

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE**

---

**INTERAÇÕES ENVOLVENDO FRUTOS ARTIFICIAIS EM ÁREAS EM  
PROCESSO DE RESTAURAÇÃO**

**LIGIA PEREIRA DE SOUZA SALZANO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Biodiversidade.

**DEZEMBRO - 2017**

LIGIA PEREIRA DE SOUZA SALZANO

INTERAÇÕES ENVOLVENDO FRUTOS ARTIFICIAIS EM ÁREAS EM PROCESSO  
DE RESTAURAÇÃO

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Pizo  
Co-orientador: Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Biotecnologia do Câmpus de Rio Claro,  
Universidade Estadual Paulista, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Mestre em  
Ecologia e Biodiversidade.

Rio Claro  
2017

581.5 Salzano, Ligia Pereira de Souza  
S186i Interações envolvendo frutos artificiais em áreas em  
processo de restauração / Ligia Pereira de Souza Salzano. -  
Rio Claro, 2017  
15 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientador: Marco Aurélio Pizo Ferreira  
Coorientador: Milton Cezar Ribeiro

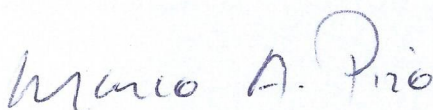
1. Ecologia vegetal. 2. Restauração florestal. 3. Interações  
ecológicas. 4. Frutos artificiais. 5. Frugivoria. I. Título.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITOS DO TEMPO DE RESTAURAÇÃO E DA ESTRUTURA DA PAISAGEM SOBRE A FRUGIVORIA EM ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO

**AUTORA: LIGIA PEREIRA DE SOUZA SALZANO**  
**ORIENTADOR: MARCO AURELIO PIZO FERREIRA**  
**COORIENTADOR: MILTON CEZAR RIBEIRO**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE, área: BIODIVERSIDADE pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARCO AURELIO PIZO FERREIRA  
Departamento de Zoologia / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP



Profa. Dra. DEBORA CRISTINA ROTHER  
Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Piracicaba/SP



Prof. Dr. KARL STEPHAN MOKROSS  
Pós-doutorando do Departamento de Ecologia / Instituto de Biociências de Rio Claro - SP

Rio Claro, 15 de dezembro de 2017

Dedico ao meu amado esposo,  
Maciel Salzano.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu orientador, Marco Aurélio Pizo, pela orientação e paciência.

Agradeço ao meu co-orientador, o Miltinho.

Agradeço à CAPES pela bolsa concedida.

Agradeço à FAPESP pelo auxílio financeiro concedido para realização dos campos (Processo FAPESP 2013/507185).

Agradeço à Débora Rother, pelas dicas, pelas informações disponibilizadas e por ser tão amável ao expor suas críticas.

Agradeço ao Karl pelas sugestões e críticas.

Agradeço aos funcionários da Usina São João e da Usina Batatais por permitirem que eu utilizasse suas áreas em restauração para o experimento.

Agradeço ao Rafael Urucum pelo auxílio em parte dos campos e pela conversa agradável.

Agradeço à Milene Alves-Eigenheer, ao Pavel Dodonov e à Renata Muylaert por ser tão solícito ao responder minhas dúvidas.

Por fim, agradeço ao Maciel Salzano por ir comigo em quase todos os campos, modelar frutinhas em casa, por me abraçar nos momentos que as crises de ansiedade estavam me tirando o ar e por passar junto comigo todas as tormentas que me afligiram durante os últimos anos.

Obrigada à todos!

*“O pensar é para o homem,  
o que é o voar para os pássaros”*

Albert Einstein

## RESUMO

Áreas em restauração florestal são importantes campos experimentais para compreender o processo de sucessão ecológica, sendo que o contexto da paisagem de entorno e a presença de animais dispersores de sementes são fatores fundamentais para o equilíbrio dinâmico das mesmas. Durante a sucessão ecológica, as comunidades animais e vegetais passam por diversas alterações em suas estruturas. Para uma maior compreensão dessas mudanças, este estudo tem como objetivo verificar a interação entre a fauna e os frutos artificiais em áreas em processo de restauração com diferentes idades, além de analisar se essa interação é influenciada pela cobertura vegetal na paisagem do entorno. Para isso, foi conduzido um experimento com frutos artificiais em 11 áreas em processo de restauração com diferentes idades, e conseqüentemente, diferentes estágios sucessionais. Em cada área, foram selecionados 15 pontos e, em cada ponto, foram fixados 15 frutos artificiais vermelhos em arbustos ou árvores jovens. Os frutos ficaram expostos à fauna local e após 7 dias foram recolhidos e analisados visualmente em busca de sinais de interação. Os dados obtidos foram correlacionados à idade da área e à cobertura vegetal na paisagem de entorno em 5 escalas espaciais (250, 500, 1000, 1500 e 2000 metros) através de Modelos Lineares Generalizados. Os resultados indicaram que aves e insetos são os principais grupos interagindo com os frutos, sendo que a porcentagem de interação foi inversamente proporcional ao aumento da idade da área em processo de restauração. A quantidade de cobertura vegetal na escala de 1000 metros de raio apresentou maior influência na porcentagem total de interação (para aves, mamíferos e insetos). Já a interação entre insetos e os frutos artificiais diminuiu com o aumento da cobertura florestal nas maiores escalas (1000, 1500 e 2000 metros de raio). Esses resultados indicam que a idade da área de restauração e a quantidade de habitat na paisagem são importantes para a interação entre frutos e animais frugívoros. A importância relativa de cada um desses fatores depende do grupo considerado, sendo que aves e insetos foram os mais influenciados. Este estudo forneceu evidências das mudanças nas interações entre plantas e frugívoros de acordo com o avanço da sucessão florestal em áreas em processo de restauração florestal.

**Palavras-chave:** Restauração florestal, Interações ecológicas, Frutos artificiais, Frugivoria.



## ABSTRACT

Forest restoration areas are important experimental fields to understand the process of ecological succession, and the characteristics of the surrounding landscape and the presence of animals that can disperse seeds are fundamental factors to the dynamic balance of them. During ecological succession, the animal and plant communities experience several changes in their structure. This study aims to verify the interaction between fauna and artificial fruits in restoration areas with different ages, besides analyses if this interactions are influenced by the vegetal cover in the surrounding landscape. Therefore, an experiment with artificial fruit was carried in 11 restoration areas with different ages, and consequently, different successional stages. In each area, 15 points were selected and, at each point, 15 red artificial fruits were fixed in shrubs or young trees. The fruits were exposed to the local fauna and after 7 days were collected and analyzed visually for signs of interaction. The data obtained were correlated to the age of the area and to the vegetation cover in the surrounding landscape in 5 spatial scales (250, 500, 1000, 1500 and 2000 meters) using Generalized Linear Models. The results indicated that birds and insects are the main groups interacting with fruits, and the percentage of interaction was inversely proportional to the increase on the age of the area under restoration. The amount of vegetation cover in the landscape of 1000 meter radius had a greater influence on the total percentage of interaction (for birds, mammals and insects). The interaction between insects and artificial fruits decreased with increasing forest cover and was influenced by the larger scales (1000, 1500 and 2000 meters radius). These results indicate that the age of the restoration (and consequent successional stage of the area) and the amount of habitat in the landscape are important for the interaction between fruits and frugivorous animals. The relative importance of each one of these factors depends on the group of frugivores considered, with birds and insects being the most influenced. This study provided evidence of changes in the interactions between plants and frugivores according to the progression of forest succession in areas on process of forest restoration.

**Keywords:** Forest restoration, Ecological interactions, Artificial fruits, Fugivory

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Mapeamento e seleção das áreas .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Experimento com frutos artificiais .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Análises estatísticas .....</b>	<b>16</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>26</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Uma questão recorrente na ecologia é como conduzir projetos de restauração florestal para resultarem em uma floresta autossustentável, recuperando tanto a estrutura da floresta como também os processos ecológicos responsáveis pela manutenção do ecossistema como um todo. Sem recuperar os processos ecológicos, uma restauração converte-se em mero plantio que, provavelmente, não poderá manter-se sem manejo. Assim, o conceito de restauração evoluiu da ideia de tentar copiar um modelo de floresta madura para uma tentativa de recuperar as interações e processos ecológicos do ecossistema, permitindo que este possa se auto sustentar em longo prazo (ENGEL; PARROTTA, 2003; RODRIGUES et al., 2009; SILVA et al., 2015). As áreas em processo de restauração são importantes campos experimentais para buscar responder questões sobre o processo de sucessão ecológica, bem como sobre a resiliência e resistência de ecossistemas tropicais (GARCIA et al., 2016).

A dispersão de sementes por animais é um processo ecológico particularmente importante para a sucessão florestal e, conseqüentemente, para a recuperação de áreas degradadas. Esta interação está, inclusive, entre as prioridades de pesquisa em paisagens fragmentadas recomendadas por Chazdon et al. (2009). Os frugívoros são os principais dispersores nos ecossistemas tropicais e acabam por espalhar as sementes em diferentes locais da paisagem, favorecendo o enriquecimento vegetal e acelerando a regeneração em áreas em processo de restauração (MCCONKEY et al., 2012; CARLO; MORALES, 2016). A presença de animais frugívoros pode, portanto, otimizar os projetos de restauração e diminuir seus custos. Ademais, o processo de dispersão de sementes aumenta o fluxo gênico dentro da comunidade vegetal e minimiza os efeitos negativos dependentes da densidade de indivíduos, que geralmente é alto próximo à planta-mãe (JORDANO et al., 2006, 2011).

O sucesso da restauração também depende do contexto da paisagem em que a área está inserida. Crouzeilles e Curran (2016) concluíram que a quantidade de habitat contínuo em até 10Km ao redor da área restaurada tem influência sobre o sucesso da restauração. Não obstante, encontraram que, quando a cobertura florestal contínua no entorno estava abaixo dos 50%, a incerteza no sucesso da restauração aumentava. Características da paisagem circundante é um importante indicador para variáveis ecológicas, tais como persistência, abundância e distribuição de espécies.

Florestas secundárias remanescentes tornam-se habitats críticos para dispersores e fonte de sementes para a restauração (CROUZEILLES; CURRAN, 2016). Devido à essa influência da paisagem circundante, em 2004, a Sociedade de Restauração Ecológica recomendou em seu documento “Princípios sobre Restauração Ecológica”, considerar a paisagem como uma variável importante em projetos de restauração (SER, 2004).

A compreensão dos processos ecológicos e da forma como eles interagem com as variações na paisagem e no tempo pode trazer informações importantes para o manejo de espécies florestais e para a definição de estratégias adequadas para a recuperação de áreas degradadas, já que a manutenção de áreas recuperadas ou manejadas depende das interações animal-plantas como frugivoria, polinização, herbivoria e dispersão e predação de sementes (FLEURY, 2003).

Estudar gradientes de idade de áreas restauradas é outra fonte de importantes informações sobre o sucesso dos projetos de restauração. Garcia et al. (2016) encontraram diferenças no desenvolvimento de assembleias vegetais de áreas em restauração de diferentes idades em comparação com uma floresta de referência. Enquanto as espécies de dossel apresentaram uma recuperação em cinco décadas, as espécies de sub-bosque demonstraram ter desenvolvimento mais lento. Estudando redes de interações ecológicas em restaurações de diferentes idades, Silva et al. (2015) observaram que o número de espécies e interações aumentaram com o tempo, no entanto, os grandes frugívoros continuaram ausentes.

Conhecer como ocorre o desenvolvimento das áreas restauradas, tanto na sua estrutura quanto nos processos e interações ecológicas, permite gerar parâmetros para averiguar se os projetos foram bem-sucedidos, fornecendo assim subsídios para aperfeiçoamento dos modelos de restauração e evitando o desperdício de recursos e falhas no projeto (GARCIA et al. 2016).

O uso de frutos artificiais apresenta elevado potencial para estudos experimentais em grande escala, pois, além de não deteriorarem rapidamente, permitem a manipulação e controle de variáveis como cor, acessibilidade, tamanho, quantidade e distância entre as plantas frutíferas, as quais influenciam a seleção de frutos pela fauna (GALETTI; ALVES-COSTA, CAZETTA, 2003). Diversos estudos fizeram uso de frutos artificiais e encontraram resultados plausíveis (ALVES-COSTA; LOPES, 2001; GALETTI; ALVES-COSTA; CAZETTA, 2003; SOUZA, 2015).

O objetivo deste estudo foi responder às seguintes perguntas: a interação entre a fauna e os frutos artificiais aumenta ou diminui com a idade da área em processo de restauração? A área e a cobertura vegetal no entorno da área em restauração possui algum efeito? Existe alguma diferença entre os tipos de marcas encontrados nos frutos artificiais?

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As áreas selecionadas são matas ciliares, caracterizadas, portanto, como Áreas de Proteção Permanente (APP), em processo de restauração florestal localizadas no interior do Estado de São Paulo, Brasil (Figura 1). Todas as áreas encontram-se em propriedades particulares e fazem parte de projetos de restauração florestal, desenvolvidos através do plantio direto de alta diversidade de espécies e realizados para atender a legislação brasileira (BRASIL, 2012). As áreas de estudo estão inseridas em paisagens altamente fragmentadas, com baixa cobertura florestal e matriz agrícola caracterizada pela predominância da monocultura de cana-de-açúcar. A vegetação enquadra-se no tipo Floresta Estacional Semidecidual, caracterizado por uma dupla estacionalidade climática: um período chuvoso seguido por um período de estiagem.

**Figura 1** – Localização das áreas amostrais no Estado de São Paulo, Brasil. Em a) região do município de Batatais e em b) região do município de Rio Claro.



## 2.1 Mapeamento e seleção das áreas

O mapeamento das áreas em processo de restauração e da paisagem no entorno foi baseado em imagens de satélite e realizado com o software Quantum GIS, versão 2.18 (QGIS, 2017), na escala 1:15.000. Um método conhecido para identificar a escala com maior efeito sobre a variável estudada é criar buffers nas áreas de amostragem para, assim, detectar respostas de espécies em escalas diferentes ou mesmo múltiplas (BOSCOLO; METZGER, 2009; CROUZEILLES; CURRAN, 2016). Com o mapeamento realizado, foram calculadas as áreas das restaurações e as porcentagens de cobertura vegetal dentro de círculos concêntricos (buffers) com raios de 250, 500, 1000, 1500 e 2000 metros a partir do centro da restauração.

Foram selecionadas 11 áreas em processo de restauração. As idades (tempo decorrido desde o início do plantio) variaram entre 6 e 55 anos, porém a maioria possuía menos de 20 anos na ocasião da amostragem (Tabela 1). Em relação à área, a maior parte dos projetos de restauração foram realizados adjacentes às matas secundárias, portanto a área calculada refere-se à soma das áreas dos projetos de restauração com as áreas das matas secundárias.

Tabela 1 – Áreas em restauração para condução de experimentos de interação entre frutos artificiais e animais frugívoros, estado de São Paulo.

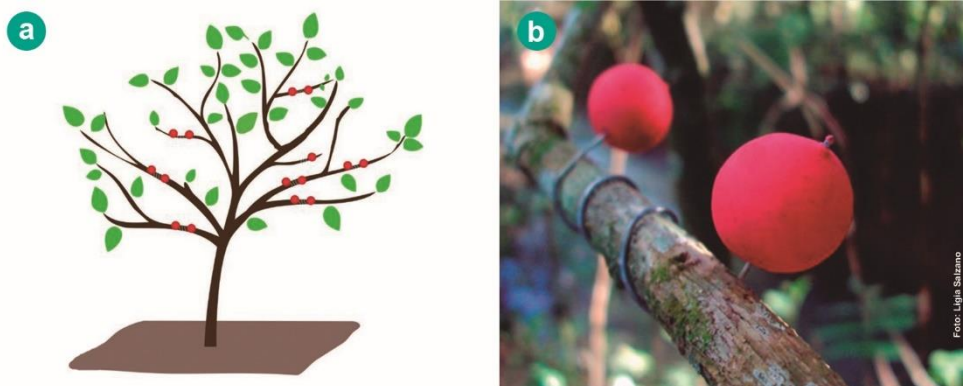
<b>Identificação</b>	<b>Município</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Idade (anos)</b>
01	Araras	31	16
02	Araras	3,89	7
03	Araras	11	16
04	Araras	1,65	8
05	Araras	20	6
06	Iracemápolis	61,5	26
07	Santa Bárbara	14,4	18
08	Cosmópolis	15,9	55
09	Batatais	5,51	9
10	Batatais	25,4	14
11	Batatais	18,7	6

## 2.2 Experimento com frutos artificiais

Os frutos foram confeccionados em formatos esféricos, com tamanho de aproximadamente 15 mm de diâmetro. Foi utilizada massa de modelar atóxica na cor vermelha, sem odor e resistente à água (ALVES-COSTA; LOPES, 2001). A escolha pela cor vermelha foi motivada por ela ser eficiente na atração de aves frugívoras (ALVES-COSTA; LOPES, 2001; GALETTI; ALVES-COSTA; CAZETTA, 2003).

Em cada restauração, foram selecionados até 15 pontos amostrais, conforme disponibilidade espacial. Em cada ponto amostral, um arbusto ou árvore jovem teve fixados em seus galhos, 15 frutos artificiais. Os frutos ficaram entre um e dois metros de altura do solo (Figura 2). Cada ponto ficou distante do próximo em, no mínimo, 50 metros, para minimizar a correlação espacial (FORTIN; DALE, 2005).

**Figura 2** – Em a) Disposição aproximada dos frutos na planta e b) forma de fixação dos frutos nos galhos.



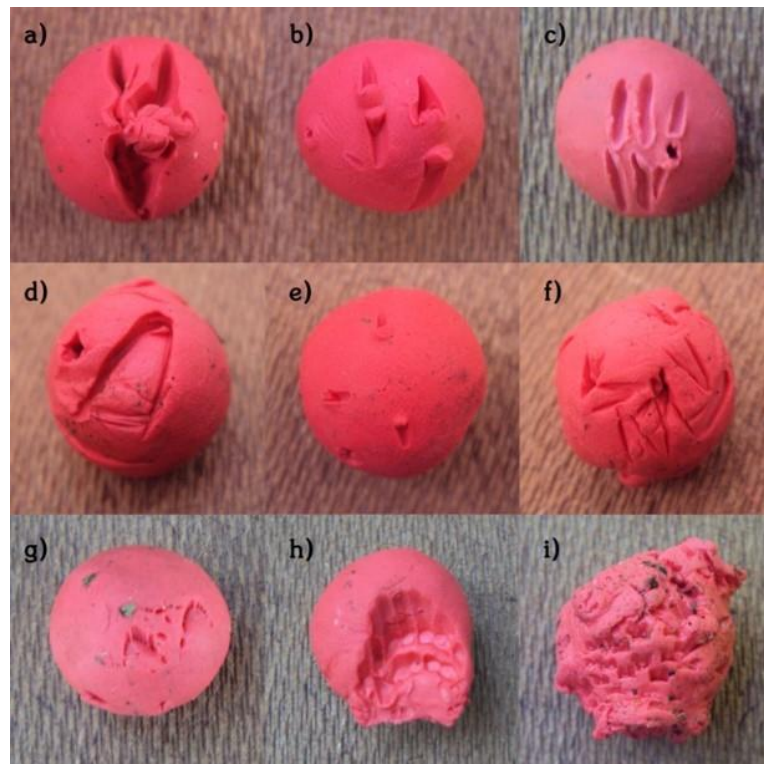
Para minimizar a influência de outras variáveis indesejáveis atuando nas taxas de consumo dos frutos, foram selecionadas apenas plantas sem flores e sem frutos, e com características morfológicas mais similares possíveis. Para que os frutos fossem visualizados facilmente pela fauna, eventuais folhas que estavam impedindo a visualização foram retiradas.

Os frutos foram verificados e recolhidos após sete dias. Frutos consumidos (i.e., com marcas diferenciadas entre aves, pequenos mamíferos e insetos), intactos e removidos foram contabilizados. Frutos caídos sem evidências de interação com a fauna (derrubados pelo vento, por exemplo) foram desconsiderados nas análises. Foram verificados também os diferentes tipos de bicadas (Figura 3), conforme



proposto por Alves-Costa; Lopes (2001) e Souza (2015). A classificação dos diferentes formatos de marcas permite a inferência da diversidade de espécies de aves e mamíferos que interagiram com os frutos.

**Figura 3** - Principais tipos de bicadas (a-f) e mordidas (g-i) encontrados nos frutos artificiais. Categoria (a) marcas profundas com aspecto triangular, remodelando ou removendo parte da massa, sugerindo um bico de grande abertura; (b) marcas com aspecto triangular de tamanho mediano que remodelam pouca quantidade de massa, sugere um bico menor que aquele da categoria (a); (c) marcas rasas, praticamente lineares, levemente arredondadas; (d) grande marca triangular com ponta arredondada, não profunda, mas que achata levemente o fruto, sugerindo um bico grande; (e) marcas triangulares pequenas, remodelam muito pouca massa, sugere um bico bem pequeno; (f) marcas triangulares superficiais; (g) marcas curvadas e profundas, sugerindo mamífero de mandíbula e dentes pequenos; (h) marcas com curvatura maior que (g), removendo parte do fruto e sugerindo um mamífero com dentes de superfície plana; (i) várias marcas de mordidas, sugerindo dois dentes pequenos, algumas vezes remodelou o fruto formando um grande orifício semelhante a um vaso.



Fonte: Souza, 2015.

### 2.3 - Análises estatísticas

A tabela 2 apresenta a lista de modelos testados, definidos por apresentarem significados ecológicos, sendo que tais modelos combinaram um ou mais fatores de

paisagem. Com a finalidade de avaliar os efeitos da idade, da área e da cobertura vegetal na paisagem do entorno sobre a porcentagem de interação da fauna com os frutos artificiais, utilizou-se a abordagem de seleção de modelos por múltiplas hipóteses concorrentes com base na teoria de informação usando-se o Critério de Informação Akaike – AIC (BURNHAM; ANDERSON, 2002). Também foram estimados os  $\Delta AIC$  (diferença entre o AIC de um modelo e o AIC do melhor modelo; quanto menor o AIC ou  $\Delta AIC$ , melhor é o modelo) e os pesos para os AICs (i.e.  $wAIC$ ), os quais referem-se à contribuição relativa de um determinado modelo em explicar os padrões observados em uma estrutura de dados, dado uma lista de modelos concorrentes. Modelos com  $\Delta AIC < 2$  ou  $wAIC > 0,10$  foram considerados igualmente plausíveis para explicar os padrões.

Foram utilizados nas análises um conjunto de modelos que combinaram um ou mais fatores da paisagem e características das áreas. Como variáveis dependentes (VD), foram consideradas: i) a porcentagem de frutos que apresentaram sinais de interação com a fauna; ii) a porcentagem de frutos que apresentaram marcas de bicos; iii) a porcentagem de frutos que apresentaram marcas de dentes; vi) a porcentagem de frutos que apresentaram marcas de insetos; v) a diversidade total de marcas nos frutos; vi) a diversidade de marcas de bicos e vii) a diversidade de marcas de dentes. Para calcular a diversidade de marcas de bicos e dentes, utilizou-se os Índices de Shannon e Simpson.

Já como variáveis independentes, foram utilizadas: i) a idade da área em processo de restauração (ou seja, a quantidade de anos que se passaram desde o início do plantio); ii) o tamanho da área restaurada (incluindo eventuais matas secundárias adjacentes ao projeto) e iii) a porcentagem de cobertura vegetal mapeada no entorno da área em restauração, dentro dos raios de 250, 500, 1000, 1500 e 2000 metros. Para garantir que os modelos concorrentes são melhores do que o acaso foi incluído um modelo nulo ( $M_0$  = representando a ausência de efeito) na lista avaliada. As análises foram realizadas no ambiente R (R Core Team, 2013), por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM; ZUUR et al., 2009).

**Tabela 2** - Modelos utilizados nas análises estatísticas. VD - variável dependente (porcentagem de frutos com sinais de interação total e separado por grupos de marcas ou índice de diversidade de marcas); IDR – idade do reflorestamento; AREA – área da área em restauração; VEG - porcentagem de cobertura vegetal no entorno, dentro de círculos, para cada um dos raios de 250, 500, 1000, 1500 e 2000 metros.

<b>GRUPOS DE MODELOS</b>	
M0: VD ~ Modelo Nulo (Acaso)	M3: VD ~ IDR + AREA
M1: VD ~ IDR	M4: VD ~ IDR + VEG
M2: VD ~ VEG	

### 3. RESULTADOS

Dos 1845 frutos artificiais utilizados no experimento, 28,7% apresentaram sinais de interação com a fauna. Destes, 65,8% possuíam marcas de bicos, 7,7% de dentes e 34,5% de insetos.

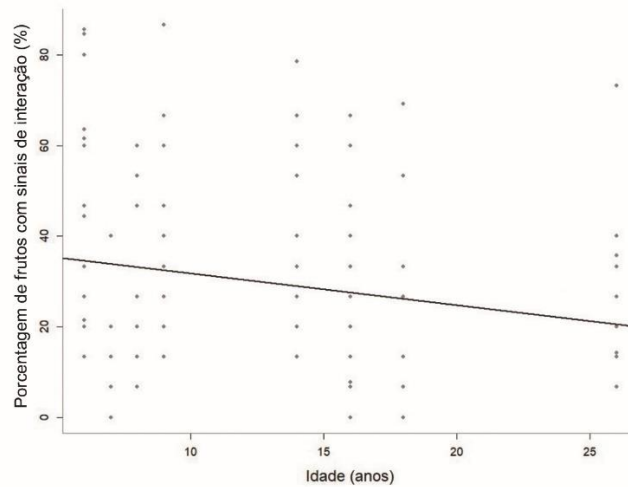
Foram analisados um total de 117 modelos. As análises que incluíram a diversidade de marcas total, de bicadas e de mordidas não retornaram resultados significativos ( $p \gg 0,05$ ). A Tabela 3 traz os valores de wAIC para os modelos que consideraram a porcentagem de frutos com sinais de interação total e separado por categoria de marca (bicos, dentes e insetos). Tanto idade quanto quantidade de habitat num raio de 1000 metros da restauração foram considerados plausíveis para explicar a porcentagem total de frutos com sinais de interação (bicadas, mordidas e marcas de insetos). A porcentagem de interações entre frutos com aves foi melhor explicada pela idade da restauração. Para a quantidade de marcas de mordidas, o modelo considerado mais plausível foi a quantidade de habitat num raio de 250 m. Insetos foram mais influenciados pela idade e por grandes escalas (raios de 1000, 1500 e 2000 metros).

**Tabela 3** - Resultados dos wAICs para cada modelo, considerando a Variável Dependente (VD) como a porcentagem total de frutos com sinais de interação e as porcentagens individuais de cada categoria de marca encontrada nos frutos (bicos, dentes e de insetos). Os números em negrito em uma mesma coluna correspondem aos modelos considerados igualmente plausíveis para explicar os padrões.

Modelos	Interação Total	Marcas		
		Bicos	Dentes	Insetos
<b>Idade</b>	<b>0,377</b>	<b>0,455</b>	0,002	<b>0,197</b>
<b>Área</b>	0,055	0,109	0,002	0,048
<b>250</b>	0,051	0,085	<b>0,891</b>	0,058
<b>500</b>	0,081	0,080	0,076	0,056
<b>1000</b>	<b>0,194</b>	<0,001	0,006	<b>0,218</b>
<b>1500</b>	0,092	0,105	0,016	<b>0,211</b>
<b>2000</b>	0,094	0,091	0,004	<b>0,164</b>
<b>Nulo</b>	0,057	0,086	0,002	0,048

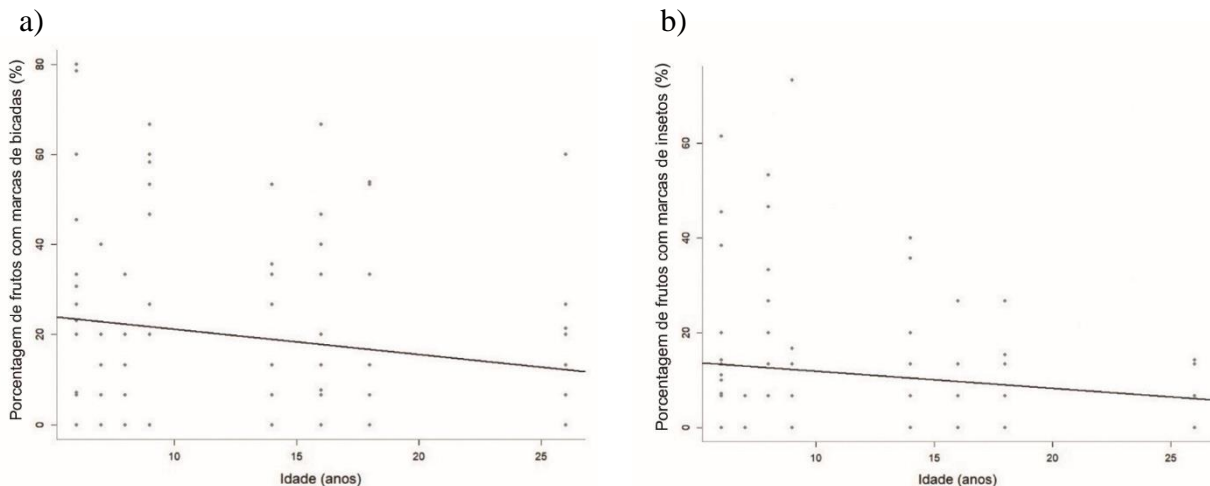
Observou-se uma relação inversamente proporcional entre a porcentagem total de frutos artificiais com sinais de interação (seja por aves, mamíferos ou insetos) e a idade da restauração (Figura 4).

**Figura 4** - Relação entre a percentagem de frutos artificiais com sinais de interação (por aves, mamíferos e insetos) e a idade da restauração ( $F= 4,219$ ;  $p= 0,042$ ;  $R^2= 0,037$ ).



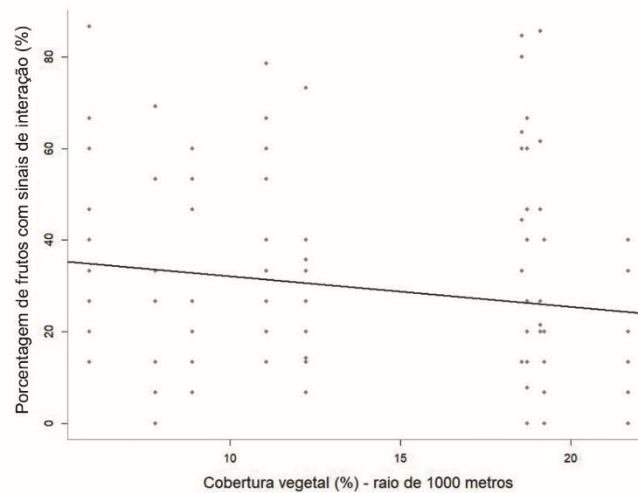
A percentagem de frutos bicados por aves (Figura 5) caiu com o avanço da idade da restauração, assim como a interação com insetos (Figura 5b), seguindo o padrão global. Para mordidas, não foram encontrados resultados significativos em relação à idade.

**Figura 5** - Relação entre a percentagem de frutos artificiais com sinais de interação e a idade da restauração, separados em a) aves ( $F=3,454$ ;  $p=0,066$ ;  $R^2= 0,031$ ) e b) insetos ( $F= 3,054$ ;  $p= 0,083$ ;  $R^2= 0,027$ ).



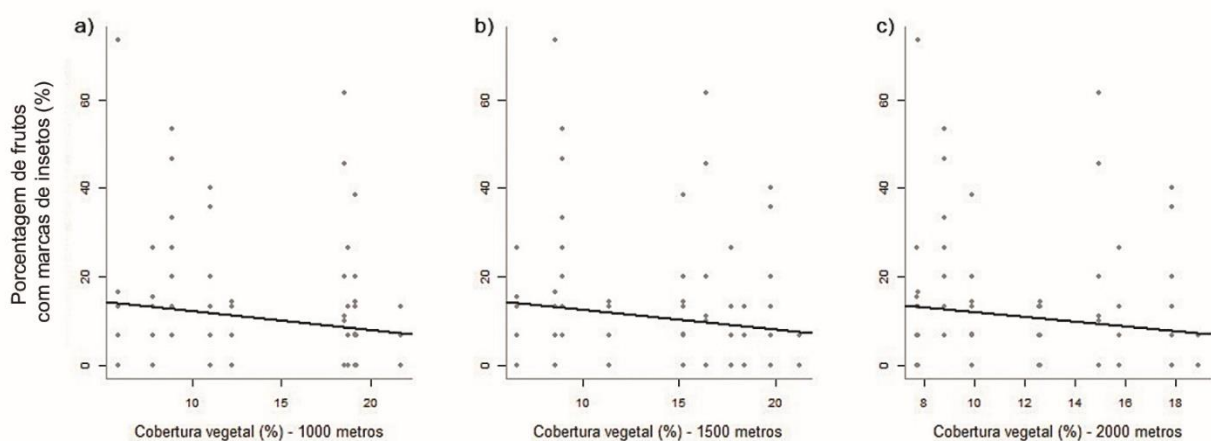
Foi detectada que a percentagem de frutos com sinais de interação foi influenciada pela paisagem no entorno da restauração. A relação entre frugivoria e quantidade de habitat foi encontrada apenas quando se somou à área da restauração todos os fragmentos de mata existentes na paisagem dentro do raio considerado (250, 500, 1000, 1500 ou 2000 metros). O modelo considerado mais plausível para explicar a percentagem total de interação foi o de raio de 1000 metros (Figura 6), no qual a percentagem de frutos com sinais de interação decresce com o aumento da quantidade de vegetação.

**Figura 6** - Relação entre a porcentagem de frutos artificiais com sinais de interação e a cobertura vegetal existente em um raio de 1000 metros da restauração ( $F= 2,871$ ;  $p= 0,093$ ;  $R^2= 0,026$ ).



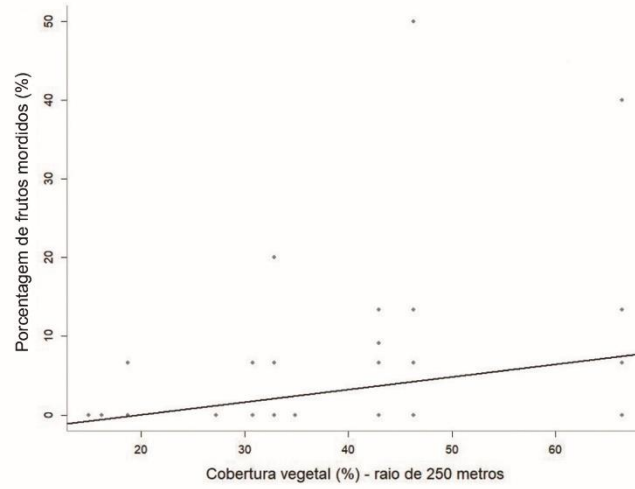
Insetos também foram afetados pela paisagem, contudo, apenas as maiores escalas apresentaram efeito (Figura 7). Os modelos que consideravam paisagens com raios de 1000, 1500 e 2000 metros foram igualmente plausíveis para insetos (Tabela 3). Sendo as escalas de 1000 e 1500 metros mais significativos do que o de 2000 metros.

**Figura 7** - Relação entre a porcentagem de frutos artificiais com sinais de interação com insetos e a cobertura vegetal existente em um raio de 1000, 1500 e 2000 metros da restauração - para a)  $F= 3,256$ ;  $p= 0,074$ ;  $R^2= 0,029$ ; b)  $F= 3,192$ ;  $p= 0,077$ ;  $R^2= 0,028$  e c)  $F= 2,688$ ;  $p= 0,104$ ;  $R^2= 0,024$ .



Já para a porcentagem de frutos mordidos foi melhor explicada pela menor escala, de 250 metros. Apresentando um aumento na predação conforme aumenta-se a quantidade de vegetação dentro desse raio (Figura 8).

**Figura 8** - Relação entre a porcentagem de frutos artificiais mordidos e a cobertura vegetal existente em um raio de 250 metros da restauração ( $F= 12,93$ ;  $p= 0,0005$ ;  $R^2= 0,106$ ).



## 4. DISCUSSÃO

A maior quantidade de bicadas caracteriza o método usado. Frutos vermelhos possuem melhor visualização pelas aves que, guiadas pela percepção visual, tentam consumi-los.

Assim como na comunidade vegetal, a comunidade animal também experimenta mudanças na sua estrutura durante o avanço da sucessão florestal (PINOTTI et al., 2015). Restaurações mais antigas possuem maior riqueza de espécies e complexidade na rede trófica em comparações com restaurações mais recentes (SILVA et al., 2015). A redução na porcentagem de interação entre frutos e animais com o aumento da idade da área em processo de restauração (Figura 4) pode ser devido à essas mudanças. Foram encontrados dois componentes contribuindo com esse padrão: a interação com aves e com insetos.

A queda na porcentagem de frutos bicados com avanço do tempo de restauração (Figura 5a) pode ser explicada pelas mudanças na composição das espécies presentes nesses ambientes. Com o avanço na idade da restauração é esperado que ocorra a diminuição do domínio de espécies generalistas de habitats e tipos alimentares e aumento dos frugívoros especialistas florestais (LATJA et al., 2016). As aves frugívoras especialistas provavelmente alimentam-se dos frutos naturais que já existem na restauração antiga, o que resulta em uma baixa interação entre frutos artificiais e aves em áreas restauradas há vários anos. Aves generalistas costumam ser abundantes em ambientes no início do processo de regeneração e em áreas com menor densidade árvores (PINOTTI; PAGOTTO; PARDINI, 2012; HAGEN, et al. 2012), como as restaurações mais recentes. Tais áreas não oferecem grande quantidade de recursos alimentares aos frugívoros, portanto essas espécies acabaram interagindo em maior quantidade com os frutos artificiais.

Esses resultados só foram encontrados após retirar das análises a restauração mais antiga, de 55 anos. Quando esta foi incluída, observava-se uma reta paralela ao eixo X no gráfico que contrapõe a taxa de predação e o tempo de restauração. Ao retirar essa área tardia, a reta passou a ser descendente. Uma explicação possível para esse comportamento dos dados é que, apesar da porcentagem de interação tender a cair com o avanço da sucessão florestal, a partir de uma determinada idade essa porcentagem pode começar a crescer. Isso refletiria o aumento na riqueza e abundância de espécies e as mudanças na composição da comunidade. No entanto, novos estudos incluindo uma maior quantidade de restaurações antigas, dados de estrutura da vegetação e de populações de animais frugívoros precisam ser realizados a fim de se investigar essa hipótese.

A predação de frutos por invertebrados foi maior em áreas de projetos de restauração recentes (Figura 5b). Pinotti et al. (2015) encontraram que a biomassa de



artrópodes é maior em florestas em sucessão inicial. Com a grande abundância de insetos, a interação entre eles e os frutos tende a ser maior. A porcentagem de interação dos frutos artificiais com insetos é menor em restaurações mais antigas, possivelmente, pelo aumento da abundância de insetívoros que acabam por preda os insetos. Gray et al. (2007) encontraram que aves frugívoras e insetívoras são mais vulneráveis à distúrbios, tendo suas abundâncias reduzidas após perturbações no habitat.

Em relação à paisagem, a porcentagem de interação entre animais e frutos foi melhor explicada pela quantidade de cobertura vegetal na paisagem de 1000 metros de raio, enquanto a porcentagem de frutos com marcas de insetos foi igualmente explicada pelas três maiores escalas – paisagens com 1000, 1500 e 2000 metros de raio. Nesses casos, a interação entre a fauna e os frutos artificiais diminuiu com o aumento da cobertura florestal (Figuras 6 e 7), provavelmente devido ao aumento na quantidade de hábitat onde a fauna pode buscar recursos alimentares. Dessa forma, os animais tem uma área ampla para forragear, não ficando restritos apenas às áreas em restauração e diminuindo a pressão sobre os recursos lá existentes. Além do aumento na quantidade de alimento, paisagens com maiores porcentagens de cobertura florestal apresentam maior capacidade de suporte para maiores abundâncias de animais do que áreas com menos cobertura.

Curiosamente, a interação com mamíferos foi melhor explicada pela menor escala de paisagem – raio de 250m – e apresentou um crescimento proporcional ao aumento na quantidade de habitat (Figura 8). Esse resultado foi oposto ao padrão geral. As marcas encontradas nos frutos artificiais permitem inferir, devido ao tamanho da mordida, que foram feitas por pequenos mamíferos. Uma explicação possível para o resultado encontrado, seria que esses mamíferos utilizam prioritariamente a área em processo de restauração e a mata secundária adjacente. Dados sobre o uso do habitat por pequenos mamíferos em áreas em processo de restauração são necessários para explicar esse padrão.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto a idade da restauração quanto a quantidade de habitat na paisagem são importantes para a interação entre frutos e animais frugívoros. A importância relativa de cada um desses fatores depende do grupo de frugívoros que são considerados. As áreas restauradas mais recentemente possuíram alta pressão de predação, podendo-se inferir que tais áreas possuem poucos recursos alimentares naturais e grande quantidade de animais generalistas.

Estima-se que as restaurações mais antigas, a partir de três décadas, comecem a reestabelecer o equilíbrio ecossistêmico. Esse ponto vai de acordo com outros estudos que encontraram que entre três (POWELL et al., 2015) e cinco décadas (SILVA et al., 2015) as funções ecossistêmicas podem estar mais similares com as de florestas nativas. Apesar de aves e insetos apresentarem tendências parecidas tanto para idade quanto para a quantidade de cobertura vegetal na paisagem, pequenos mamíferos diferiram nos padrões.

Este estudo fornece evidências das alterações na fauna frugívora, principalmente nas comunidades de aves e insetos, com a restauração ativa. Recomenda-se que novos estudos com frutos artificiais incluam sensores das populações de animais e dados da estrutura da vegetação. Os resultados encontrados contribuem para aumentar as informações sobre as interações ecológicas em projetos de restauração florestal, tanto em escala local quanto de paisagem.

Novos esforços para a restauração florestal de áreas degradadas devem considerar um planejamento de longo prazo, com maior atenção para as primeiras três décadas do início do processo de restauração a fim de se conduzir e acelerar a sucessão florestal rumo à um ecossistema autossustentável. As aves e insetos que predam frutos são indicadores das mudanças que ocorrem dentro da restauração e devem ser observados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES-COSTA, C. P.; LOPES, A. V. Using Artificial Fruits to Evaluate Fruit Selection by Birds in the Field. **Biotropica**, v. 33, n. 4, p. 713–717, 2001.

BOSCOLO, D.; METZGER, J. P. Is bird incidence in Atlantic forest fragments influenced by landscape patterns at multiple scales? **Landscape Ecology**, v. 24, n. 7, p. 907-918, 2009.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: < [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 28 dez. 2017.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. 2002. **Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information – Theoretic Approach**. 2. ed. 2002. New York: Springer-Verlag, 2002. 488 p.

CARLO, T. A.; MORALES, J. M. Generalist birds promote tropical forest regeneration and increase plant diversity via rare-biased seed dispersal. **Ecology**, v. 97, n. 7, p. 1819–1831, 2016.

CHAZDON, R. L. et al. Beyond Reserves: A Research Agenda for Conserving Biodiversity in Human-modified Tropical Landscapes. **Biotropica**, v. 41, n. 2, p. 142-153, 2009.

CROUZEILLES, R.; CURRAN, M. Which landscape size best predicts the influence of forest cover on restoration success? A global meta-analysis on the scale of effect. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, p. 440-448, 2016.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Org.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 1-26.

FLEURY, M. **Efeito da fragmentação florestal na predação de sementes da palmeira Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) em florestas semidecíduas do Estado de São Paulo**. 2003. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FORTIN, M.J., DALE, M.R.T. **Spatial Analysis: A Guide for Ecologists**. Cambridge: Cambridge University Press. 2005.

GALETTI, M.; ALVES-COSTA, C. P.; CAZETTA, E. Effects of forest fragmentating anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of orinthocoric fruits. **Biological Conservation**. v. 111, p. 269–273, 2003.

GARCIA, L. C. et al. Restoration over time: is it possible to restore trees and non-trees in high-diversity forests? **Applied Vegetation Science**, v. 19, p. 655-666, 2016.

GRAY, M. A. et al. The response of avian feeding guilds to tropical forest disturbance. **Conservation Biology**, v. 21, n. 1, p. 133-141, 2007.

HAGEN, et al. Biodiversity, species interactions and ecological networks in a fragmented world. **Advances in Ecological Research**. v. 46, p. 89-120, 2012.

JORDANO, P. et al. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. In: ROCHA, C. F. D. et al. (Ed.). **Biologia da conservação: essências**. São Carlos: RiMa, 2006. p. 411-436.

JORDANO, P. et al. Frugivores and seed dispersal: mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction. **Biology letters**, v. 7, n. 3, p. 321-323, 2011.

LATJA, P. et al. Active restoration facilitates bird community recovery in an Afrotropical rainforest. **Biological Conservation**, v. 200, p. 70-79, 2016.

MCCONKEY, K. R. et al. Seed dispersal in changing landscapes. *Biological Conservation*, v. 146, n. 1, p. 1-13, 2012.

PINOTTI, B. T.; PAGOTTO, C. P.; PARDINI, R. Habitat structure and food resources for wildlife across successional stages in a tropical forest. **Forest Ecology and Management**, v. 283, p. 119-127, 2012.

PINOTTI, B. T.; PAGOTTO, C. P.; PARDINI, R., Wildlife Recovery During Tropical Forest Succession: Assessing Ecological Drivers of Community Change. **Biotropica**, v. 47, n. 6, p. 765-774, 2015.

POWELL, L. L., ZURITA, G., WOLFE, J. D., JOHNSON, E. I. STOUFFER, P. C. Changes in Habitat Use at Rain Forest Edges Through Succession: A Case Study of Understory Birds in the Brazilian Amazon. **Biotropica**, v. 47, p. 723–732, 2015.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Versão 2.18. 2017. Disponível em: <<https://qgis.org>>. Acesso em 08 jun 2017.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 5 jun. 2014.

RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1242–1251, 2009.

SILVA, F. R. et al. The restoration of tropical seed dispersal networks. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 6, p. 852–860, 2015.

SER - Society of Ecological Restoration International Science and Policy Working Group. *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Society for Ecological Restoration International, Tucson, AZ. 2004.

SOUZA, L. P. **Efeito da quantidade de habitat, do tamanho do fragmento e da posição dos recursos sobre a frugivoria em ambientes fragmentados.** 2015. 38 p. TCC (Graduação em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

ZUUR, A. F. et al. **Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R.** New York: Springer, 2009.