; Nielsen, A. & Bascompte, J. 2010. Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation*, 143: 2270-2279.
- Tylianakis, J. M.; Tscharrntke, T.; Lewis, O. T. 2007. Habitat modification alters the structure of tropical host–parasitoid food webs. *Nature*, 445(11): 202-205.
- Vieira, N.K. 2004. *O papel do banco de sementes na restauração de restinga sob talhão de Pinus elliottii Engelm.* Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 77p.
- Vosgueritchian, S.B. 2010. *Redes de interação plantas-visitantes florais e a restauração de processos ecológicos em florestas tropicais*. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo-SP. 145p.
- Zamith, L.R. & Scarano, F.R. 2004. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18(1): 161-176.

8. APÊNDICES

Apêndice 1: Espécies de plantas, forma de vida (FV), número de flores (NF), número de interações realizadas (NI) e número de parceiros (NP) amostrados nas áreas de remanescente e restauração estudadas na RPPN Caruara (São João da Barra, RJ). Formas de vida: erva, subarbusto, arbusto, árvore, liana. Número de interações realizadas = abundância de visitantes florais. Número de parceiros = número de espécies de visitantes florais. Cod = códigos utilizados nas redes de interações. *espécies plantadas no programa de restauração

Espécies	FV	Remanescente			Restauração			Cod
		NF	NI	NP	NF	NI	NP	
Anacardiaceae								
<i>Schinus terebinthifolius</i> * Raddi	arbusto	-	-	-	2080	-	-	-
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	árvore	42970	50	22	-	-	-	P1
Apocynaceae								
<i>Mandevilla uniformis</i> (Vell.) K.Schum.	liana	2	1	1	-	-	-	P2
<i>Temnadenia cf. odorifera</i> (Vell.) J.F.Morales	liana	-	-	-	50	1	1	P3
Arecaceae								
<i>Allagoptera arenaria</i> * (Gomes) Kuntze	arbusto	627	18	5	-	-	-	P4
Asteraceae								
<i>Cyanthillium</i> sp.	erva	78	-	-	-	-	-	-
<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.	subarbusto	-	-	-	124657	87	27	P5
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight	erva	-	-	-	11886	2	2	P6
<i>Wedelia paludosa</i> DC.	erva	-	-	-	3528	23	7	P7
Boraginaceae								
<i>Cordia verbenacea</i> DC.	arbusto	-	-	-	241	26	11	P8
<i>Heliotropium polyphyllum</i> Sehn.	erva	36	-	-	4814	8	4	P9
Bromeliaceae								
<i>Aechmea nudicaulis</i> * (L.) Griseb.	erva	285	5	4	71	8	3	P10
Burseraceae								
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	árvore	31898	29	12	-	-	-	P11

Cactaceae									
<i>Cereus fernambucensis</i> Lem.	arbusto	-	-	-	98	113	12	P12	
Celastraceae									
<i>Maytenus obtusifolia</i> * Mart.	árvore	7569	5	3	-	-	-	P13	
Clusiaceae									
<i>Clusia hilariana</i> * Schlttdl.	árvore	495	-	-	-	-	-	-	
Commelinaceae									
<i>Commelina benghalensis</i> L.	erva	1	-	-	674	4	3	P14	
Convolvulaceae									
<i>Ipomoea</i> sp.	erva	-	-	-	5	1	1	P15	
Fabaceae									
<i>Andira fraxinifolia</i> * Benth.	árvore	-	-	-	1710	77	17	P16	
<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	liana	4	-	-	267	31	8	P17	
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Green	erva	20	-	-	-	-	-	-	
<i>Chamaecrista ramosa</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	erva	990	22	8	217	16	7	P18	
<i>Indigofera</i> sp.	erva	36	-	-	4389	8	4	P19	
<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw.	subarbusto	569	-	-	18241	56	21	P20	
Malpighiaceae									
<i>Byrsonima sericea</i> * DC.	árvore	96113	64	14	4853	15	7	P21	
<i>Heteropterys chrysophylla</i> (Lam.) DC.	liana	3	-	-	-	-	-	-	
<i>Heteropterys</i> cf. <i>coleoptera</i> A.Juss.	liana	18	-	-	-	-	-	-	
Malvaceae									
<i>Sida cordifolia</i> L.	subarbusto	-	-	-	25	-	-	-	
<i>Sida</i> cf. <i>cordifolia</i> L.	subarbusto	2	-	-	94	-	-	-	
<i>Waltheria</i> sp.	subarbusto	31244	196	41	208	2	2	P22	
Melastomataceae									
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	arbusto	5391	-	-	-	-	-	-	
<i>Pterolepis glomerata</i> (Rottb.) Miq.	erva	42	-	-	-	-	-	-	
<i>Tibouchina clavata</i> * (Pers.) Wurdack	arbusto	569	13	7	184	32	10	P23	
Molluginaceae									

<i>Mollugo verticillata</i> L.	erva	360	2	2	116457	219	28	P24
Myrtaceae								
<i>Calyptanthes brasiliensis</i> Spreng	árvore	60109	4	3	-	-	-	P25
<i>Eugenia uniflora</i> * L.	arbusto	-	-	-	5922	8	6	P26
<i>Myrcia insularis</i> Gardner	árvore	258	6	3	-	-	-	P27
Nyctaginaceae								
<i>Guapira pernambucensis</i> * (Casar.) Lundell	arbusto	305	2	2	1328	1	1	P28
Orchidaceae								
<i>Epidendrum denticulatum</i> Barb.Rodr.	erva	682	-	-	5	-	-	-
Peraceae								
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	árvore	108093	4	3	-	-	-	P29
Primulaceae								
<i>Myrsine parvifolia</i> A.DC.	árvore	1603	3	2	518	3	1	P30
Rubiaceae								
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.	erva	3759	1	1	147315	561	43	P31
<i>Chiococca alba</i> (L.) Hitchc.	arbusto	20	-	-	-	-	-	-
<i>Diodella</i> sp.	erva	99	-	-	-	-	-	-
<i>Tocoyena bullata</i> (Vell.) Mart.	arbusto	15	6	3	77	9	6	P32
Sapindaceae								
<i>Paullinia weinmanniifolia</i> Mart.	liana	9	-	-	3076	50	20	P33
Sapotaceae								
<i>Manilkara subsericea</i> (Mart.) Dubard	árvore	232804	40	6	-	-	-	P34
Verbenaceae								
<i>Lantana camara</i> L.	arbusto	56	-	-	70	-	-	-
Violaceae								
<i>Hybanthus calceolaria</i> (L.) Oken	erva	-	-	-	16	-	-	-
Espécies não identificadas								
Não identificada 1		86	-	-	-	-	-	-
Não identificada 2		47	-	-	-	-	-	-
Não identificada 3		5	-	-	-	-	-	-

Apêndice 2: Espécies de insetos visitantes florais, número de interações realizadas (NI) e número de parceiros (NP) amostrados nas áreas de remanescente e restauração estudadas na RPPN Caruara (São João da Barra, RJ). Número de interações realizadas = abundância de indivíduos. Número de parceiros = número de espécies de plantas visitadas. Cod = códigos utilizados nas redes de interações

Espécies	Remanescente		Restauração		Cod
	NI	NP	NI	NP	
COLEOPTERA					
Buprestidae					
<i>Hyperantha interrogationis</i> (Klug, 1835)	1	1	1	1	I1
Cerambycidae					
<i>Tomopterus larroides</i> White, 1855			1	1	I2
Chrysomelidae					
<i>Diabrotica sinuata</i> (Olivier, 1789)			1	1	I3
<i>Neolochmaea dilatipennis</i> (Jacoby, 1886)			8	2	I4
<i>Sennius</i> sp.	2	1			I5
Coccinellidae					
<i>Exochomus</i> sp.			1	1	I6
Curculionidae					
<i>Linogeraeus</i> sp.	1	1			I7
<i>Naupactus</i> sp.	1	1			I8
Lampyridae					
<i>Aspisoma maculatum</i> (DeGeer, 1774)			1	1	I9
Meloidae					
<i>Tetraonyx</i> sp.			1	1	I10
Melyridae					
<i>Astylus quadrilineatus</i> (Germar, 1824)	3	3	390	11	I11
Nitidulidae					
<i>Cyllodes</i> sp1	5	4	93	11	I12
<i>Nitops</i> sp.	3	1	46	1	I13
Oedemeridae					
<i>Oxacis</i> sp1	6	1	3	3	I14
Rhipiphoridae					
<i>Macrosiagom</i> sp.			2	2	I15
Scarabaeidae					
Dynastinae sp.			11	2	I16
<i>Rutela lineola</i> (Linnaeus, 1767)	1	1			I17
Tenebrionidae					
<i>Allecula</i> sp.	3	3	3	3	I18
<i>Epitragus (Simileptragus)</i> sp.	2	1	1	1	I19
<i>Xystropus</i> sp.	1	1			I20
DIPTERA					
Bombyliidae					
<i>Chrysanthrax</i> sp1	1	1	3	2	I21

<i>Chrysanthrax</i> sp2			30	6	I22
<i>Exoprosopa</i> sp.	61	11	154	8	I23
<i>Geron</i> sp1			11	4	I24
<i>Geron</i> sp2			1	1	I25
<i>Ligyra proserpina</i> (Wiedemann, 1828)			3	2	I26
<i>Poecilognathus</i> sp.			6	4	I27
<i>Villa</i> sp.	2	1	133	4	I28
Calliphoridae					
Calliphoridae sp.	1	1			I29
Sarcophagidae					
Sarcophagidae sp1	1	1	3	2	I30
Sarcophagidae sp2			2	2	I31
Sarcophagidae sp3			1	1	I32
Sarcophagidae sp4			1	1	I33
Sarcophagidae sp5	1	1			I34
Sarcophagidae sp6	1	1			I35
Syrphidae					
<i>Copestylum</i> sp1			1	1	I36
<i>Copestylum</i> sp2	2	2	9	7	I37
<i>Copestylum</i> sp3	1	1			I38
<i>Copestylum</i> sp4			3	2	I39
<i>Nausigaster</i> sp.			5	2	I40
<i>Palpada albifrons</i> Wiedemann, 1830			1	1	I41
<i>Palpada vinetorum</i> (Fabricius, 1798)	2	2			I42
<i>Palpada</i> sp1			1	1	I43
<i>Palpada</i> sp2			1	1	I44
<i>Palpada</i> sp3	1	1	1	1	I45
<i>Palpada</i> sp4			1	1	I46
<i>Palpada</i> spp.	3	2	3	1	I47
<i>Pseudodoros clavatus</i> (Fabricius 1794)			7	4	I48
<i>Syritta</i> sp.			5	3	I49
<i>Toxomerus</i> sp1			1	1	I50
Tachiinidae					
Tachiinidae sp1	2	1			I51
Tachiinidae sp2			1	1	I52
Tachiinidae sp3	1	1			I53
Tachiinidae sp4	1	1	1	1	I54
Tachiinidae sp5			1	1	I55
Tachiinidae sp6			2	1	I56
Tachiinidae sp7			2	2	I57
Tachiinidae sp8			2	1	I58
Tachiinidae sp9			1	1	I59
Tachiinidae sp10			1	1	I60
Espécies não identificadas					

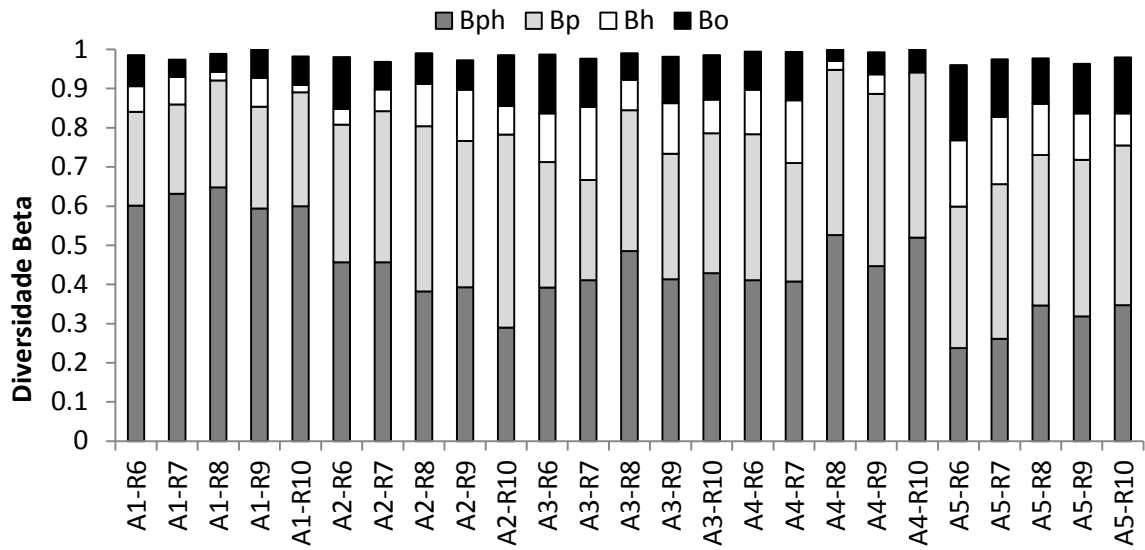
Diptera sp1	1	1			161
Diptera sp2			1	1	162
HEMIPTERA					
Hemiptera sp1			16	2	163
Hemiptera sp2			10	1	164
Hemiptera sp3			3	3	165
Hemiptera sp4	1	1			166
Hemiptera sp5	1	1			167
Hemiptera sp6			1	1	168
Hemiptera sp7			1	1	169
HYMENOPTERA (abelhas)					
Apidae					
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	58	7	89	11	170
<i>Centris bicolor</i> Lepeletier, 1841	1	1	5	2	171
<i>Centris flavifrons</i> Fabricius, 1775			1	1	172
<i>Centris tarsata</i> Smith, 1874	2	2	24	2	173
<i>Centris</i> sp1	64	4	17	3	174
<i>Epicharis nigrita</i> Friese, 1900	26	1	9	3	175
<i>Eufriesea surinamensis</i> (Linnaeus, 1758)			1	1	176
<i>Euglossa</i> sp.	1	1	3	3	177
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius, 1804)			1	1	178
<i>Mesonychium littoreum</i> Moure, 1944	4	1	2	2	179
<i>Xylocopa ordinaria</i> Smith, 1874	43	10	40	7	180
Halictidae					
<i>Augochloropsis notophos</i> (Vachal, 1903)	20	5	2	1	181
<i>Augochloropsis</i> sp1	11	3	2	2	182
<i>Augochloropsis</i> sp2			1	1	183
<i>Dialictus</i> spp.	2	1	9	2	184
<i>Pseudaugochlora</i> sp.	3	3			185
Megachilidae					
<i>Megachile zaptlana</i> Cresson, 1878	4	1	11	4	186
HYMENOPTERA (vespas)					
Braconidae					
Braconidae sp1			1	1	187
Chalcididae					
Chalcididae sp1			2	1	188
Crabronidae					
Crabronidae sp1	1	1			189
Pompilidae					
<i>Anoplius</i> sp1	1	1			190
Pompilidae sp1			1	1	191
Pompilidae sp2			1	1	192
Scoliidae					
Scoliidae sp1			1	1	193

Scoliidae sp2	1	1	1	1	I94
Scoliidae sp3	1	1	3	1	I95
Scoliidae sp4			1	1	I96
Scoliidae sp5			1	1	I97
Scoliidae sp6			1	1	I98
Scoliidae sp7	1	1			I99
Sphecidae					
<i>Cerceris</i> sp.			4	2	I100
<i>Stictia</i> sp.	2	2			I101
Sphecidae sp1	1	1			I102
Sphecidae sp2			1	1	I103
Sphecidae sp3	1	1	1	1	I104
Sphecidae sp4	1	1			I105
Sphecidae sp5	2	2			I106
Sphecidae sp6	1	1			I107
Sphecidae sp7	1	1			I108
Thiphiidae					
<i>Myzinum</i> sp.	9	2	38	10	I109
Thiphiidae sp.			3	1	I110
Vespidae					
Eumeninae sp1	21	3	6	3	I111
Eumeninae sp2	8	4	6	4	I112
<i>Mischocyttarus</i> sp.			3	2	I113
<i>Montezumia platina</i> De Saussure, 1852	4	2	1	1	I114
<i>Polistes</i> sp.	16	8	22	9	I115
Polistinae sp.	6	2	2	2	I116
Vespidae sp1			2	2	I117
Vespidae sp2	1	1	1	1	I118
Vespidae sp3			1	1	I119
Vespidae sp4			2	1	I120
Vespidae sp5			1	1	I121
Vespidae sp6			1	1	I122
Vespidae sp7			1	1	I123
Vespidae sp8	1	1			I124
Vespidae sp9			1	1	I125
Vespidae sp10			1	1	I126
HYMENOPTERA (formigas)					
Formicidae					
Formicidae sp1			2	1	I127
LEPIDOPTERA					
Arctiidae					
<i>Cosmosoma</i> sp1	1	1	1	1	I128
<i>Cosmosoma</i> sp2			1	1	I129
Hesperiidae					

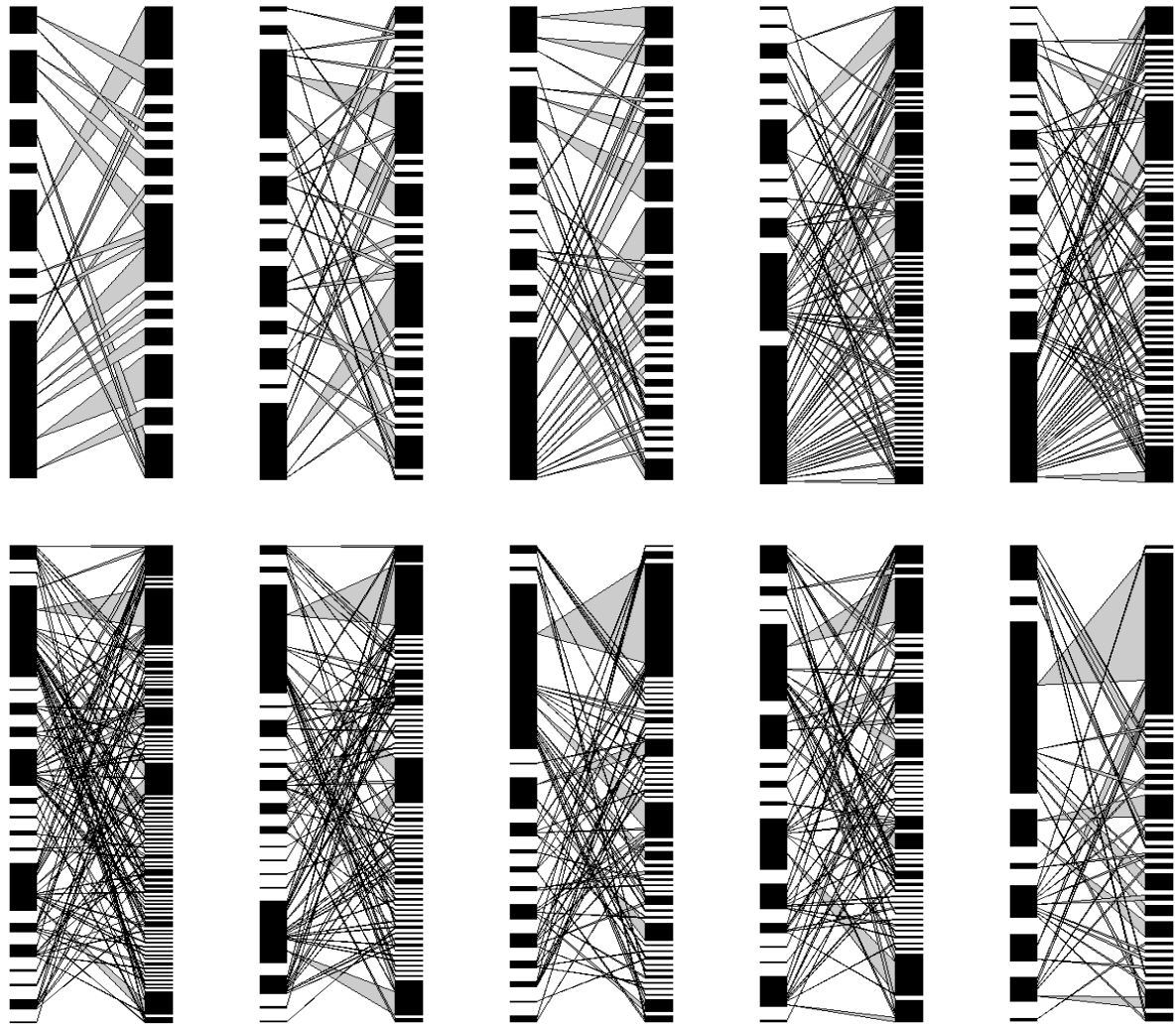
<i>Pyrgus</i> sp.	1	1			I130
<i>Urbanus teleus</i> (Hübner, 1821)	1	1	1	1	I131
<i>Urbanus</i> sp1			1	1	I132
Hesperiidae sp1			1	1	I133
Hesperiidae sp2			1	1	I134
Hesperiidae sp3			1	1	I135
Hesperiidae sp4	1	1	2	2	I136
Lycaenidae					
<i>Allosmaitia strophius</i> (Godart, 1824)			1	1	I137
<i>Strymon megarus</i> (Godart, 1824)	5	2			I138
Lycaenidae sp1			1	1	I139
Nymphalidae					
<i>Dryas iulia</i> (Fabricius, 1775)			1	1	I140
<i>Heliconius erato phyllis</i> (Fabricius, 1775)	1	1			I141
<i>Philaethria wernickei</i> (Röber, 1906)	5	3	3	1	I142
Pieridae					
<i>Ascia monuste orseis</i> (Godart, 1819)	10	2	8	4	I143
<i>Phoebis philea</i> (Linnaeus, 1763)			2	1	I144
Pieridae sp1			1	1	I145
Espécies não identificadas					
Lepidoptera sp1	2	1	9	4	I146
Lepidoptera sp2	11	1			I147
Lepidoptera sp3	1	1			I148
Lepidoptera sp4			1	1	I149
Lepidoptera sp5			1	1	I150
Lepidoptera sp6			1	1	I151

Apêndice 3: Suficiência da amostragem das interações usando o método *SCW1* (ver Macgregor *et al.*, 2017), número de plantas, número de insetos visitantes florais e número de interações para cada plot estudado na RPPN Caruara , São João da Barra (RJ)

Plot	<i>SCW1</i>	Numero de plantas	Número de insetos	Número de interações
A1	85,71	8	14	40
A2	63,55	12	23	76
A3	80,76	11	22	91
A4	48,39	11	43	132
A5	56,88	15	42	132
R6	64,60	18	68	382
R7	45,25	18	53	324
R8	64,94	15	43	262
R9	57,64	15	43	264
R10	72,97	9	27	129



Apêndice 4: Diversidade beta de Jaccard (JBD) entre as redes de interações planta-visitantes florais para todos os pares de plots estudados na RPPN Caruara em São João da Barra (RJ). A1-A5: plots no sítio de remanescente; R6-R10: plots no sítio de restauração. JBD é dividida em quatro componentes, correspondentes ao *turnover* das interações devido à mudança tanto nas espécies de plantas como visitantes florais (Bph), somente nas espécies de plantas (Bp), somente nas espécies de visitantes florais (Bh) e na preferência dos visitantes florais por espécies de planta entre as redes de interações (Bo) (ver Novotny, 2009).



Apêndice 5: Redes de interações quantitativas plantas-visitantes florais amostradas cada plot na área de remanescente (acima) e restauração (abaixo) de restinga na RPPN Caruara, São João da Barra (RJ). As espécies são representadas por barras: plantas no lado esquerdo e insetos no lado direito. As linhas representam as interações observadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho indicam que uma fauna de insetos visitantes florais e suas interações com as plantas estão se estabelecendo em áreas de restauração, apesar da composição de espécies diferir das áreas de remanescente. Esse resultado se deve principalmente às espécies de plantas naturalmente regenerantes presentes na restauração que, devido à alta abundância de flores, atraíram uma grande diversidade de visitantes florais. Em uma etapa de regeneração mais madura, quando muitas espécies plantadas estiverem em floração, outras espécies de visitantes (mais semelhante ao remanescente) provavelmente se estabelecerão neste ambiente. No tocante às espécies plantadas, ainda não foram capazes de restabelecer as interações esperadas na restinga, tanto em diversidade quanto no aspecto focal das espécies que floresceram e foram visitadas, comparativamente ao remanescente. De forma geral, a presença de espécies de plantas espontâneas aumenta consideravelmente a diversidade de interações, fator desejável na restauração de áreas degradadas.

As espécies de plantas naturalmente regenerantes presentes na restauração constituem um importante grupo na atratividade de visitantes florais para este ambiente e podem atuar como facilitadoras via atração de polinizadores. Apesar disso, a maioria dos programas de restauração aconselha a retirada dessas espécies de plantas por serem consideradas competidoras. Diante destes resultados, sugere-se que propostas de restauração de áreas degradadas incluam a manutenção de plantas naturalmente regenerantes. Porém, a avaliação da superioridade competitiva das espécies de plantas herbáceas naturalmente regenerantes na restauração como, por exemplo, a competição por nutrientes, é necessária em propostas de manejo em áreas de restauração.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, sugerimos que as interações entre plantas e polinizadores sejam também consideradas em programas de restauração, inclusive na escolha de espécies utilizadas em plantios nestes programas. Algumas medidas que podem contribuir para o sucesso da restauração das interações ecológicas entre plantas e polinizadores nas restingas estão apresentadas a seguir.

1- Manutenção e manejo de espécies naturalmente regenerantes e que parecem ser importante fonte de recurso para a os visitantes florais em área de restauração como *Borreria verticillata* e *Mollugo verticillata*, importantes fontes néctar, e *Chamaecrista ramosa*, importante fonte de pólen.

2- Investimento inicial principalmente no plantio de espécies de restinga de rápido florescimento e que ofereçam diferentes recursos aos visitantes florais, como *Andira fraxinifolia* (fonte de néctar), *Tibouchina clavata* (fonte de pólen), *Byrsonima sericea* (fonte de óleo) e *Cereus fernambucensis* e *Schinus terebinthifolius* (fontes de néctar e pólen). Isso aumentaria a atratividade e proporcionaria recurso para o crescimento das populações de polinizadores nas áreas em processo de restauração. Além disso, *Schinus terebinthifolius*, *Tibouchina clavata* e *Byrsonima sericea* são importantes fontes de recursos aos polinizadores em áreas de remanescente.

3- Atenção especial deve ser dada às espécies de plantas que são importante fonte de recursos aos visitantes em áreas de remanescente de restinga, principalmente:

- *Tapirira guianensis*, fonte de pólen e néctar, espécie que não foi utilizada no plano de manejo para restauração, mas sob a ótica da atratividade de polinizadores deveria ser incluída;

- *Manilkara subsericea*, fonte de néctar e pólen, foi utilizada no plano de manejo das áreas avaliadas, mas não apresentou flores nesse ambiente durante o estudo; seus visitantes florais devem ser avaliados futuramente quando estiver em floração;

- *Byrsonima sericea*, foi utilizada no plano de manejo para a restauração das áreas de estudo e constitui uma importante fonte de óleo para as abelhas coletoras de óleo, que são importantes polinizadores de diversas espécies na restinga.

4- Conservação e proteção do solo contra revolvimento e pisoteio, pois grande parte das abelhas polinizadoras faz ninho no solo, como é o caso de espécies de *Centris* (Hymenoptera).

5- Atenção às árvores remanescentes mais antigas, que podem ser local de nidificação de espécies de abelhas (Hymenoptera) que constroem seus ninhos em cavidades preexistentes, como algumas espécies de abelhas coletoras de óleos do gênero *Centris* e abelhas cortadoras de folhas do gênero *Megachile*, ou ainda espécies que escavam os próprios ninhos em madeira, como é o caso das

mamangavas do gênero *Xylocopa* (Hymenoptera), também reconhecidas como importantes polinizadores na restinga.

6- Em estágios sucessionais mais avançados, os esforços também devem ser direcionados às espécies de curta floração e que apresentam recursos importantes aos polinizadores, como as do gênero *Clusia*, que embora não tenha sido detectada neste estudo, é importante fonte de resina em áreas de restinga.