



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ANA PAULA LIBONI

**EFEITO DA COLETA DE SEMENTES SOBRE A  
REGENERAÇÃO DE *Colubrina glandulosa* G. Perkins  
(RHAMNACEAE) EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO NO  
SUL DO BRASIL**

---

Londrina  
2011

ANA PAULA LIBONI

**EFEITO DA COLETA DE SEMENTES SOBRE A  
REGENERAÇÃO DE *Colubrina glandulosa* G. Perkins  
(RHAMNACEAE) EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO NO  
SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Ciências Biológicas (Botânica)  
da Universidade Estadual de Londrina para  
obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Pimenta

Londrina  
2011

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

L696e Liboni, Ana Paula.

Efeito da coleta de sementes sobre a regeneração de *Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) em área de reflorestamento no sul do Brasil / Ana Paula Liboni. – Londrina, 2011.  
85 f. : il.

Orientador: José Antonio Pimenta.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2011.

Inclui bibliografia.

1. Sementes - Mudanças - Produção – Teses. 2. Florestas - Regeneração (Botânica) – Teses. 3. Plantas - População – Teses. 4. Floresta sustentável – Teses. 5. Ecologia florestal – Teses. I. Pimenta, José Antonio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Universidade Estadual de Londrina. IV. Título.

CDU 581.141

ANA PAULA LIBONI

**EFEITO DA COLETA DE SEMENTES SOBRE A REGENERAÇÃO DE  
*Colubrina glandulosa* G. Perkins (RHAMNACEAE) EM ÁREA DE  
REFLORESTAMENTO NO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Ciências Biológicas (Botânica)  
da Universidade Estadual de Londrina para  
obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. José Antonio Pimenta  
UEL – Londrina - PR

---

Carolina Bernucci Virillo  
SMA – Campinas - SP

---

Edmilson Bianchini  
UEL – Londrina - PR

Londrina, 01 de agosto de 2011.

Aos meus pais, Osvaldo e Célia, e à minha irmã  
e companheira, Thaís, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. José Antonio Pimenta, que é um grande exemplo pra mim, pela orientação, pela amizade e confiança. Ao Prof. Edmilson Bianchini, meu ‘co-orientador’, por todo o auxílio em campo e pelas contribuições em forma de sugestões e críticas que enriqueceram o trabalho. Ao Prof. José Marcelo D. Torezan, pela ajuda na coleta de sementes e pelas dicas e sugestões concedidas. Ao biólogo e amigo Marcelo O. Arazaki, pelo trabalho realizado anteriormente com a espécie *C. glandulosa* e por ter cedido seus dados. À Cristinha Cunha Garcia por ter cedido seus dados da chuva de sementes.

Ao Prof. Dr. Alexandre Fadigas de Souza e à Dra. Carolina Bernucci Virillo, por terem aceitado participar do processo de avaliação deste trabalho e pelas sugestões e críticas valiosas.

À Profa. Ana Vergínia L. Messetti, do Departamento de Estatística da UEL, pela ajuda e preocupação, por ter se colocado à disposição e por ter acompanhado (e comemorado) cada passo conquistado em relação às análises estatísticas, especialmente no programa R. Ao Prof. Silvano Cesar da Costa, também por ajudar neste processo, mesmo que indiretamente. À Dra. Christiane E. Corrêa, pela paciência e por todos os esclarecimentos valiosíssimos em relação ao intervalo de confiança e ao LTRE.

A todos que me ajudaram no trabalho de campo: Yves Rafael Bovolenta, Diego Resende Rodrigues, Luciana de Campos Franci, Eloisa de Souza Carvalho, Gabriela Correia Araújo da Cruz, Pamela Cristina Santana, Thais Mazzafera Haddad, Mariana Hertel, Guilherme Toledo e Renato Mazzoco. Obrigada pela ajuda indispensável, pela companhia e pelos momentos de descontração. Agradeço especialmente à Luciana e ao Yves, pela disposição em ajudar sempre, pelas dicas nos gráficos, por todas as informações compartilhadas e pela amizade.

Ao pessoal do Laboratório de Ecologia Vegetal, pelo apoio. Ao viveiro de mudas do Laboratório de Biodiversidade e Restauração da UEL, por coletar as sementes da espécie *C. glandulosa*, o que me possibilitou fazer este trabalho. Ao técnico Edson Mendes Francisco, pela ajuda na coleta de sementes. À bióloga Alba Lúcia Cavalheiro, pelo

conhecimento compartilhado a respeito das sementes da espécie estudada. Aos técnicos Edson Santana da Silva e Aparecido de Souza, pelas caronas até o PEMG. À UEL e ao Programa de Mestrado em Ciências Biológicas, por minha formação. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida. Ao Instituto Ambiental do Paraná, por permitir o acesso ao PEMG.

Aos meus queridos amigos, por sempre torcerem por mim e por terem dividido todas as agonias e alegrias durante esses dois anos. E, finalmente, à minha família, por estarem sempre ao meu lado e por acreditarem em mim. Não tenho palavras para agradecer tudo que fizeram e fazem por mim.

"A natureza é o único livro que oferece um conteúdo valioso em todas as suas folhas." (J. Goethe)

LIBONI, Ana Paula. **Efeito da coleta de sementes sobre a regeneração de *Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) em área de reflorestamento no sul do Brasil.** 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2011.

## RESUMO

Em função da acelerada fragmentação das florestas, muitas espécies arbóreas tem sido exploradas através da coleta de sementes visando à produção de mudas utilizadas em reflorestamentos. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da coleta de sementes sobre a regeneração de *Colubrina glandulosa* através da análise da demografia, das estruturas de tamanho e espacial, da chuva de sementes e do recrutamento em áreas com e sem coleta de sementes de um reflorestamento, a fim de adequar a coleta de sementes da espécie, visando à exploração sustentável deste produto florestal não-madeireiro na área. Foram estabelecidas 54 parcelas de 100m<sup>2</sup> (10m x 10m), divididas em seis blocos de nove parcelas cada um, na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), 23°27' S e 51°15' W (centro de visitantes), Londrina, Paraná, Brasil. Cerca de 80% das sementes de todos os indivíduos reprodutivos de *C. glandulosa* do grupo tratamento (GT) foram coletadas antes do período de dispersão, enquanto no grupo controle (GC) não houve coleta. Todos os indivíduos de *C. glandulosa* foram identificados e mapeados nas parcelas e tiveram a altura medida em cada amostragem realizada (2006, 2007, 2008, 2009 e 2010). Os indivíduos foram distribuídos em nove classes de altura e as variações demográficas no GC e no GT foram descritas utilizando-se o modelo de matrizes de Lefkovitch, a fim de estimar a taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ). O  $\lambda$  do GC indicou crescimento populacional, enquanto no GT o  $\lambda$  indicou equilíbrio populacional. A análise de elasticidade indicou que a permanência dos indivíduos na última classe de tamanho foi a taxa demográfica que mais contribuiu para o valor de  $\lambda$  nos dois grupos. O LTRE (life-table-response-experiment) revelou que o crescimento e a fecundidade também são taxas demográficas importantes para explicar as variações no  $\lambda$  entre os grupos. As estruturas de tamanho, comparadas entre o GC e o GT pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, diferiram em 2007, 2009 e 2010 em função do menor número de indivíduos amostrados na primeira classe de tamanho no GT. A estrutura espacial do número total de indivíduos e dos indivíduos ingressantes (da primeira classe de tamanho) de *C. glandulosa* foi analisada separadamente em cada bloco através do coeficiente de autocorrelação espacial dado pelo índice de Moran ( $I$ ). Esta análise indicou que a distribuição espacial de todos os indivíduos e dos indivíduos ingressantes foi aleatória na maioria dos blocos. A chuva de sementes de *C. glandulosa* foi avaliada durante o período de dispersão da espécie (agosto a novembro de 2006), por meio de coletores de madeira. De acordo com o teste t de Student não houve diferença significativa entre a quantidade de sementes amostrada nos tratamentos ( $t = -0,23$ ;  $p = 0,81$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Também foram calculadas as limitações ao recrutamento (LF= limitação da fonte; LD= limitação da dispersão; LEF= limitação de estabelecimento fundamental e LER= limitação de estabelecimento realizada) e estas foram maiores no GT. Sugere-se que houve diferença na regeneração de *C. glandulosa* entre as áreas com e sem coleta de sementes do reflorestamento, indicando que o nível atual de coleta de 80% das sementes pode comprometer a regeneração da espécie em longo prazo e, portanto, encontra-se acima da quantidade sustentável para a manutenção desta população explorada.

**Palavras-chave:** Matrizes de transição. LTRE. Estrutura populacional. Coleta de sementes. Produtos florestais não-madeireiros.

LIBONI, Ana Paula. **Seed extraction effect on regeneration of *Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) in a reforested area in south Brazil.** 2011. 85 f. Dissertation (Master's Degree in Biological Sciences) - State University of Londrina, Londrina. 2011.

### ABSTRACT

Due to accelerated forest fragmentation, many tree species has been exploited by seed extraction in order to produce seedlings used in reforestation. The aim of this study was to evaluate the effect of seed extraction on regeneration of *Colubrina glandulosa* by analyzing demography, size and spatial structures, seed rain and recruitment in areas with and without seed extraction, in order to tailor species seed extraction, aiming at the sustainable exploitation of this non-timber forest product in the area. Fifty four plots of 100m<sup>2</sup> (10m x 10m), divided into six blocks of nine plots each, were set in a reforested area of Godoy Forest State Park, 23°27' S and 51°15' W (visitor center), Londrina, Paraná, Brazil. About 80% of the seeds from all *C. glandulosa* reproductive individuals of the treatment group (TG) were extracted before the seed dispersal period, while the control group (CG) remained without seed extraction. The individuals of *C. glandulosa* were identified and mapped in the plots and had the height measured at each conducted sampling (2006, 2007, 2008, 2009 and 2010). The individuals were divided into nine height classes and demographic variations in CG and TG were described using Lefkovitch matrices model, to estimate the finite population growth rate ( $\lambda$ ). The  $\lambda$  value of the GC showed population growth while  $\lambda$  value of the GT showed population stability. Elasticity analysis showed that survivorship and stasis of adults most contributed to  $\lambda$  value in both groups. Life-table-response-experiment (LTRE) indicated that growth and fecundity rates are also important to explain demographic differences between the groups. Size structures, which were compared between CG and TG by the Kolmogorov-Smirnov test, differed in 2007, 2009 and 2010 due to lower number of individuals sampled in the first size class of TG. The spatial structure of *C. glandulosa* was assessed for each block separately for total number of individuals (2010 sense) and for seedlings (individuals from the first size class) using the spatial autocorrelation coefficient given by Moran's Index ( $I$ ). It showed that the spatial distribution of total number of individuals and seedlings of *C. glandulosa* was random for most blocks. Seed rain was evaluated during the dispersal period (august to november 2006) by wood traps. According to Student t test there was no significant difference between the number of seeds sampled in the traps of the treatments ( $t = -0.23$ ,  $p = 0.81$ ,  $\alpha = 0.05$ ). Recruitment limitations (SL= source limitation, DL= dispersal limitation; FEL= fundamental establishment limitation and REL= realized establishment limitation) were also calculated for both treatments and were higher in TG. Results suggested that there was difference in the regeneration of *C. glandulosa* between areas with and without seed extraction, indicating that the current extraction level of 80% of the seeds may compromise the population regeneration in the long term and, therefore, is above the sustainable amount for maintenance of this exploited population.

**Keywords:** Transition matrices. LTRE. Population structure. Seed extraction. Non-timber forest products.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

- Tabela 1** – Matrizes de transição com a média das taxas demográficas e desvio padrão referente ao período 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 e 2009-2010 para *Colubrina glandulosa* no grupo controle (GC) e no grupo tratamento (GT) da área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. O= estrutura de altura observada; E= estrutura de altura estável projetada;  $q_x$ = mortalidade da classe de tamanho. Os valores com asterisco (\*) foram adaptados conforme proposto por Souza & Martins (2004)..... 42
- Tabela 2** – Matrizes de elasticidade para *Colubrina glandulosa* no grupo controle (GC) e no grupo tratamento (GT) da área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil..... 44

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1** – Comparações das estruturas de altura de *Colubrina glandulosa* entre o grupo de indivíduos sem coleta de sementes (GC) e o grupo em que houve coleta (GT) na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, através do teste de Kolmogorov-Smirnov (D). Valores de p seguidos de ns não foram significativos ..... 61
- Tabela 2** – Comparações das estruturas de altura de *Colubrina glandulosa* entre os anos amostrados para o grupo de indivíduos sem coleta de sementes (GC) e o grupo em que houve coleta (GT) na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, através do teste de Kolmogorov-Smirnov (D). Valores de p seguidos de ns não foram significativos..... 61

### CAPÍTULO 3

- Tabela 1** – Limitações ao recrutamento de *Colubrina glandulosa* no grupo de indivíduos sem coleta de sementes (GC) e no grupo em que houve coleta

(GT) quantificadas para no ano de 2006 na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Limitação de sementes (LS) e seus componentes (Fonte – LF, e Dispersão – LD) e Limitação de Estabelecimento Fundamental (LEF) e de Estabelecimento Realizada (LER) ..... 78

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Fragmento Florestal do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Imagem de satélite com indicativo (retângulo amarelo) da localização da área de reflorestamento estudada (R) ..... 22
- Figura 2** – Cobertura vegetal heterogênea (A), área com clareiras e substrato coberto por capim colonião (*Panicum maximum*) (B) e área com dossel mais fechado (C) do reflorestamento Projeto Madeira, no Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), Londrina, PR, Brasil. Fonte: Ana Paula Liboni e Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas da Universidade Estadual de Londrina..... 23
- Figura 3** – Indivíduo adulto (A), frutos (B) e sementes (C) de *Colubrina glandulosa*. Fonte: Ana Paula Liboni (A e B) e Lorenzi (2008) (C) ..... 24
- Figura 4** – Esquema da distribuição das parcelas e dos grupos de parcelas na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. O grupo controle (GC) é constituído pelos blocos 1, 2 e 3, enquanto o grupo tratamento (GT) é constituído pelos blocos 4, 5 e 6..... 26

## CAPÍTULO 1

- Figura 1** – Figura 1. Diagrama de caixa representando ingresso, mortalidade, regressões e recrutamentos dos indivíduos de *Colubrina glandulosa* nas diferentes classes de altura do grupo controle (GC) e grupo tratamento (GT) na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, no período 2006-2010. I= ingressantes;  $N_0$ = número de indivíduos no primeiro levantamento; S= indivíduos do primeiro levantamento que permaneceram na mesma classe;  $N_1$ = número de indivíduos no segundo levantamento; C= classes de altura (em metros); M= mortos. As setas tracejadas indicam indivíduos que quebraram (regressão) e as setas contínuas indicam indivíduos que cresceram (recrutamento) ..... 40
- Figura 2** – Estrutura de altura observada (colunas brancas) e estável (colunas pretas) de *Colubrina glandulosa* no grupo controle (GC) e no grupo

tratamento (GT) da área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Classes de altura 1 a 9 respectivamente >0-0,20m; >0,20-0,50m; >0,50-1m; >1-2m; >2-3m; >3-5m; >5-7m; >7-9m; >9m ..... 43

**Figura 3** – Contribuição dos diferentes processos demográficos (Fec= fecundidade, Re= regressão, G= crescimento e P= permanência) para a variação observada no  $\lambda$  de *Colubrina glandulosa* no GC e no GT da área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, de acordo com o LTRE. O GC está representado pelas barras brancas e o GT pelas barras pretas ..... 44

**Figura 4** – Resultados detalhados do LTRE, indicando a contribuição de todas as entradas da matriz para a diferença observada entre o  $\lambda$  de cada tratamento (GC e GT) e o  $\lambda$  da matriz média ( $\lambda_{ct}$ ). O eixo x corresponde às diferentes entradas da matriz ( $a_{ij}$ ) sendo  $i$  (linha superior) a classe de destino e  $j$  (linha inferior) a classe de origem dos indivíduos. Colunas pretas= permanências; colunas listradas= crescimentos; colunas brancas= regressões e coluna cinza= fecundidade ..... 45

## CAPÍTULO 2

**Figura 1** – Estrutura de altura de *Colubrina glandulosa* para o GC (colunas cinzas) e para o GT (colunas pretas) na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, nos anos 2006 (A), 2007 (B), 2008 (C), 2009 (D) e 2010 (E). Classes de altura (1 a 9) respectivamente >0-0,20m; >0,20-0,50m; >0,50-1m; >1-2m; >2-3m; >3-5m; >5-7m; >7-9m; >9m ..... 60

**Figura 2** – Correlogramas de distribuição espacial do número total de indivíduos de *Colubrina glandulosa* nos blocos sem coleta de sementes (GC); nos blocos em que houve coleta (GT) e do número de indivíduos ingressantes no GC (IGC) e no GT (IGT) para seis classes de distância na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Os símbolos preenchidos correspondem a valores

significativos do  $I$  de Moran para  $\alpha=0,05$  (para os correlogramas globalmente significativos), e os símbolos vazios correspondem a valores não significativos ..... 62

**Figura 3** – Mapas de distribuição para os blocos cujos correlogramas foram globalmente significativos (critério de Bonferroni com  $\alpha'= 0,008$ ). A= B3 total de indivíduos; B= B5 total de indivíduos; C= B1 indivíduos ingressantes e D= B6 indivíduos ingressantes. O diâmetro das circunferências é representativo das classes de tamanho ..... 63

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	16
<b>2 METODOLOGIA GERAL</b> .....	21
2.1 Área de estudo .....	21
2.2 Espécie estudada .....	24
2.3 Coleta dos dados .....	25
Referências .....	27
<b>CAPÍTULO 1 – EFEITO DA COLETA DE SEMENTES SOBRE A DEMOGRAFIA DE <i>COLUBRINA GLANDULOSA</i> G. PERKINS (RHAMNACEAE) EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO NO SUL DO BRASIL</b> .....	32
Abstract.....	33
Resumo .....	33
Introdução.....	34
Material e Métodos.....	36
Resultados.....	39
Discussão .....	46
Referências .....	50
<b>CAPÍTULO 2 – EFEITO DA COLETA DE SEMENTES SOBRE AS ESTRUTURAS DE TAMANHO E ESPACIAL DE <i>COLUBRINA GLANDULOSA</i> G. PERKINS (RHAMNACEAE) EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO NO SUL DO BRASIL</b> .....	53
Abstract.....	54
Resumo .....	54
Introdução.....	55
Material e Métodos.....	56
Resultados.....	59
Discussão .....	64
Referências .....	68

<b>CAPÍTULO 3 – EFEITO DA COLETA DE SEMENTES SOBRE A CHUVA DE SEMENTES E O RECRUTAMENTO DE <i>COLUBRINA GLANDULOSA</i> G. PERKINS (RHAMNACEAE) EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO NO SUL DO BRASIL.....</b>	<b>72</b>
Abstract.....	73
Resumo .....	73
Introdução.....	74
Material e Métodos.....	75
Resultados.....	78
Discussão .....	78
Referências .....	81
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A conservação da biodiversidade constitui um dos maiores desafios da atualidade, em função do elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais. A fragmentação florestal, acompanhada da destruição e isolamento de habitat, é considerada uma das principais causas da perda de biodiversidade no planeta (Silva & Pôrto 2009), e é intensificada em ambientes tropicais devido, principalmente, à conversão de florestas em áreas agrícolas e áreas destinadas à pecuária (Laurance & Peres 2006, Estrada-Villegas *et al.* 2010).

A atividade agrícola que se desencadeou no norte do estado do Paraná a partir de 1920, em função da fértil “terra roxa”, trouxe sérias consequências ao ambiente natural: a outrora contínua floresta estacional semidecidual foi rapidamente reduzida a pequenos e esparsos fragmentos florestais (Anjos 1998). Atualmente, estima-se que exista menos de 5% da área total original ocupada por este tipo de floresta no Paraná, representada por fragmentos florestais de diferentes tamanhos distribuídos irregularmente ao longo da área de distribuição da formação (SOS Mata Atlântica/INPE/ISA 1998 *apud* Mikich & Silva, 2001).

Uma vez que o processo de desmatamento, com conseqüente fragmentação florestal, tem levado à extinção de muitas espécies vegetais e animais (Barbosa 2000, Vieira & Gandolfi 2006), a restauração de ecossistemas degradados vem se tornando uma atividade crescente (Rodrigues & Gandolfi 1996). Intervenções nestas áreas degradadas, através de técnicas de manejo, podem acelerar a regeneração, permitir o processo de sucessão e evitar a perda de biodiversidade (Vieira & Gandolfi 2006). O reflorestamento é uma técnica que, segundo Parrota *et al.* (1997), produz um efeito catalítico, pois promove mudanças das condições microclimáticas, aumento da complexidade estrutural da vegetação e desenvolvimento das camadas de serapilheira e húmus durante os primeiros anos do plantio, fazendo com que aumente a atração dos agentes dispersores e a chegada de propágulos na área. Ao mesmo tempo, estas mudanças geram condições propícias à germinação e ao desenvolvimento de espécies de estádios mais avançados da sucessão florestal (Vieira & Gandolfi 2006). Desta forma, muitas espécies arbóreas têm sido exploradas através da coleta de sementes com a finalidade de produzir mudas para reflorestamentos, ou mesmo para utilização das sementes em técnicas como semeadura direta (Cavalheiro *et al.* 2002).

Produtos florestais não-madeireiros (PFNM) compreendem todo material biológico obtido em ecossistemas florestais naturais ou artificiais, exceto a madeira industrial

(Beer & Mcdermott 1989 *apud* Avocèvou-Ayisso *et al.* 2009), e têm sido coletados por populações humanas para subsistência e comercialização durante centenas de anos (Ticktin 2004). Na região tropical, a exploração de PFNM é a principal atividade desenvolvida por populações humanas que vivem em áreas florestais e que dependem desses recursos para alimentação, medicamentos, matéria-prima para construção das casas, ferramentas e equipamentos (Ros-Tonen 2000). Além da utilização de PFNM pelas comunidades humanas locais, muitos desses produtos ganharam espaço no mercado internacional. Estima-se que de 4000 a 6000 espécies de plantas exploradas através da coleta de PFNM tenham importância comercial em todo o planeta (SCBD 2001; Ticktin 2004).

Nas últimas décadas, os PFNM obtidos das plantas, incluindo sementes, frutos, flores, folhas, raízes, cascas, látex, resinas e outras partes da planta, ganharam muita atenção na esfera da conservação (Ticktin 2004). A partir do movimento social dos seringueiros, no Acre, na década de 80, e do surgimento das reservas extrativistas, a coleta de PFNM passou a ser vista como uma maneira de, simultaneamente, combater o desmatamento e melhorar a qualidade de vida das populações humanas que dependem desta atividade para sobrevivência (Ros-Tonen 2000).

Do ponto de vista ecológico, a extração de PFNM é considerada sustentável quando não provoca efeitos deletérios em longo prazo sobre a reprodução e regeneração das populações exploradas, além de não afetar outras espécies da comunidade, nem a estrutura e as funções do ecossistema (Hall & Bawa 1993). Embora seja frequentemente assumido que a coleta de PFNM cause pouco ou nenhum impacto ambiental, a extração de partes não-madeireiras das plantas pode alterar processos biológicos em vários níveis (Ticktin 2004). Por exemplo, a coleta de PFNM pode afetar a fisiologia e as taxas vitais dos indivíduos, provocar mudanças nos padrões demográfico e genético das populações e também alterar processos em nível de comunidade e ecossistema (Ticktin 2004).

A extração de qualquer PFNM pode provocar impactos ecológicos, os quais incluem o decréscimo no estabelecimento de plântulas das espécies exploradas, o comprometimento de populações animais locais e a perda de nutrientes devido à retirada do recurso explorado (Peters 1996, Ros-Tonen 2000). Entretanto, em comparação com a extração de madeira, os impactos causados pela coleta de PFNM são considerados mínimos (Ros-Tonen 2000).

De acordo com Peters (1994), a magnitude do impacto da coleta de PFNM depende da composição florística local, da natureza e intensidade da coleta, da espécie em particular e do tipo de recurso explorado. Porém, como a coleta de PFNM geralmente não

causa alterações drásticas na estrutura florestal e, desta forma, mantêm os serviços florestais e a diversidade biológica, esta prática tem sido promovida como uma estratégia de conservação florestal (Ros-Tonen 2000).

Em razão da acelerada fragmentação das florestas, tornam-se necessários estudos que abordem a sustentabilidade da coleta de PFNM envolvendo espécies utilizadas na restauração de áreas degradadas, pois algumas dessas espécies são amplamente exploradas através da coleta de sementes com a finalidade de produzir mudas para reflorestamentos.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da coleta de sementes sobre a regeneração de *Colubrina glandulosa* G. Perkins, uma espécie arbórea utilizada em reflorestamentos e que é explorada através da coleta de sementes para obtenção de mudas. Para o estudo foram analisadas a demografia, as estruturas de tamanho e espacial, a chuva de sementes e o recrutamento de uma população de *C. glandulosa* em áreas com e sem coleta de sementes de um reflorestamento no sul do Brasil. Estudos que abordam os efeitos da coleta de PFNM sobre a regeneração de populações exploradas têm aumentado, visando subsidiar planos de manejo de coleta (Bernal 1998, Zuidema & Boot 2002, Peres *et al.* 2003, Pulido *et al.* 2007, Ticktin *et al.* 2007, Cotta *et al.* 2008, Wadt *et al.* 2008). Os dados desses estudos podem ser utilizados como ferramentas para a adequação das coletas dos PFNM, propondo sustentabilidade e o limite de extração que garanta a manutenção destas populações (Ticktin *et al.* 2002).

A manutenção da diversidade e da organização das comunidades tropicais pode ser discutida a partir de dados populacionais (Connell *et al.* 1984 *apud* Marques & Joly 2000). Estudos demográficos são necessários para avaliar a natureza e o efeito das forças seletivas que operam dentro e entre espécies (Solbrig 1980). A demografia de plantas é avaliada a partir de mudanças numéricas, contando os indivíduos de uma amostra da população em diferentes períodos, obtendo informações sobre os sobreviventes, as perdas e os ganhos (Sheil *et al.* 1995, Sheil & May 1996). A manutenção de uma espécie é principalmente determinada pelo balanço entre as taxas de natalidade e mortalidade dos indivíduos (Olmsted & Alvarez-Buylla 1995).

As estruturas das populações de plantas resultam da ação de fatores bióticos e abióticos sobre seus membros atuais e ancestrais, que afetam o arranjo espacial e as estruturas etária e genética de seus componentes (Hutchings 1997, Marques & Joly, 2000). Desta forma, a caracterização tanto do ambiente quanto da estrutura de populações de plantas é importante para fornecer informações sobre os fatores que influenciam os processos populacionais e as respostas de uma população às perturbações em determinado local (Harper

1977, Miranda-Melo *et al.* 2007). Esses estudos também permitem avaliar os potenciais de perda e conservação dos recursos naturais em longo prazo (Carvalho *et al.* 2005), fornecendo subsídios necessários ao desenvolvimento de planos de recuperação de áreas degradadas, restauração ambiental e de manejo e conservação de espécies (Ferreira Júnior *et al.* 2007).

Estudos sobre a estrutura de tamanho em populações de plantas têm sido bastante utilizados, pois se acredita que as suas variações no tempo e no espaço reflitam a ação de fatores bióticos e abióticos sobre as taxas de crescimento e mortalidade, bem como de eventos passados de recrutamento (Hutchings, 1997). Segundo Weiner e Solbrig (1984), diferenças de idade, variação genética, heterogeneidade de recursos, competição e efeitos de herbívoros, parasitas ou patógenos são as principais causas de variação de tamanho entre indivíduos de uma população. Recrutamentos episódicos, devido à abertura natural do dossel, também podem desempenhar papel determinante na estrutura populacional de uma espécie em determinada área (Clark & Clark, 1987).

A distribuição espacial de uma população de plantas é dependente de fatores bióticos como dispersão de sementes, probabilidade de sobrevivência (Janzen 1970), densidade de indivíduos reprodutivos e interações intra e interespecíficas (Henriques & Sousa 1989; Oliveira *et al.* 1989), e fatores abióticos, como luminosidade, temperatura, umidade do ar e do solo e concentração de nutrientes (Silva 1991). O padrão espacial de uma espécie pode variar dependendo da escala. Em escalas maiores, as espécies tendem a apresentar um padrão agregado, decorrente da heterogeneidade espacial das condições ambientais adequadas para o estabelecimento e a manutenção das populações (Lieberman & Lieberman 1994). Por outro lado, dentro de uma comunidade, a distribuição espacial dos indivíduos de uma espécie pode ser aleatória, regular ou apresentar diferentes graus de agregação, dependendo da escala de medida, podendo assim fornecer informações sobre as interações, como competição intra e interespecífica, e sobre a dinâmica populacional (Forget *et al.* 1999).

O sucesso na perpetuação e dinâmica de uma comunidade vegetal depende do constante aporte de propágulos, que ocorre através da chuva de sementes. Este processo é um dos indicadores do potencial e do estágio de regeneração de áreas degradadas (Guevara & Gomez-Pompa 1972, Hopkins & Graham 1983).

As sementes dispersadas abaixo ou próximo de sua fonte são denominadas sementes locais (autóctones) e representam um potencial de auto-regeneração, ocasionando a manutenção da composição florística e genética da população local. Já os propágulos provenientes de espécies de outros locais (alóctones), que alcançam a área por intermédio de algum agente dispersor, representam um potencial de aumento da biodiversidade e

variabilidade genética de uma população (Matinez-Ramos & Soto-Castro 1993, Grombone-Guaratini & Rodrigues 2002).

Estudos que avaliam a chuva de sementes podem fornecer informações a respeito da abundância, distribuição espacial, densidade e riqueza de espécies de um determinado local (Grombone-Guaratini & Rodrigues 2002), além de contribuírem para a compreensão dos processos reprodutivos e da dinâmica florestal (Harper 1977, Hofgaard 1993, Marimon & Felfili 2006). Após distúrbios de grande intensidade, que eliminam o potencial florístico local, o processo de recuperação natural é determinado, principalmente, através da chuva de sementes e do estoque de sementes do solo (Uhl *et al.* 1982, Pinard *et al.* 2000, Guedes *et al.* 2005).

Considerando que conhecimentos sobre a demografia, estruturas de tamanho e espacial e sobre a chuva de sementes e o recrutamento sejam fundamentais para compreender o processo de regeneração de espécies arbóreas e que a coleta de sementes pode causar variações nesse processo, a hipótese geral do estudo é: áreas com coleta de sementes apresentam decréscimo na regeneração de *C. glandulosa*.

## 2 METODOLOGIA GERAL

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), localizado no município de Londrina, Paraná, sul do Brasil (23°27' S e 51°15' W – centro de visitantes), possui 680 ha e abrange, em sua maioria, floresta estacional semidecidual circundada por terras cultivadas, pastagens, áreas de floresta secundária e reflorestamento (Bianchini *et al.* 2003). O PEMG apresenta relevo suave na porção norte e colinas paralelas com declive moderado na porção sul, onde se limita com o Ribeirão dos Apertados, único curso de água permanente (Soares-Silva & Barroso 1992). Sua altitude varia de 600 m, na porção norte, a 500 m, na porção sul (Bianchini *et al.* 2003). A porção norte apresenta latossolo roxo eutrófico, profundo e bem drenado, enquanto na porção sul ocorre o latossolo roxo hidromorfizado na base (Bianchini *et al.* 2006).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa – clima subtropical úmido (Bianchini *et al.* 2003). A precipitação média anual é de 1.613 mm, sendo o verão (dezembro-fevereiro) caracterizado por maior pluviosidade quando comparado ao inverno (junho-agosto). A temperatura média anual é de 20,9°C. O mês de janeiro é o mais quente do ano (média de 23,8°C) e o mês de junho é o mais frio (média de 16,6°C), podendo ocorrer geadas entre maio e setembro (Bianchini *et al.* 2006).

O estudo foi realizado em um reflorestamento denominado Projeto Madeira, implantado em 1989, em duas áreas de 20 ha contíguas à floresta nativa do PEMG, situadas na porção norte (Figura 1). As espécies utilizadas neste reflorestamento foram sobrasil (*Colubrina glandulosa* G. Perkins), louro pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.), canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), gurucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan) e peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.) (Vicente 2006). O objetivo do Projeto Madeira era avaliar o potencial madeireiro de espécies arbóreas nativas da floresta estacional semidecidual da região, além de servir de modelo para os agricultores, incentivando-os a utilizar árvores nativas no reflorestamento de áreas de Reserva Legal.

**Figura 1** – Fragmento Florestal do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Imagem de satélite com indicativo (retângulo amarelo) da localização da área de reflorestamento estudada (R).



A área encontra-se em processo de regeneração e os indivíduos formam uma cobertura vegetal heterogênea (Figura 2A), ora apresentando grandes clareiras, com o substrato coberto por capim coloniã (*Panicum maximum* Jacq.) (Figura 2B), ora apresentando o dossel mais fechado, podendo-se observar regenerantes de várias espécies (Figura 2C) (Cunha 2006).

**Figura 2** – Cobertura vegetal heterogênea (A), área com clareiras e substrato coberto por capim colônia (*Panicum maximum*) (B) e área com dossel mais fechado (C) do reflorestamento Projeto Madeira, no Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), Londrina, PR, Brasil.



**Fonte:** Ana Paula Liboni e Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas da Universidade Estadual de Londrina.

## 2.2 ESPÉCIE ESTUDADA

*Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) é uma espécie arbórea que alcança de 10 a 20 m de altura e até 60 cm de diâmetro (Figura 3A). É heliófita, seletiva higrófila e decídua durante a estação seca, com brotamento no início da estação chuvosa (Lorenzi 2008). Suas folhas são simples, alternas dísticas, com glândulas no limbo, elípticas ou elípticas-ovaladas, com ápice agudo, margens inteiras, bases arredondadas a levemente cordadas. Possui flores amarelo-esverdeadas visitadas por insetos. O fruto é uma cápsula trilocular verde tornando-se marrom escuro ao maturar (Figura 3B) (Lorenzi 2008).

**Figura 3** – Indivíduo adulto (A), frutos (B) e sementes (C) de *Colubrina glandulosa*.



Fonte: Ana Paula Liboni (A e B) e Lorenzi (2008) (C).

As sementes possuem testa preta lisa e brilhante, pequena carúncula, e são dispersas pela explosão dos frutos e também por animais (Figura 3C) (Carvalho 2003). No PEMG, esta espécie apresenta floração durante a estação úmida, de janeiro a março. A

frutificação ocorre no final da estação seca e no período de transição entre a estação seca e chuvosa, com maior intensidade de julho a setembro (Perina 2008).

Para cultivo, as sementes devem passar pelo processo de escarificação antes de serem colocadas para germinar (Albuquerque *et al.* 1998). Em campo, o tempo para germinação das sementes é de 20 a 30 dias (Lorenzi 2008). Não há estudos que comprovem que a espécie *C. glandulosa* forma banco de sementes, porém suas sementes possuem um tegumento muito rígido, que impede a entrada de água e garante a viabilidade por períodos longos de tempo (Cavalheiro *et al.* 2007).

Esta espécie ocorre do Ceará ao Rio Grande do Sul na floresta ombrófila densa da Mata Atlântica, e em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo e Paraná, na floresta estacional semidecidual, principalmente em florestas secundárias. Sua madeira é densa (0,92 g/cm<sup>3</sup>) e de textura mediana, utilizada para obras de exteriores como estacas, postes, dormentes e pontes (Lorenzi 2008). A espécie apresenta crescimento rápido (Silva & Soares-Silva 2000), com grande potencial para reflorestamento em áreas com solos degradados. Reitz *et al.* (1978) comentam que esta é uma das poucas espécies nativas com potencial para reflorestamento homogêneo, ou associado a outras espécies pioneiras que desempenham ecologicamente o mesmo papel nas florestas secundárias.

Na área de reflorestamento do Projeto Madeira, está sendo realizada a coleta de sementes de *C. glandulosa* desde 2006, com o objetivo de produzir mudas para o viveiro do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas da Universidade Estadual de Londrina.

### 2.3 COLETA DOS DADOS

Foram demarcadas 54 parcelas de 100m<sup>2</sup> (10m x 10m) na área de reflorestamento, divididas em seis grupos quadrados (blocos) de nove parcelas cada um.

Os blocos 1, 2 e 3 não sofreram coleta de sementes e estes foram denominados conjuntamente de grupo controle (GC) enquanto os blocos 4, 5 e 6 tiveram as sementes coletadas e foram denominados conjuntamente de grupo tratamento (GT). Cerca de 80% das sementes de todos os indivíduos reprodutivos de *C. glandulosa* do GT foram coletadas (totalizando quatro indivíduos) antes do período de dispersão das sementes (ago/2006, ago/2008 e ago/2009).

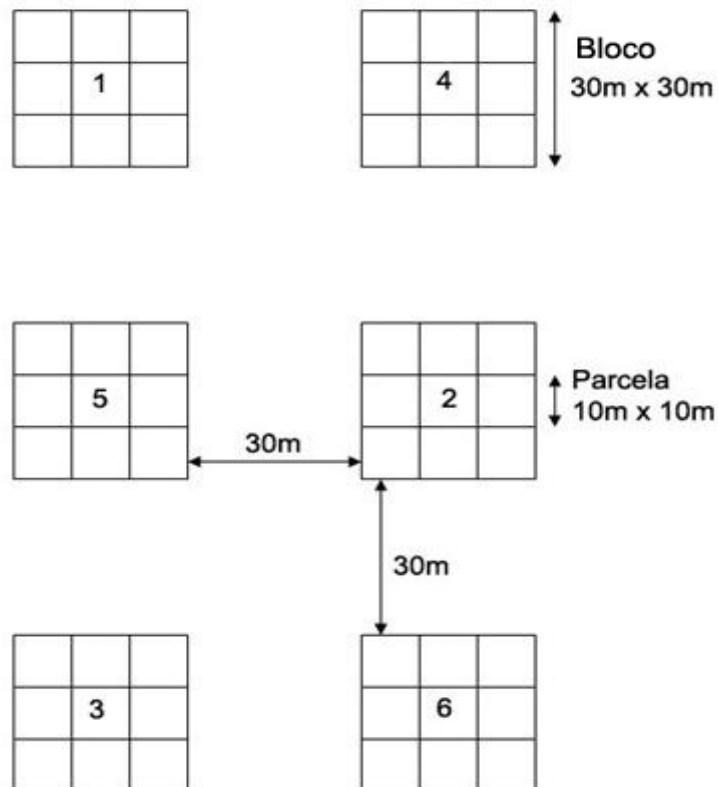
Os blocos foram dispostos de forma que aqueles que sofreram coleta de sementes ficassem intercalados com os blocos sem coleta. A fim de minimizar a interferência

da chuva de sementes de blocos vizinhos, os blocos foram afastados uns dos outros por uma distância de 30 metros (Figura 4).

A coleta de cerca de 80% das sementes foi estabelecida por caracterizar um nível de coleta intenso (Bernal 1998, Zuidema & Boot 2002). No momento da coleta, este nível foi estimado visualmente a partir da quantidade de sementes presente na copa de cada indivíduo reprodutivo do GT.

A coleta foi realizada utilizando-se podão e escada de alumínio. Como a reprodução foi muito baixa em 2007, não houve coleta de sementes neste ano.

**Figura 4** – Esquema da distribuição das parcelas e dos grupos de parcelas na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. O grupo controle (GC) é constituído pelos blocos 1, 2 e 3, enquanto o grupo tratamento (GT) é constituído pelos blocos 4, 5 e 6.



## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M.C.F., RODRIGUES, T.J.D., MINOHARA, L., TEBALDI, N.D. & SILVA, L.M.M. 1998. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de saguaraji (*Colubrina glandulosa* Perk. – RHAMNACEAE) Revista Brasileira de Sementes 20 (2): 108-111.
- ANJOS, L. 1998. Conseqüências biológicas da fragmentação no norte do Paraná. Série Técnica IPEF, 12 (32): 87-94.
- AVOCÈVOU-AYISSO, C., SINSIN, B., ADÉGBIDI, A., DOSSOU, G. & DAMME, P.V. 2009. Sustainable use of non-timber forest products: impact of fruit harvesting of *Pantadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin. Forest Ecology and Management 257: 1930-1938.
- BARBOSA, L.M. 2000. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In Matas Ciliares: conservação e recuperação (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.). Edusp/Fapesp, São Paulo, p.289-312.
- BERNAL, R. 1998. Demography of vegetable ivory palm *Phytelephas seemannii* in Colombia and the impact of seed harvesting. Journal of Applied Ecology 35: 64-74.
- BIANCHINI, E., PIMENTA, J.A. & SANTOS, F.A.M. 2006. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. Revista Brasileira de Botânica 29 (4): 595-602.
- BIANCHINI, E., POPOLO, R.S, DIAS, M.C. & PIMENTA, J.A. 2003. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, Sul do Brasil. Acta Botanica Brasilica 17 (3): 405-419.
- CARVALHO, D.A., OLIVEIRA-FILHO, A.T., BERG, E., FONTES, M.A.L., VILELA, E.A., MELO MARQUES, J.J.G.S.E. & CARVALHO, W.A.C. 2005. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margem do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. Acta Botanica Brasilica 19 (1): 91-109.
- CARVALHO, P.E.R. 2003. Espécies arbóreas brasileiras. Embrapa, Brasília.
- CAVALHEIRO, A.L., PIMENTA, J.A. & TOREZAN, J.M.D. 2007. Effect of some physical and chemical treatments on germination of *Colubrina glandulosa* seeds. Seed Science and Technology 35 (3): 744-748.
- CAVALHEIRO, A.L., TOREZAN, J.M.D. & FACELLI, L. 2002. Recuperação de áreas degradadas: procurando por diversidade e funcionamento dos ecossistemas. In A bacia do rio Tibagi (M.E. Medri, E. Bianchini, O.A. Shibata & J.A. Pimenta, eds.). UEL, Londrina, p.213-222.
- CLARK, D.B. & CLARK, D.A. 1987. Population ecology and microhabitat distribution of *Dipteryx panamensis*, a neotropical rain forest emergent tree. Biotropica 9: 236-244.
- COTTA, J.N., KAINER, K.A., WADT, L.H.O. & STAUDHAMMER, C.L. 2008. Shifting cultivation effects on Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) regeneration. Forest Ecology and Management 256: 28-35.

- CUNHA, C.C. 2006. Chuva de sementes em área reflorestada do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- ESTRADA-VILLEGAS, S., MEYER, C.F.J. & KALKO, E.K.V. 2010. Effects of tropical forest fragmentation on aerial insectivorous bats in a land-bridge island system. *Biological Conservation* 143: 597-608.
- FERREIRA JR, W.G., SILVA A. F., MEIRA NETO, J.A.A., SCHAEFER, C.E.G.R., DIAS, A.S., IGNÁCIO, M. & MEDEIROS, M.C.M.P. 2007. Composição florística da vegetação arbórea de um trecho de floresta estacional semidecídua em Viçosa, Minas Gerais, e espécies de maior ocorrência na região. *Revista Árvore* 31 (6): 1121-1130.
- FORGET, P.M., MERCIER, F. & COLLINET, F. 1999. Spatial patterns of two rodent-dispersed rain forest trees *Carapa procera* (Meliaceae) and *Vouacapoua americana* (Caesalpinaceae) at Paracou, French guiana. *Journal of Tropical Ecology* 15: 301-313.
- GROMBONE-GUARATINI, M.T. & RODRIGUES, R.R. 2002. Seed bank and seed rain of a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 18: 759-774.
- GUEDES, D., BARBOSA, L.M., MARTINS, S.E. & BARBOSA, J.M. 2005. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de fragmentos de floresta de restinga no município de Bertoga-SP. *Revista do Instituto Florestal* 17 (2): 143-150.
- GUEVARA, S. & GOMEZ-POMPA, A. 1972. Seeds from surface soil in a tropical region of Veracruz, México. *Journal of Arnold Arboretum* 53: 312-335.
- HARPER, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London.
- HALL, P. & BAWA, K. 1993. Methods to assess the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant populations. *Economic Botany* 47 (3): 234-247.
- HENRIQUES, R.P.B. & SOUSA, E.C.E.G. 1989. Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in northeastern Brazil. *Biotropica* 21: 204-209.
- HOFGAARD, A. 1993. Seed rain quantity and quality, 1984-1992, in a high altitude old-growth spruce forest, northern Sweden. *New Phytologist* 125: 635-640.
- HOPKINS, M.S. & GRAHAM, A.W. 1983. The species composition of soil seed banks beneath lowland tropical rainforest in North Queensland, Australia. *Biotropica* 14: 62-68.
- HUTCHINGS, M.J. 1997. The structure of plant populations. *In* Plant ecology (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Science, Oxford, p.325-358.
- JANZEN, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist* 104: 501-526.
- LAURANCE, W.F. & PERES, C.A. 2006. Emerging threats to tropical forests. The University of Chicago Press, Chicago.

- LIEBERMAN, M. & LIEBERMAN, D. 1994. Patterns of density and dispersion of forest trees. *In* La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest. (L.A. McDade, K.S. Bawa, H.A. Hopenheide & G.S. Hartshorn, eds.). The University of Chicago Press, Chicago, p. 90-105.
- LORENZI, H. 2008. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 1, 5.ed. Plantarum, São Paulo.
- MARIMON, B.S. & FELFILI, J.M. 2006. Chuva de sementes em uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. e em uma floresta mista adjacente no Vale do Araguaia, MT, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20 (2): 423-432.
- MARQUES, M.C.M. & JOLY, C.A. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23 (1): 107-112.
- MARTINEZ-RAMOS, M. & SOTO-CASTRO, A. 1993. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. *Vegetatio* 108: 299-318.
- MIKICH, S.B. & SILVA, S.M. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de floresta estacional semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 15 (1): 89-113.
- MIRANDA-MELO, A.A., MARTINS, F.R. & SANTOS, F.A.M. 2007. Estrutura populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e de *Roupala montana* Aubl. em fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 30 (3): 501-507.
- OLIVEIRA, P.E.A.M., RIBEIRO, J.F. & GONZALES, M.I. 1989. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Kielmeyera coriacea* Mart. de cerrados de Brasília. *Revista Brasileira de Botânica* 12: 39-47.
- OLMSTED, I. & ALVAREZ-BUYLLA, E. 1995. Sustainable harvesting of tropical trees: demography and matrix models of two palm species in Mexico. *Ecological Applications* 5: 484-500.
- PARROTA, J.A., TURNBULL, J.W. & JONES, N. 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99: 1-7.
- PERES, C.A., BAIDER, C., ZUIDEMA, P.A., WADT, L.H.O., KAINER, K.A., GOMES-SILVA, D.A.P., SALOMÃO, R.P., SIMÕES, L.L., FRANCIOSI, E.R.N., VALVERDE, F.C., GRIBEL, R., SHEPARD JR, G.H., KANASHIRO, M., COVENTURY, P., YU, D.W., WATKINSON, A.R. & FRECKLETON, R.P. 2003. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science* 302: 2112-2114.
- PERINA, B.B. 2008. Fenologia de espécies arbóreas anemo e autocóricas da floresta estacional semidecidual do sul do Brasil. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- PETERS, C.M. 1994. Sustainable harvest of non-timber plants resources in tropical moist forest: an ecological primer. The Biodiversity Support Program, Washington, DC.

- PETERS, C.M. 1996. The ecology and management of non-timber forest resources. World Bank Technical Paper, The World Bank, Washington, DC.
- PINARD, M.A., BAKER, M.G. & TAY, J. 2000. Soil disturbance and post-logging forest recovery on bulldozer paths in Sabah, Malaysia. *Forest Ecology and Management* 130: 213-225.
- PULIDO, M.T., VALVERDE, T. & CABALLERO, J. 2007. Variation in the population dynamics of the palm *Sabal yapa* in a landscape shaped by shifting cultivation in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 23: 139-149.
- REITZ, R., KLEIN, M. & REIS, A. 1978. Projeto Madeira de Santa Catarina. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí.
- RODRIGUES, R.R. & GANDOLFI, S. 1996. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental* 2: 4-15.
- ROS-TONEN, M.A.F. 2000. The role of non-timber forest products in sustainable tropical forest management. *Holz als Roh – und Werkstoff* 58: 196-201.
- SCBD 2001. Sustainable management of non-timber forest resources. CBD Technical Series 6. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- SHEIL, D. & MAY, R.M. 1996. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. *Journal of Ecology* 84: 91-100.
- SHEIL, D., BURSLEM, D.F.R.P. & ALDER, D. 1995. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. *Journal of Ecology* 83: 331-333.
- SILVA, D.M. 1991. Estrutura de tamanho e padrão espacial de uma população de *Euterpe edulis* (Arecaceae) em mata mesófila semidecídua no município de Campinas, SP. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SILVA, F.C. & SOARES-SILVA, L.H.S. 2000. Arboreal flora of the Godoy Forest State Park, Londrina, Pr, Brasil. *Endinburgh Journal of Botany* 97: 265-276.
- SILVA, M.P.P. & PÔRTO, K.C. 2009. Effect of fragmentation on the community structure of epixylic bryophytes in Atlantic Forest remnants in the Northeast of Brazil. *Biodiversity and Conservation* 18: 317-337.
- SOARES-SILVA, L.H. & BARROSO, G.M. 1992. Fitossociologia de estrato arbóreo da floresta na porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina-Pr., Brasil. *In Anais do 8º Congresso Sociedade Botânica de São Paulo*, São Paulo, p. 101-112.
- SOLBRIG, O.T. 1980. Demography and natural selection. *In Demography and evolution in plant populations.* (O.T. Solbrig, ed.) Blackwell Science Publications, Oxford, p. 1-20.
- TICKTIN, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology* 41: 11-21.

- TICKTIN, T., FRAIOLA, H. & WHITEHEAD, A.N. 2007. Non-timber forest product in alien-dominated forests: effects of frond-harvest and rainfall on the demography of two native Hawaiian ferns. *Biodiversity Conservation* 16: 1633-1651.
- TICKTIN, T., NANTEL, P., RAMIREZ, F. & JOHNS, T. 2002. Effects of variation on harvest limits for non-timber forest species in Mexico. *Conservation Biology* 16 (3): 691-705.
- UHL, C., CLARK, H. & CLARK, K. 1982. Successional patterns associated with slash-and-burn agriculture in the upper Rio Negro region of Amazon Basin. *Biotropica*, 14 (4): 249-254.
- VICENTE, R.F. 2006. O Parque Estadual Mata dos Godoy. *In* *Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy*. (J.M.D. Torezan, org.). Itedes, Londrina, p.13-18.
- VIEIRA, D.C.M. & GANDOLFI, S. 2006. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. *Revista Brasileira de Botânica* 29 (4): 541-554.
- WADT, L.H.O., KAINER, K.A., STAUDHAMMER, C.L. & SERRANO, R.O.P. 2008. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserves: natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. *Biological Conservation* 141: 332-346.
- WEINER, J. & SOLBRIG, O.T. 1984. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. *Oecologia* 61: 334-336.
- ZUIDEMA, P.A & BOOT, R.G.A. 2002. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *Journal of Tropical Ecology* 18: 1-31.

## **CAPÍTULO 1**

**EFEITO DA COLETA DE SEMENTES SOBRE A DEMOGRAFIA DE *COLUBRINA GLANDULOSA* G. PERKINS (RHAMNACEAE) EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO NO SUL DO BRASIL**

**Abstract**

(Seed extraction effect on demography of *Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) in reforested area in south Brazil). The aim of the study was to evaluate the seed extraction effect on demography of *C. glandulosa*, a tree species exploited by seed extraction to produce seedlings used in reforestation. Fifty four plots of 100m<sup>2</sup> (10m x 10m), divided into six blocks of nine plots each, were set in a reforested area of Godoy Forest State Park, 23°27' S and 51°15' W (visitor center), Londrina, Paraná, Brazil. The control group (CG) remained without seed extraction while the treatment group (TG) had about 80% of the seeds extracted from all *C. glandulosa* reproductive individuals before the seed dispersal period. Individuals of *C. glandulosa* were identified and mapped in the plots and had the height measured at each conducted sampling (2006, 2007, 2008, 2009 and 2010). They were divided into nine height classes and demographic variations in CG and TG were verified using matrices model, to estimate the finite population growth rate ( $\lambda$ ). The  $\lambda$  value of CG indicated population growth, while the  $\lambda$  value of TG indicated that the population is stable. According to elasticity analysis, the survivorship and stasis of adults showed higher elasticity in both treatments, suggesting that management measures should be taken to ensure the survival of adults in the area. LTRE (life-table-response-experiment) suggested that fecundity and growth rates are also important to explain demographic differences between CG and TG. Results indicated that extraction level of 80% of the seeds may compromise *C. glandulosa* regeneration in the long term.

**Keywords:** Population dynamics. Matrix population model. LTRE. Non-timber forest products. Reforestation.

**Resumo**

(Efeito da coleta de sementes sobre a demografia de *Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) em área de reflorestamento no sul do Brasil). O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da coleta de sementes sobre a demografia de *C. glandulosa*, uma espécie arbórea explorada através da coleta de sementes com a finalidade de produzir mudas utilizadas em reflorestamentos. Foram estabelecidas 54 parcelas de 100m<sup>2</sup> (10m x 10m), divididas em seis blocos de nove parcelas cada um, na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, 23°27' S e 51°15' W (centro de visitantes), Londrina, Paraná, Brasil. No grupo controle (GC) não houve coleta enquanto no grupo tratamento (GT) foram coletadas cerca de 80% das sementes de todos os indivíduos reprodutivos de *C. glandulosa* antes do período de dispersão das sementes. Todos os indivíduos de *C. glandulosa* foram identificados e mapeados nas parcelas, e tiveram a altura medida em cada amostragem realizada (2006, 2007, 2008, 2009 e 2010). Os indivíduos foram distribuídos em nove classes de altura e as variações demográficas no GC e no GT foram verificadas utilizando-se o modelo de matrizes a fim de estimar a taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ). O  $\lambda$  do GC indicou crescimento populacional, enquanto no GT o  $\lambda$  indicou equilíbrio populacional. Análises de elasticidade indicaram que a permanência dos indivíduos na última classe de altura apresentou maior elasticidade nos dois tratamentos, sugerindo que as medidas de

manejo devem ser destinadas a garantir a sobrevivência desses indivíduos na área. O LTRE (life-table-response-experiment) indicou que a fecundidade e o crescimento também são processos demográficos importantes para explicar as diferenças demográficas entre os tratamentos. Os resultados indicaram que o nível de coleta de 80% das sementes pode comprometer a regeneração da população de *C. glandulosa* em longo prazo.

**Palavras-chave:** Dinâmica populacional. Modelo matricial de populações. LTRE. Produtos florestais não-madeireiros. Reflorestamento.

## Introdução

A exploração de produtos florestais não-madeireiros (PFNM) tem sido promovida nas últimas décadas como uma atividade de baixo impacto para as florestas tropicais (Bernal 1998, Ros-Tonen 2000, Ticktin *et al.* 2002, Endress *et al.* 2004, Cotta *et al.* 2008, Wadt *et al.* 2008) por apresentar menor efeito sobre os processos dos ecossistemas em comparação com práticas de extração de madeira e conversão de florestas (Ros-Tonen 2000). Além disso, serve como fonte de renda, alimento e medicamento para milhares de pessoas em todo o planeta (Endress *et al.* 2004, Ticktin *et al.* 2007).

A coleta de PFNM pode causar variações na demografia das populações exploradas (Ticktin 2004), ou seja, flutuações espaço-temporais nas taxas vitais das populações como sobrevivência, fecundidade e recrutamento, as quais influenciam diferentemente a taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) (Caswell 2001, Kouassi *et al.* 2008). Os modelos matriciais são muito utilizados em estudos demográficos que envolvem espécies vegetais exploradas através da coleta de PFNM (Bernal 1998, Zuidema & Boot 2002, Endress *et al.* 2004, Escalante *et al.* 2004, Pulido *et al.* 2007, Kouassi *et al.* 2008). Estes modelos permitem comparar a demografia de diferentes populações ou espécies, estimar os efeitos da coleta sobre os parâmetros demográficos, avaliar a importância relativa dos processos demográficos para o crescimento populacional e projetar o comportamento numérico de uma população para o futuro (Caswell 2001, Endress *et al.* 2004). Entretanto, o modelo matricial tradicional, determinístico, não considera efeitos dependentes da densidade nem as variações ambientais periódicas ou estocásticas (Caswell 2001, Pulido *et al.* 2007), desta forma, faz uma previsão do que vai acontecer com a população no futuro se as condições permanecerem as mesmas (Caswell 2001).

O efeito das variações nas taxas vitais sobre a demografia das populações também pode ser avaliado através das análises de perturbações, com abordagem prospectiva e retrospectiva (Caswell 2000, Pulido *et al.* 2007). A análise prospectiva (sensibilidade e

elasticidade) avalia como potenciais mudanças nas taxas vitais podem afetar o  $\lambda$ , enquanto a análise retrospectiva (life-table-response-experiment, LTRE) quantifica a contribuição da variação atual das diferentes taxas vitais para as variações no  $\lambda$  (Caswell 2000, Pulido *et al.* 2007, Kouassi *et al.* 2008). A análise prospectiva projeta as conseqüências de mudanças nas taxas vitais para o futuro, por isso se tornou uma ferramenta importante para a biologia da conservação (Caswell 2000). A sensibilidade e elasticidade são utilizadas para determinar quais estádios do ciclo de vida (por exemplo, juvenis ou adultos) ou taxas demográficas (por exemplo, sobrevivência ou fecundidade) são mais vulneráveis e devem ser os principais alvos de estratégias que visam reverter o declínio de uma população ameaçada (Caswell 2000, Portela *et al.* 2010).

Grande parte dos estudos que abordam os efeitos da coleta de PFNM sobre a demografia das espécies exploradas é realizada com espécies que fornecem recursos comercialmente importantes, como a castanha-do-Brasil (Zuidema & Boot 2002, Peres *et al.* 2003), ou recursos utilizados como matéria-prima pelas comunidades humanas locais, como é caso do ratã (Kouassi *et al.* 2008) e das folhas de diversas espécies de palmeiras (Pulido *et al.* 2007). Porém, não há estudos destinados a descrever a demografia de espécies utilizadas em técnicas de restauração, que são exploradas através da coleta de sementes. Em razão da crescente taxa de desmatamento das florestas tropicais em todo o planeta (Melo *et al.* 2010), a restauração de áreas degradadas tem se tornado uma atividade de extrema importância para a conservação da biodiversidade. Desta forma, muitas espécies arbóreas são exploradas através da coleta de sementes com a finalidade de produzir mudas para reflorestamentos, ou mesmo para utilização das sementes em técnicas como semeadura direta (Cavalheiro *et al.* 2002).

Conhecer como a demografia dessas espécies varia em resposta a diferentes condições de manejo, como áreas com e sem coleta de sementes, ajuda a elucidar o processo de regeneração, além de ser fundamental para o desenvolvimento de estratégias voltadas para o uso sustentável dos PFNM e para a manutenção das populações exploradas (Pulido *et al.* 2007, Sánchez-Velásquez & Pineda-López 2010).

*Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) é uma das espécies arbóreas que foi utilizada no reflorestamento Projeto Madeira, em uma área contígua à floresta nativa do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, sul do Brasil. Neste reflorestamento têm sido realizadas coletas de sementes desta espécie, com a finalidade de produzir mudas para o viveiro do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas da Universidade Estadual de Londrina.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da coleta de sementes sobre a demografia de *C. glandulosa*, comparando áreas com e sem coleta de sementes, a fim de responder as seguintes questões: (1) Existem variações demográficas na população de *C. glandulosa* entre a área com coleta de sementes e a área sem coleta de sementes? (2) Qual é o parâmetro demográfico que mais contribui para a o valor da taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) nas áreas com e sem coleta de sementes? (3) Quais parâmetros demográficos mais contribuem para as diferenças do  $\lambda$  entre estas áreas?

Espera-se que os resultados permitam compreender como a coleta de sementes afeta a demografia da população de *C. glandulosa* na área de reflorestamento a fim de contribuir para o manejo sustentável deste PFNM.

## Material e Métodos

O Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) (23°27' S e 51°15' W – centro de visitantes) possui 680 ha e abrange, em sua maioria, floresta estacional semidecidual circundada por terras cultivadas, pastagens, áreas de floresta secundária e reflorestamento (Bianchini *et al.* 2003).

O presente estudo foi realizado no reflorestamento denominado Projeto Madeira, implantado em 1989, em duas áreas de 20 ha contíguas à floresta nativa do PEMG, situadas na porção norte. A espécie *C. glandulosa*, popularmente conhecida como sobrasil/saguaraji, é decídua, heliófita e seletiva higrófito (Lorenzi 2008), e apresenta rápido desenvolvimento (Silva & Soares-Silva 2000) com grande potencial para reflorestamento em áreas com solos degradados. Esta foi umas das espécies utilizadas no reflorestamento Projeto Madeira, juntamente com louro pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.), canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), gurucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan) e peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.) (Vicente 2006).

Foram demarcadas 54 parcelas de 100m<sup>2</sup> (10m x 10m) na área de reflorestamento, divididas em seis grupos quadrados (blocos) de nove parcelas cada um. Os blocos 1, 2 e 3 não sofreram coleta de sementes e estes foram denominados conjuntamente de grupo controle (GC) enquanto os blocos 4, 5 e 6 tiveram as sementes coletadas e foram denominados conjuntamente de grupo tratamento (GT). Cerca de 80% das sementes de todos os indivíduos reprodutivos de *C. glandulosa* do GT foram coletadas (totalizando quatro indivíduos) antes do período de dispersão das sementes (ago/2006, ago/2008 e ago/2009).

Os blocos foram dispostos de forma que aqueles que sofreram coleta de sementes ficassem intercalados com os blocos sem coleta. A fim de minimizar a interferência da chuva de sementes de blocos vizinhos os blocos foram afastados uns dos outros por uma distância de 30 metros.

A extração de cerca de 80% das sementes foi estabelecida por caracterizar um nível de coleta intenso (Bernal 1998, Zuidema & Boot 2002). No momento da coleta, este nível foi estimado visualmente a partir da quantidade de sementes presente na copa de cada indivíduo reprodutivo do GT. A coleta foi realizada utilizando-se escada de alumínio e podão. Como a reprodução foi muito baixa em 2007, não houve coleta de sementes neste ano.

Para o estudo demográfico todos os indivíduos de *C. glandulosa* das parcelas foram identificados com uma plaqueta metálica numerada, e mapeados (através das coordenadas x e y de cada parcela) em abril de 2006, quatro meses antes da primeira coleta de sementes. De cada indivíduo foi medida a altura, utilizando fita métrica ou trena laser. Foram realizadas outras quatro amostragens (jul/2007, jul/2008, jul/2009 e jul/2010), quando se registraram os indivíduos que morreram e os indivíduos ingressantes foram amostrados e medidos.

Os indivíduos de *C. glandulosa* foram distribuídos em nove classes de altura (>0-0,20m, >0,20-0,50m, >0,50-1m, >1-2m, >2-3m, >3-5m, >5-7m, >7-9m, >9m). A determinação do número de classes foi feita de acordo com a regra de Sturges (Sturges, 1926)  $k = 1 + 3,322(\log n)$ , onde n é o número de indivíduos. A amplitude das classes foi determinada conforme as características da espécie.

Considerando a subdivisão de classes de altura adotada, a taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) foi calculada para o GC e para o GT utilizando-se o modelo de matrizes (Caswell 2001)

$n(t+1) = A.n(t)$  onde n é um vetor coluna cujos elementos  $n^i$  são os números de indivíduos em cada categoria no tempo t ou t + 1, e A representa a matriz quadrada com a probabilidade de transição entre as classes de altura (matriz de transição).

As variações demográficas para *C. glandulosa* referentes aos GC e ao GT foram utilizadas na construção de matrizes de transição para os períodos 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 e 2009-2010. A partir destas matrizes foi construída uma matriz de transição média para o GC e outra para o GT, para as quais foi calculado o valor de  $\lambda$ .

Nas matrizes, cada elemento  $a_{ij}$  representa a probabilidade de transição da categoria j para a categoria i no período de um ano. Os elementos na primeira linha representam a contribuição de cada categoria j para a categoria >0-0,20m de altura, que no

caso dos adultos foi estimada pela divisão do número de indivíduos da primeira classe de altura (ingressantes) pela quantidade de indivíduos na última classe de altura (fecundidade). Os elementos na diagonal principal ( $a_{ij}$ , com  $i=j$ ) representam a probabilidade de permanência na mesma classe de altura, enquanto os elementos na subdiagonal representam a probabilidade de transição de uma classe de altura para a próxima (crescimento). O restante das entradas  $a_{ij}$  representam transição de uma classe de altura para a anterior, devido à quebra, que constituem os elementos acima da diagonal principal (Olmsted & Alvarez-Buylla 1995). Valores de  $\lambda < 1$  indicam declínio populacional,  $\lambda > 1$  indicam crescimento populacional e  $\lambda = 1$  indicam equilíbrio populacional (Caswell 2001).

O intervalo de confiança foi calculado para o  $\lambda$  da matriz média do GC e do GT através do método de Monte Carlo (Caswell 2001, Pulido *et al.* 2007) apropriado para casos em que a distribuição da variável (no caso,  $\lambda$ ) é desconhecida, mas pode ser inferida através da distribuição das taxas vitais. Através das simulações do método de Monte Carlo foram obtidos 1000  $\lambda$  para cada matriz de transição e o desvio padrão foi calculado assumindo uma distribuição normal; o intervalo de confiança de 95% foi considerado como o dobro do desvio padrão (Pulido *et al.* 2007).

Foi utilizado o teste G para comparar a estrutura de altura estável projetada pelo modelo com a estrutura de altura observada (obtida através da média das frequências de indivíduos em cada classe de altura para o período estudado) para o GC e para o GT. Também foram realizadas análises de perturbação prospectiva (elasticidade) a fim de verificar como mudanças proporcionais nos elementos das matrizes afetam as taxas de crescimento populacionais (Caswell 2000, Caswell 2001).

Adicionalmente, foi utilizada a análise de perturbação retrospectiva, o LTRE (life-table-response-experiment), para identificar quais elementos da matriz contribuem de forma mais significativa para as variações no  $\lambda$  em cada tratamento. Os LTREs são baseados na construção de matrizes de contribuição derivadas da variação observada dos elementos das matrizes para os diferentes tratamentos, combinada com suas sensibilidades (Caswell 2000, Pulido *et al.* 2007). Essas matrizes de contribuição indicam a amplitude com que cada taxa demográfica aumenta ou diminui o valor de  $\lambda$  da sua matriz de transição correspondente em comparação com o valor de  $\lambda$  da matriz média. Neste estudo, foi calculada uma matriz média entre os dois tratamentos ( $A^{ct}$ ) que serviu como matriz de comparação para a construção de uma matriz de contribuição para o GC e outra para o GT. Como as entradas da matriz de contribuição são aditivas, elas podem ser somadas por processo demográfico (por exemplo, fecundidade, permanência e crescimento). A soma de todas as entradas da

matriz de contribuição de cada tratamento reflete o efeito do tratamento, ou seja, a diferença entre o  $\lambda$  do tratamento e o  $\lambda$  da matriz média ( $\lambda_{ct}$ ) (Pulido *et al.* 2007).

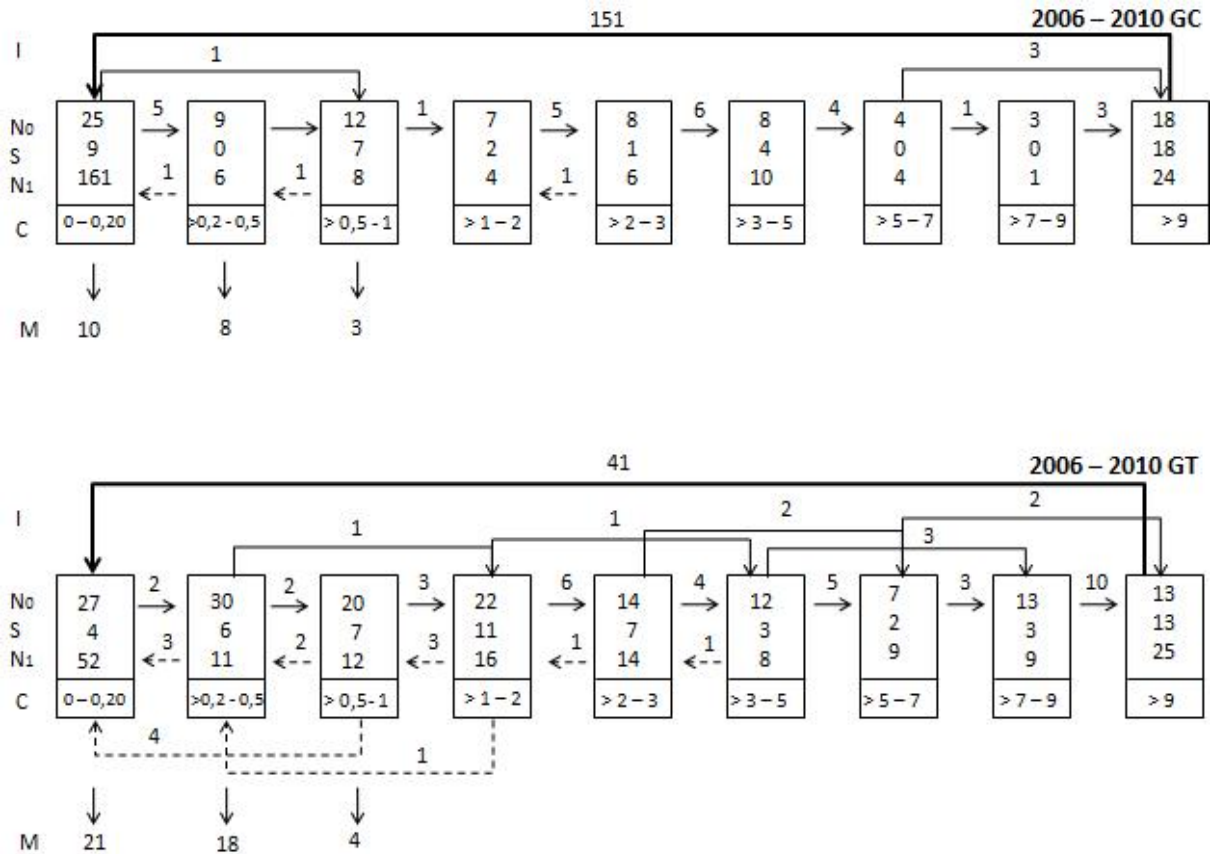
As estimativas da taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ), o cálculo dos intervalos de confiança, e as análises de perturbação prospectiva (elasticidade) e retrospectiva (LTRE) foram realizados no programa R, versão 2.12. Quando necessário, os valores da matriz de transição foram aproximados para 0,0001 (valores iguais a zero), ou 0,9999 (valores iguais a um), conforme proposto por Souza & Martins (2004).

## **Resultados**

No período de 2006 a 2010, o número total de indivíduos de *C. glandulosa* aumentou de 94 para 224 no GC, sendo que o maior incremento ocorreu na primeira classe de altura (136 indivíduos). No GT, houve um decréscimo no número total de indivíduos de 158 para 156 indivíduos. Somente a primeira e a última classes apresentaram incremento de indivíduos neste período, sendo que o maior incremento ocorreu na primeira classe de altura (25 indivíduos) (Figura 1).

O GC apresentou maior número de ingressantes que o GT no período de cinco anos. Nos anos de 2008 e 2009, a reprodução foi muito intensa, ocasionando um aumento no número de indivíduos amostrados na primeira classe de altura nos anos de 2009 e 2010 nos dois tratamentos, entretanto este aumento foi maior no GC. Ocorreu mortalidade de indivíduos somente nas três primeiras classes para ambos os tratamentos, com maiores registros observados para a primeira e para segunda classe. O GT apresentou mais crescimentos para classes maiores e regressões de indivíduos para classes menores em relação ao GC, e não houve crescimento da segunda para a terceira classe de altura no GC durante todo o período estudado (Figura 1).

**Figura 1** – Diagrama de caixa representando ingresso, mortalidade, regressões e recrutamentos dos indivíduos de *Colubrina glandulosa* nas diferentes classes de altura do grupo controle (GC) e grupo tratamento (GT) na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, no período 2006-2010. I= ingressantes;  $N_0$ = número de indivíduos no primeiro levantamento; S= indivíduos do primeiro levantamento que permaneceram na mesma classe;  $N_1$ = número de indivíduos no segundo levantamento; C= classes de altura (em metros); M= mortos. As setas tracejadas indicam indivíduos que quebraram (regressão) e as setas contínuas indicam indivíduos que cresceram (recrutamento).



A análise das matrizes de transição médias construídas para o GC e para o GT indicou que a taxa finita de crescimento populacional foi maior para o GC ( $\lambda = 1,0090 \pm 0,0004$ ) em comparação ao GT ( $\lambda = 1,0019 \pm 0,0037$ ). O valor de  $\lambda$  do GC foi significativamente diferente de 1,0 enquanto o valor de  $\lambda$  do GT não diferiu significativamente de 1,0 (Tabela 1) indicando que no GC a população tende a aumentar numericamente, enquanto no GT a população tende a permanecer em equilíbrio.

A permanência de indivíduos na primeira classe de tamanho foi superior no GC (65,6%) e a última classe apresentou valor máximo de permanência em ambos os tratamentos (Tabela 1). As proporções de indivíduos que foram recrutados para classes de altura maiores foram superiores no GC. Os recrutamentos foram superiores nas maiores classes de altura tanto no GC quanto no GT, com maiores proporções observadas para o GC.

Regressões de indivíduos para classes menores, ocasionadas por quebra do caule, foram mais abundantes no GT, com destaque para 31,47% dos indivíduos da segunda classe que regrediram para a primeira classe e 7,91% que regrediram da terceira para a segunda classe de tamanho. A mortalidade foi superior na primeira classe de tamanho do GT (37%) e o GC apresentou maiores proporções de indivíduos mortos na segunda e terceira classes (Tabela 1). A fecundidade observada no GC foi quase três vezes maior que a do GT. A taxa demográfica que apresentou maior variação no período de cinco anos (maior desvio padrão) foi a fecundidade do GC, e a permanência dos indivíduos na última classe dos dois tratamentos não variou durante o período (Tabela 1).

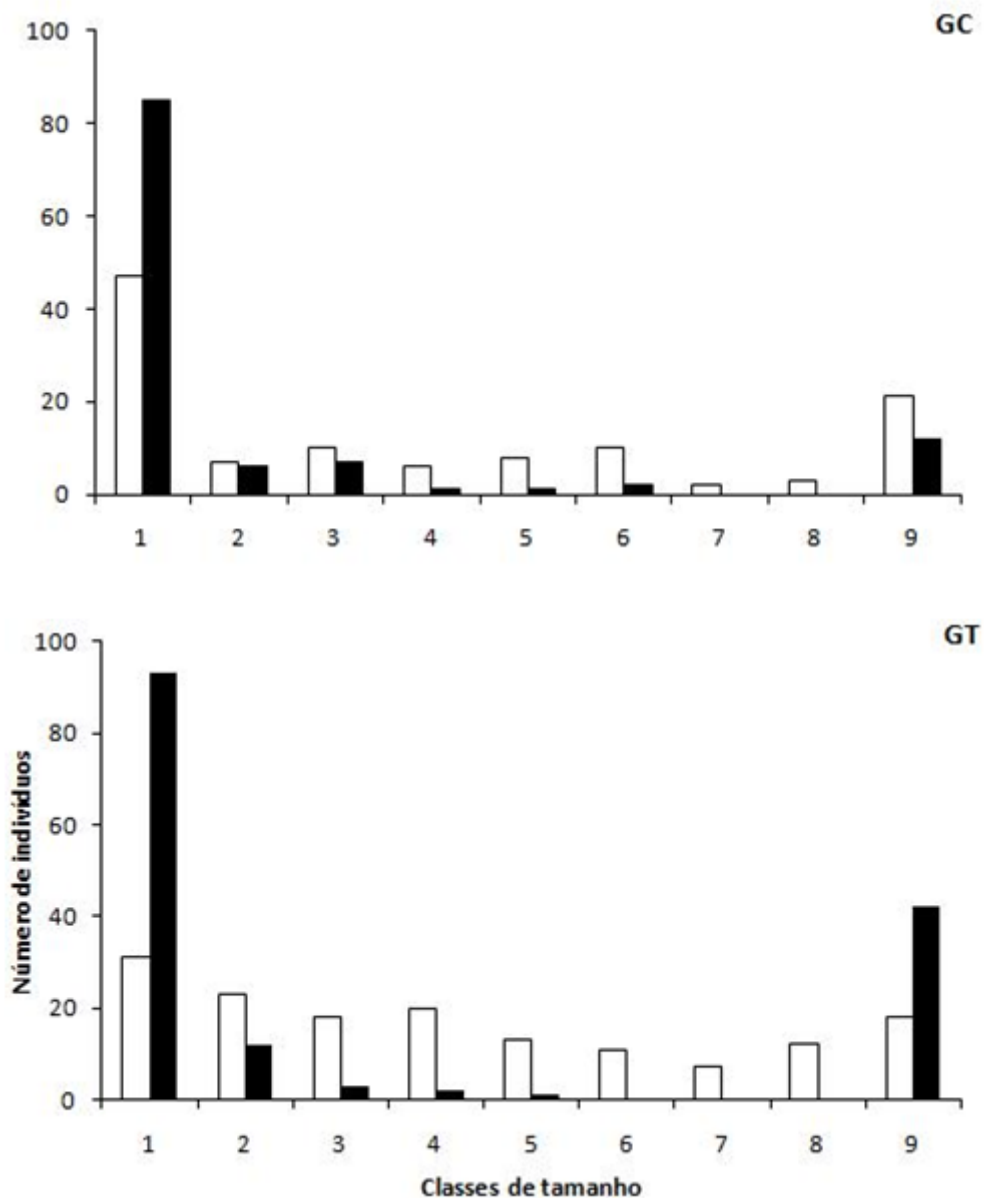
As estruturas de altura observadas diferiram das estruturas estáveis projetadas nos dois tratamentos (GC:  $G=37,10$  e GT:  $G=128,61$ ;  $p<0,001$ ;  $gl=8$ ). Se as taxas vitais permanecessem estáveis, o número de indivíduos na primeira classe de altura iria aumentar e nas classes intermediárias iria diminuir, tanto no GC como no GT. Entretanto, o número de indivíduos na última classe de altura iria diminuir no GC e aumentar no GT (Figura 2).

As análises de elasticidade indicaram que a permanência dos indivíduos na última classe de tamanho foi a taxa demográfica que mais contribuiu para o valor do  $\lambda$ , tanto no GC quanto no GT, porém esta apresentou maior elasticidade no GT (92,6%) (Tabela 2).

Somando as elasticidades para a permanência dos indivíduos nas classes de altura nos tratamentos, observou-se que este processo demográfico foi responsável por 94,2% do valor de  $\lambda$  no GC e 98,1% no GT. A elasticidade de  $\lambda$  para a fecundidade foi baixa em ambos os tratamentos (0,0069 e 0,0019 para GC e GT respectivamente) (Tabela 2).



**Figura 2** – Estrutura de altura observada (colunas brancas) e estável (colunas pretas) de *Colubrina glandulosa* no grupo controle (GC) e no grupo tratamento (GT) da área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Classes de altura 1 a 9 respectivamente >0-0,20m; >0,20-0,50m; >0,50-1m; >1-2m; >2-3m; >3-5m; >5-7m; >7-9m; >9m.

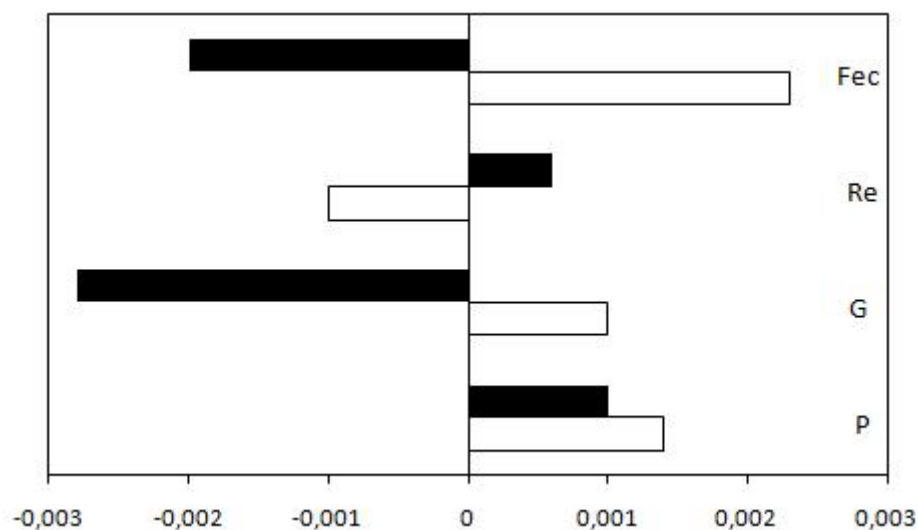


O LTRE avaliou qual processo demográfico efetivamente contribuiu para a variação do  $\lambda$  em cada tratamento. O  $\lambda$  da matriz média geral ( $\lambda_{ct}$ ) foi 1,0055. O fato de o GT ter apresentado um  $\lambda$  inferior (1,0019) em comparação com  $\lambda_{ct}$  ocorreu, principalmente, devido ao crescimento (Figura 3), com destaque para crescimento de indivíduos da classe 1 para a classe 3 (Figura 4).

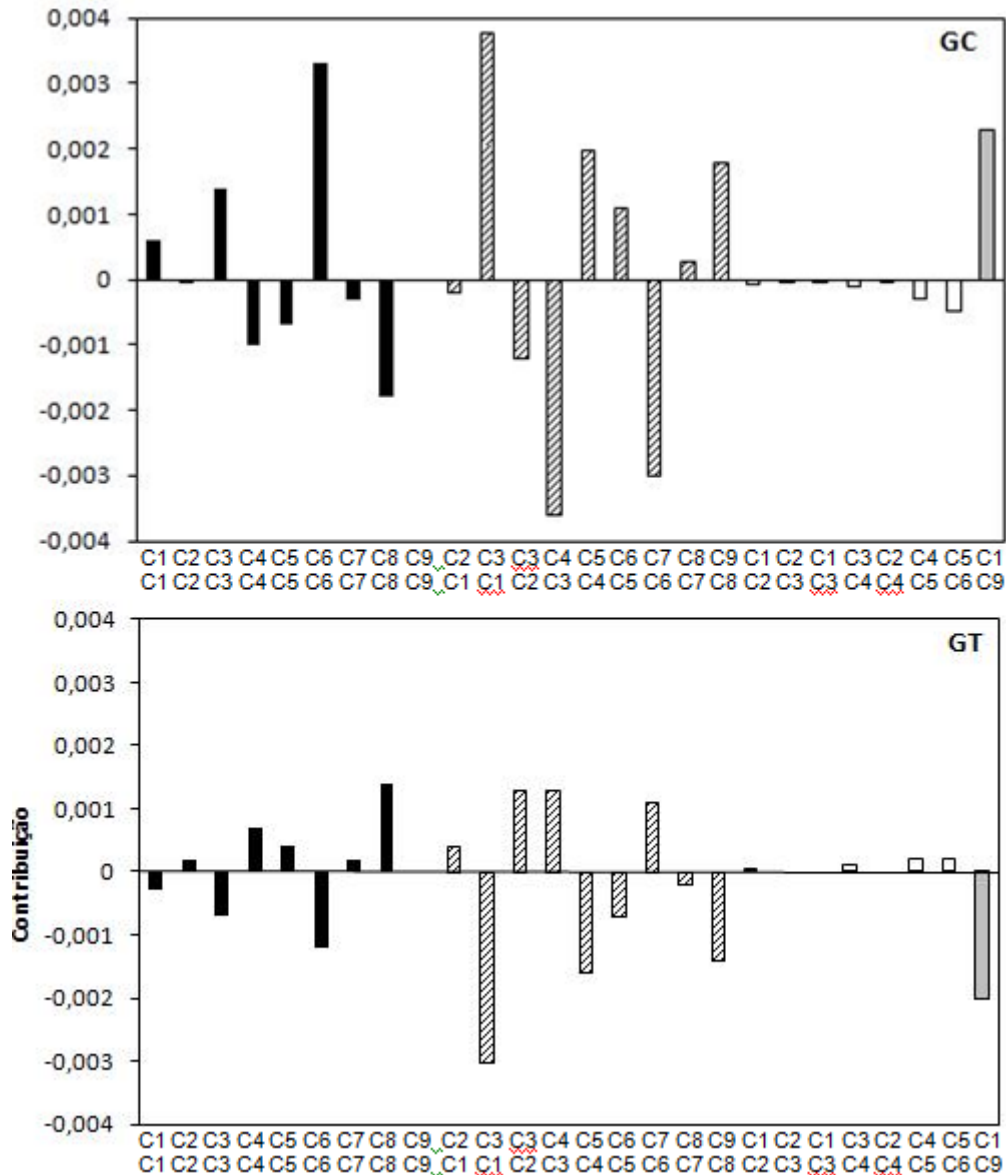
**Tabela 2** – Matrizes de elasticidade para *Colubrina glandulosa* no grupo controle (GC) e no grupo tratamento (GT) da área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil.

GC	>0-0,20 m	>0,20-0,50 m	>0,50-1 m	>1-2 m	>2-3 m	>3-5 m	>5-7 m	>7-9 m	>9 m
>0-0,20 m	0,0133	0,0003	0,00003						0,0069
>0,20-0,50 m	0,0003	0,0004	0,00004						
>0,50-1 m	0,0069	0,000004	0,0386						
>1-2 m			0,0069	0,0276	0,0011				
>2-3 m				0,0080	0,0248				
>3-5 m					0,0069	0,0608			
>5-7 m						0,0069	0,0147		
>7-9 m							0,0069	0,0072	
>9 m								0,0069	0,7549
<b>GT</b>									
>0-0,20 m	0,0029	0,0002	0,000009						0,0019
>0,20-0,50 m	0,0021	0,0038	0,0001	0,000007					
>0,50-1 m		0,0020	0,0075	0,0002					
>1-2 m			0,0020	0,0131	0,0005				
>2-3 m				0,0024	0,0105	0,0002			
>3-5 m					0,0020	0,0064			
>5-7 m						0,0019	0,0047		
>7-9 m							0,0019	0,0061	
>9 m								0,0019	0,9259

**Figura 3** – Contribuição dos diferentes processos demográficos (Fec= fecundidade, Re= regressão, G= crescimento e P= permanência) para a variação observada no  $\lambda$  de *Colubrina glandulosa* no GC e no GT da área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, de acordo com o LTRE. O GC está representado pelas barras brancas e o GT pelas barras pretas.



**Figura 4** – Resultados detalhados do LTRE, indicando a contribuição de todas as entradas da matriz para a diferença observada entre o  $\lambda$  de cada tratamento (GC e GT) e o  $\lambda$  da matriz média ( $\lambda_{ct}$ ). O eixo x corresponde às diferentes entradas da matriz ( $a_{ij}$ ) sendo  $i$  (linha superior) a classe de destino e  $j$  (linha inferior) a classe de origem dos indivíduos. Colunas pretas= permanências; colunas listradas= crescimentos; colunas brancas= regressões e coluna cinza= fecundidade.



Esta taxa demográfica ocorreu no GC e não ocorreu no GT, proporcionando, portanto, a maior contribuição negativa para o GT (Figura 4).

A baixa fecundidade observada no GT também contribuiu para a diminuição do  $\lambda$  deste tratamento (Figuras 3 e 4). Ao contrário, o  $\lambda$  do GC (1,0090) foi superior ao  $\lambda_{ct}$  devido, principalmente, à alta fecundidade observada neste tratamento (Figura 3). A permanência dos indivíduos nas classes de tamanho e o crescimento também contribuíram positivamente para o valor de  $\lambda$  do GC (Figura 3), especialmente a permanência dos

indivíduos na classe 6 e o crescimento dos indivíduos da classe 1 para a classe 3, que apresentaram as maiores contribuições positivas neste tratamento (Figura 4).

A permanência dos indivíduos nas classes de tamanho foi o único processo demográfico que contribuiu positivamente para o valor de  $\lambda$  dos dois tratamentos (Figura 3).

## Discussão

As diferenças nas variações demográficas entre o GC e o GT foram refletidas nas estimativas da taxa finita de crescimento populacional: o GC apresentou maior valor de  $\lambda$  ( $1,0090 \pm 0,0004$ ) em comparação ao GT ( $1,0019 \pm 0,0037$ ). A coleta de 80% das sementes provocou decréscimo no estabelecimento de plântulas, diminuindo a fecundidade no GT. Entretanto, a demografia de *C. glandulosa* diferiu em vários aspectos entre os tratamentos, não apenas em relação à fecundidade, que é a taxa demográfica diretamente afetada pela coleta de sementes. Portanto, embora os valores de  $\lambda$  do GC e do GT tenham sugerido que a coleta de sementes afetou a demografia de *C. glandulosa* na área de reflorestamento, não é possível estabelecer o impacto isolado da coleta de sementes sobre a demografia da espécie, uma vez que o reflorestamento estudado é heterogêneo e variações ambientais em pequena escala podem ter influenciado os processos demográficos nas áreas com e sem coleta de sementes.

Os indivíduos que morreram nos dois tratamentos pertenciam às menores classes de tamanho, padrão já descrito para espécies arbóreas por diversos autores (Clark & Clark 1992, Marques & Joly 2000; Zuidema & Boot 2002). As causas específicas de morte dos indivíduos não foram determinadas, mas o soterramento de indivíduos menores ocasionado por deposição de sedimento e serapilheira, além da queda de troncos que provoca quebra ou dobramento dos indivíduos, podem ter sido as principais causas (observação pessoal). Dentre as causas de morte de indivíduos de espécies arbóreas encontram-se danos causados pelo vento, patógenos, herbivoria, senescência, seca ou supressão, ou a combinação de vários fatores (Swaine *et al.* 1987). Perturbações adicionais que ocorreram durante as coletas de sementes (como pisoteio, manuseio de instrumentos como escada e podão, queda de galhos, etc.) podem ter intensificado a mortalidade de indivíduos da primeira classe de tamanho e as regressões de indivíduos para classes de tamanho menores no GT.

De acordo com as estruturas de altura estáveis, a proporção de indivíduos da última classe no GC tende a diminuir, provavelmente devido ao baixo recrutamento de indivíduos da penúltima para a última classe de altura. O GT apresentou maior aumento na

proporção de indivíduos da primeira classe, possivelmente devido às regressões de indivíduos de classes maiores para esta classe, o que não foi observado no GC. Em ambos os tratamentos a projeção da estrutura de altura indicou uma diminuição no número de indivíduos nas classes intermediárias. Entretanto, considerando os valores de  $\lambda$ , é possível que a maior proporção de plântulas, observada na estrutura de altura estável das duas áreas, garanta a estabilidade das outras classes.

As análises de elasticidade indicaram que tanto para o GC quanto para o GT a permanência dos indivíduos na última classe de altura foi a taxa demográfica que mais contribuiu para os valores de  $\lambda$ , ressaltando que a sobrevivência e permanência dos indivíduos nas classes de altura é o parâmetro demográfico mais importante para conferir equilíbrio para a população nas áreas com e sem coleta de sementes. Entretanto, a elasticidade para a permanência dos indivíduos na última classe de altura foi maior para o GT, indicando que a coleta de sementes também pode comprometer a demografia da espécie através da mortalidade de indivíduos adultos, devido à retirada de ramos durante o procedimento de coleta. Isto pode afetar a sobrevivência dos indivíduos adultos em longo prazo, uma vez que a coleta é realizada de forma contínua (uma vez por ano, todo ano).

As baixas elasticidades observadas para reprodução e crescimento sugerem que a coleta de sementes de *C. glandulosa* tem baixo impacto sobre a manutenção e crescimento da população (Zuidema & Boot 2002). Este resultado concorda com outros estudos que observaram que a sobrevivência dos indivíduos é crucial para a manutenção de populações de espécies vegetais de ciclo de vida longo (Franco & Silvertown 2004, Souza & Martins 2004, Portela *et al.* 2010).

A alta elasticidade para a sobrevivência de adultos sugere uma garantia na manutenção da população, porque depois de um período crítico as plântulas que estes indivíduos produzirão podem ter um papel importante na perpetuação da população (Nabe-Nielsen 2004). Cabe ressaltar, portanto, a diferença de sustentabilidade entre a exploração de PFNM e produtos madeireiros, uma vez que esta última afeta diretamente a sobrevivência dos indivíduos adultos, comprometendo a regeneração e a manutenção das espécies exploradas mais intensamente.

Resultado semelhante ao deste estudo foi encontrado por Zuidema & Boot (2002) para populações da castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), na Amazônia boliviana, que tiveram 93% das suas sementes coletadas durante décadas. Bernal (1998), analisando o impacto da coleta de sementes sobre a demografia da palmeira *Phytelephas seemanii* O. F. Cook, uma das espécies exploradas para obtenção do marfim vegetal,

constatou que a elasticidade foi maior para a sobrevivência de juvenis e adultos. Kouassi *et al.* (2008), em um estudo sobre a demografia das espécies *Eremospatha macrocarpa* (G. Mann & H. Wendl.) G. Mann & H. Wendl. e *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv.) Kuntze, exploradas para a obtenção do ratã, também observaram maior elasticidade para a sobrevivência de adultos e juvenis, respectivamente para as espécies.

É importante ressaltar, entretanto, que o modelo matricial utilizado faz uma projeção do comportamento demográfico futuro da população estudada assumindo que as taxas vitais atuais permaneçam iguais (Caswell 2001). Contudo, os processos ecológicos reais se apresentam em constante mudança conforme ocorre a sucessão secundária, particularmente em áreas reflorestadas, que têm o processo de sucessão acelerado.

O LTRE confirmou que a permanência dos indivíduos nas classes de tamanho contribuiu positivamente para o  $\lambda$  no GC e no GT. Entretanto, a fecundidade e o crescimento, que apresentaram valores baixos de elasticidade no GC, foram processos demográficos que também contribuíram positivamente para o valor de  $\lambda$  deste tratamento. Da mesma forma, as elasticidades do crescimento e da fecundidade foram baixas no GT e estes processos demográficos foram os que mais contribuíram para o menor valor de  $\lambda$  observado neste tratamento. Portanto, alguns processos demográficos que apresentaram alta contribuição para as diferenças entre os  $\lambda$  do GC e do GT não foram identificados na análise de elasticidade como relevantes para a dinâmica da população de *C. glandulosa* na área estudada. Este resultado enfatiza que somente a análise de elasticidade pode ser insuficiente para identificar processos demográficos relevantes para a dinâmica de uma população (Pulido *et al.* 2007).

Os resultados indicaram que, além de a estrutura estável ter se apresentado diferente da observada, a coleta de sementes contribuiu para a diminuição da taxa finita de crescimento populacional de *C. glandulosa* do GT em relação ao GC. Sendo assim, as análises demográficas permitem afirmar que a coleta de sementes afetou moderadamente a demografia de *C. glandulosa* na área de reflorestamento e, portanto, o nível de coleta de 80% das sementes pode comprometer a regeneração da população em longo prazo.

A sobrevivência e permanência dos indivíduos nas classes de tamanho foi o parâmetro demográfico mais importante na determinação da taxa finita de crescimento populacional de ambos os tratamentos. Portanto, as medidas de manejo visando à exploração sustentável e manutenção desta população devem ser destinadas a garantir a sobrevivência dos indivíduos adultos na área estudada. O LTRE indicou que a fecundidade e o crescimento também devem ser considerados para explicar as diferenças demográficas que ocorreram

entre o GC e o GT, ressaltando que essas diferenças não foram causadas apenas pela coleta de sementes.

Pelo fato de o reflorestamento estudado ser uma área heterogênea, torna-se necessária a caracterização ambiental dos GC e do GT a fim de contribuir para a melhor compreensão do efeito da coleta de sementes sobre a demografia de *C. glandulosa* na área.

## REFERÊNCIAS

- BERNAL, R. 1998. Demography of vegetable ivory palm *Phytelephas seemannii* in Colombia and the impact of seed harvesting. *Journal of Applied Ecology* 35: 64-74.
- BIANCHINI, E., POPOLO, R.S, DIAS, M.C. & PIMENTA, J.A. 2003. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 17 (3): 405-419.
- CASWELL, H. 2000. Prospective and retrospective perturbation analyses: their roles in conservation biology. *Ecology* 8 (3): 619-627.
- CASWELL, H. 2001. Matrix population models: construction, analysis and interpretation. Sinauer Associates, Sunderland.
- CAVALHEIRO, A.L., TOREZAN, J.M.D. & FACELLI, L. 2002. Recuperação de áreas degradadas: procurando por diversidade e funcionamento dos ecossistemas. *In* A bacia do rio Tibagi (M.E. Medri, E. Bianchini, O.A. Shibata & J.A. Pimenta, eds.). UEL, Londrina, p.213-222.
- CLARK, D.A. & CLARK, D.B. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs* 62: 315-344.
- COTTA, J.N., KAINER, K.A., WADT, L.H.O. & STAUDHAMMER, C.L. 2008. Shifting cultivation effects on Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) regeneration. *Forest Ecology and Management* 256: 28-35.
- ENDRESS, B.A., GORCHOV, D.L. & NOBLE, R.B. 2004. Non-timber forest product extraction: effects of harvest and browsing on an understory palm. *Ecological Applications* 14 (4): 1139-1153.
- ESCALANTE, S., MONTAÑA, C. & ORELLANA, R. 2004. Demography and potencial extractive use of the liana palm, *Desmoncus orthacanthos* Martius (Arecaceae), in southern Quintana Roo, Mexico. *Forest Ecology and Management* 187: 3-18.
- FRANCO, M. & SILVERTOWN, J. 2004. A comparative demography of plants based upon elasticities of vital rates. *Ecology* 85: 531-538.
- KOUASSI, K.I., BAROT, S., GIGNOUX, J. & BI, A.Z.B. 2008. Demography and life history of two rattan species, *Eremospatha macrocarpa* and *Laccosperma secundiflorum*, in Côte d'Ivoire. *Journal of Tropical Ecology* 24: 493-503.
- LORENZI, H. 2008. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 1, 5.ed. Plantarum, São Paulo.
- MARQUES, M.C.M. & JOLY, C.A. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23 (1): 107-112.
- MELO, F.P.L., MARTÍNEZ-SALAS, E., BENÍTEZ-MALVIDO, J. & CEBALLOS, G. 2010. Forest fragmentation reduces recruitment of large-seeded tree species in a semi-deciduous tropical forest of southern Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 26: 35-43.

- NABE-NIELSEN, J. 2004. Demography of *Machaerium cuspidatum*, a shade tolerant neotropical liana. *Journal of Tropical Ecology* 20: 505-516.
- OLMSTED, I. & ALVAREZ-BUYLLA, E. 1995. Sustainable harvesting of tropical trees: demography and matrix models of two palm species in Mexico. *Ecological Applications* 5: 484-500.
- PERES, C.A., BAIDER, C., ZUIDEMA, P.A., WADT, L.H.O., KAINER, K.A., GOMES-SILVA, D.A.P., SALOMÃO, R.P., SIMÕES, L.L., FRANCIOSI, E.R.N., VALVERDE, F.C., GRIBEL, R., SHEPARD JR, G.H., KANASHIRO, M., COVENTURY, P., YU, D.W., WATKINSON, A.R. & FRECKLETON, R.P. 2003. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science* 302: 2112-2114.
- PORTELA, R.C.Q., BRUNA, E.M. & SANTOS, F.A.M. 2010. Demography of palm species in Brazil's Atlantic forest: a comparison of harvested and unharvested species using matrix models. *Biodiversity and Conservation* 19: 2389-2403.
- PULIDO, M.T., VALVERDE, T. & CABALLERO, J. 2007. Variation in the population dynamics of the palm *Sabal yapa* in a landscape shaped by shifting cultivation in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 23: 139-149.
- ROS-TONEN, M.A.F. 2000. The role of non-timber forest products in sustainable tropical forest management. *Holz als Roh – und Werkstoff* 58: 196-201.
- SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ, L.R. & PINEDA-LÓPEZ, M.R. 2010. Comparative demography analysis in contrasting environments of *Magnolia dealbata*: an endangered species from Mexico. *Population Ecology* 52: 203-210.
- SILVA, F.C. & SOARES-SILVA, L.H.S. 2000. Arboreal flora of the Godoy Forest State Park, Londrina, Pr, Brasil. *Endinburgh Journal of Botany* 97: 265-276.
- SOUZA, A.F. & MARTINS, F.R. 2004. Population structure and dynamics of a neotropical palm in fire-impacted fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation* 13: 1611-1632.
- STURGES, H. 1926. The choice of a class-interval. *Journal of the American Statistical Association* 21: 65-66.
- SWAINE, M.D., LIEBERMAN, D. & PUTZ, F.E. 1987. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. *Journal of Tropical Ecology* 3: 359-366.
- TICKTIN, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology* 41: 11-21.
- TICKTIN, T., FRAIOLA, H. & WHITEHEAD, A.N. 2007. Non-timber forest product in alien-dominated forests: effects of frond-harvest and rainfall on the demography of two native Hawaiian ferns. *Biodiversity Conservation* 16: 1633-1651
- TICKTIN, T., NANTEL, P., RAMIREZ, F., JOHNS, T. 2002. Effects of variation on harvest limits for non-timber forest species in Mexico. *Conservation Biology* 16 (3): 691-705.

VICENTE, R.F. 2006. O Parque Estadual Mata dos Godoy. *In* Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy. (J.M.D. Torezan, org.). Itedes, Londrina, p.13-18.

WADT, L.H.O., KAINER, K.A., STAUDHAMMER, C.L. & SERRANO, R.O.P. 2008. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserves: natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. *Biological Conservation* 141: 332-346.

ZUIDEMA, P.A & BOOT, R.G.A. 2002. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *Journal of Tropical Ecology* 18: 1-31.

## **CAPÍTULO 2**

**EFEITO DA COLETA DE SEMENTES SOBRE AS ESTRUTURAS DE TAMANHO E  
ESPACIAL DE *COLUBRINA GLANDULOSA* G. PERKINS (RHAMNACEAE) EM  
ÁREA DE REFLORESTAMENTO NO SUL DO BRASIL**

**Abstract**

(Seed extraction effect on size and spatial structures of *Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) in reforested area in south Brazil). The aim of the study was to evaluate the seed extraction effect on demography of *C. glandulosa*, a tree species exploited by seed extraction to produce seedlings used in reforestation. Fifty four plots of 100m<sup>2</sup> (10m x 10m), divided into six blocks of nine plots each, were set in a reforested area of Godoy Forest State Park, 23°27' S and 51°15' W (visitor center), Londrina, Paraná, Brazil. The control group (CG) remained without seed extraction while the treatment group (TG) had about 80% of the seeds extracted from all *C. glandulosa* reproductive individuals before the seed dispersal period. Individuals of *C. glandulosa* were identified and mapped in the plots and had the height measured at each conducted sampling (2006, 2007, 2008, 2009 and 2010). Individuals were divided into nine height classes. According to Kolmogorov-Smirnov test, height structures differed between treatment and control groups in 2007, 2009 and 2010, probably due to the smaller number of individuals sampled in TG first height class. For each block the spatial autocorrelation was verified by Moran's index (*I*) for total number of individuals (2010 sense) and for seedlings (individuals of the first height class). The spatial pattern of the total number of individuals and of seedlings was random for most blocks. Seed extraction affected size structure of *C. glandulosa* by decreasing the number of individuals in GT first height class. Spatial structure of *C. glandulosa* was not affected by seed extraction in the reforested area.

**Keywords:** Population structure. Spatial autocorrelation. Non-timber forest products. Seed extraction reforestation.

**Resumo**

(Efeito da coleta de sementes sobre as estruturas de tamanho e espacial de *Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) em área de reflorestamento no sul do Brasil). O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da coleta de sementes sobre as estruturas de tamanho e espacial de *C. glandulosa*, uma espécie arbórea explorada através da coleta de sementes para obtenção de mudas utilizadas em reflorestamentos. Foram estabelecidas 54 parcelas de 100m<sup>2</sup> (10m x 10m), divididas em seis blocos de nove parcelas cada um, na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, 23°27' S e 51°15' W (centro de visitantes), Londrina, Paraná, Brasil. No grupo controle (GC) não houve coleta enquanto no grupo tratamento (GT) foram coletadas cerca de 80% das sementes de todos os indivíduos reprodutivos de *C. glandulosa* antes do período de dispersão das sementes. Todos os indivíduos de *C. glandulosa* foram identificados e mapeados nas parcelas, e tiveram a altura medida em cada amostragem realizada (2006, 2007, 2008, 2009 e 2010). Os indivíduos foram distribuídos em nove classes de altura. O teste de Kolmogorov-Smirnov revelou que as estruturas de altura entre os tratamentos diferiram em 2007, 2009 e 2010, provavelmente devido ao menor número de indivíduos amostrados na primeira classe de altura no GT. Para cada bloco foi verificada a autocorrelação espacial através do índice de Moran (*I*) para o número total de indivíduos (senso de 2010) e para os indivíduos ingressantes (da primeira classe de altura). O padrão de

distribuição do número total de indivíduos e dos ingressantes foi aleatório para a maioria dos blocos. A coleta de sementes afetou a estrutura de altura de *C. glandulosa* pela diminuição do número de indivíduos na primeira classe no GT. A estrutura espacial de *C. glandulosa* não foi afetada pela coleta de sementes na área de reflorestamento.

**Palavras-chave:** Estrutura populacional. Autocorrelação espacial. Produtos florestais não-madeireiros. Coleta de sementes. Reflorestamento.

## Introdução

A extração de produtos florestais não madeireiros (PFNM) por comunidades humanas, tanto para subsistência quanto para comercialização, é uma atividade realizada em diversas partes do planeta (Ticktin *et al.* 2002, Ticktin 2004, Trauernicht & Ticktin, 2005). Entretanto, muitas populações vegetais exploradas pela coleta de PFNM estão declinando devido à intensificação do uso da terra pela agricultura e pecuária e à exploração excessiva desses produtos (Djossa *et al.* 2008, Schumann *et al.* 2010).

Alguns autores (Peters 1994, Ticktin 2004) propõem que o conhecimento sobre a estrutura de tamanho das populações, aliado a informações sobre a intensidade de coleta de PFNM e seus impactos sobre as taxas de sobrevivência e crescimento, seja fundamental para estimar a tolerância das espécies à coleta de PFNM (Schumann *et al.* 2010).

O processo de recrutamento nas florestas determina a riqueza de espécies, a estrutura espacial das populações e a dinâmica da composição de espécies ao longo do tempo (Schupp *et al.* 2002). A fertilidade dos indivíduos, aliada aos fatores ou processos que afetam o estabelecimento das plântulas, são os principais determinantes da abundância local e da diversidade de indivíduos adultos (Dalling *et al.* 1998, Uriarte *et al.* 2005) e, conseqüentemente, da distribuição espacial das espécies vegetais. Portanto, o padrão de recrutamento dos indivíduos não reflete somente a produção de sementes, mas aponta os efeitos da dispersão de sementes e de outros processos que limitam o estabelecimento dos indivíduos (Nathan & Muller-Landau 2000, Uriarte *et al.* 2005).

Uma vez que a distribuição espacial dos indivíduos de espécies arbóreas pode ser influenciada por limitações na dispersão (Hutchings 1997, Fonseca *et al.* 2004) e no estabelecimento dos indivíduos (Nathan & Muller-Landau 2000), informações a respeito do efeito da coleta de PFNM, especialmente frutos ou sementes, sobre a estrutura espacial de espécies exploradas também se tornam relevantes para sua conservação.

Devido às altas taxas de desmatamento observadas para as florestas tropicais (Melo *et al.* 2010), as áreas reflorestadas têm aumentado nas últimas décadas. Desta forma,

muitas espécies arbóreas são exploradas através da coleta de sementes para utilização em técnicas de restauração, principalmente para produção de mudas utilizadas em reflorestamentos. Portanto, torna-se necessário e urgente o desenvolvimento de estratégias de conservação apropriadas para essas espécies, bem como o estabelecimento de planos de coleta que reduzam os impactos sobre as populações e sobre a estrutura e função dos ecossistemas explorados (Ticktin 2004, Guedje *et al.* 2007).

*Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) é uma das espécies arbóreas que foi utilizada no reflorestamento Projeto Madeira, em uma área contígua à floresta nativa do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, sul do Brasil. Neste reflorestamento têm sido realizadas coletas de sementes desta espécie, com a finalidade de produzir mudas para o viveiro do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas da Universidade Estadual de Londrina.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da coleta de sementes sobre as estruturas de tamanho e espacial de *C. glandulosa*, comparando áreas com e sem coleta de sementes, a fim de responder as seguintes questões: (1) Existe diferença na estrutura de tamanho de *C. glandulosa* entre a área em que as sementes foram coletadas e a área sem coleta de sementes? (2) A estrutura de tamanho de *C. glandulosa* nas áreas com e sem coleta de sementes difere entre os anos estudados? (3) A distribuição espacial de todos os indivíduos e dos indivíduos ingressantes de *C. glandulosa* difere entre as áreas com e sem coleta de sementes?

Espera-se encontrar diferença entre as estruturas de tamanho das áreas com e sem coleta de sementes em função da diminuição do número de indivíduos ingressantes na área em que as sementes são coletadas. Quanto à estrutura espacial, espera-se observar uma distribuição espacial não agregada dos indivíduos nas áreas com coleta de sementes devido à diminuição do número de sementes dispersadas. Isso implica em menor disponibilidade de sementes próximas à planta parental (devido à dispersão autocórica) para germinação e formação de grupos de indivíduos.

## **Material e Métodos**

O Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) (23°27' S e 51°15' W – centro de visitantes) possui 680 ha e abrange, em sua maioria, floresta estacional semidecidual circundada por terras cultivadas, pastagens, áreas de floresta secundária e reflorestamento (Bianchini *et al.* 2003).

O estudo foi realizado no reflorestamento denominado Projeto Madeira, implantado em 1989, em duas áreas de 20 ha contíguas à floresta nativa do PEMG, situadas na porção norte. A espécie *C. glandulosa* é decídua, heliófita e seletiva higrófila (Lorenzi 2008) e apresenta rápido desenvolvimento (Silva & Soares-Silva 2000), com grande potencial para reflorestamento em áreas com solos degradados. Esta foi uma das espécies utilizadas no reflorestamento Projeto Madeira, juntamente com louro pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.), canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), gurucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan) e peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.) (Vicente 2006).

Foram demarcadas 54 parcelas de 100m<sup>2</sup> (10m x 10m) na área de reflorestamento, divididas em seis grupos quadrados (blocos) de nove parcelas cada um. Os blocos 1, 2 e 3 não sofreram coleta de sementes e estes foram denominados conjuntamente de grupo controle (GC) enquanto os blocos 4, 5 e 6 tiveram as sementes coletadas e foram denominados conjuntamente de grupo tratamento (GT). Cerca de 80% das sementes de todos os indivíduos reprodutivos de *C. glandulosa* do GT foram coletadas (totalizando quatro indivíduos) antes do período de dispersão das sementes (ago/2006, ago/2008 e ago/2009).

Os blocos foram dispostos de forma que aqueles que sofreram coleta de sementes ficassem intercalados com os blocos sem coleta. A fim de minimizar a interferência da chuva de sementes de blocos vizinhos os blocos foram afastados uns dos outros por uma distância de 30 metros.

O nível de extração de cerca de 80% das sementes foi estabelecido por caracterizar uma coleta intensa (Bernal 1998, Zuidema & Boot 2002). No momento da coleta, este nível foi estimado visualmente a partir da quantidade de sementes presente na copa de cada indivíduo reprodutivo do GT. A coleta foi realizada utilizando-se escada de alumínio e podão. Como a reprodução foi muito baixa em 2007, não houve coleta de sementes neste ano.

Todos os indivíduos de *C. glandulosa* das parcelas foram identificados com uma plaqueta metálica numerada, e mapeados (através das coordenadas x e y de cada parcela) em abril de 2006, quatro meses antes da primeira coleta de sementes. A altura de cada indivíduo foi medida utilizando fita métrica ou trena laser. Foram realizadas outras quatro amostragens (jul/2007, jul/2008, jul/2009 e jul/2010), quando se registraram os indivíduos que morreram e os indivíduos ingressantes foram amostrados e medidos.

Para o estudo da estrutura de tamanho, os indivíduos de *C. glandulosa* foram distribuídos em nove classes de altura (>0-0,20m; >0,20-0,50m; >0,50-1m; >1-2m; >2-3m; >3-5m; >5-7m; >7-9m; >9m). A determinação do número de classes foi feita de acordo

com a regra de Sturges (Sturges 1926)  $k = 1 + 3,322(\log n)$ , onde  $n$  é o número de indivíduos. A amplitude das classes foi determinada conforme as características da espécie.

As estruturas de altura foram comparadas entre os grupos controle e tratamento e entre os anos amostrados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Siegel 1975, Zar 1984).

A estrutura espacial de *C. glandulosa* foi analisada no GC e no GT utilizando o coeficiente de autocorrelação espacial dado pelo índice de Moran ( $I$ ). As distâncias espaciais podem ser particionadas em classes discretas, criando sucessivas matrizes e permitindo a computação de diferentes valores de  $I$  para a mesma variável. Estes valores usualmente variam entre -1,0 e +1,0. Existe autocorrelação, negativa ou positiva, quando é possível prever o valor que a variável assume em um dado local em relação ao valor que a mesma variável assume em outro ponto amostral de posição conhecida. Se a autocorrelação for negativa ( $I < 0$ ) indica que a distribuição espacial dos indivíduos é uniforme; se a autocorrelação for positiva ( $I > 0$ ) indica que a distribuição espacial dos indivíduos é agregada; valor zero ( $I = 0$ ) indica ausência de autocorrelação, isto é, os indivíduos estão distribuídos aleatoriamente no espaço (Legendre & Fortin 1989). A autocorrelação é avaliada em um gráfico denominado correlograma, que fornece uma descrição do padrão espacial dos indivíduos na área amostrada (Diniz-Filho *et al.* 2003).

A autocorrelação espacial foi verificada para cada bloco do GC (B1, B2 e B3) e do GT (B4, B5 e B6) separadamente. Devido ao número pequeno de parcelas por bloco (nove), cada parcela de 100m<sup>2</sup> foi dividida em quatro subparcelas de 25m<sup>2</sup>, totalizando 36 subparcelas por bloco. Para cada bloco de subparcelas de cada tratamento foi verificada a autocorrelação espacial para o número total de indivíduos (senso de 2010) e somente dos indivíduos ingressantes (indivíduos da primeira classe de altura amostrados em todos os sensos).

A significância dos coeficientes de autocorrelação foi testada em nível  $\alpha = 0,05$ . Antes de examinar cada valor, foi realizado um teste para verificar a significância geral do correlograma, aplicando-se o critério de Bonferroni para correção de testes múltiplos (Oden 1984, Legendre & Fortin 1989). De acordo com este critério, o correlograma é considerado significativo quando pelo menos um dos valores de  $I$  for significativo para o nível de significância  $\alpha' = \alpha/k$ , sendo  $k$  o número de classes de distância usado (Legendre & Fortin 1989). Neste estudo foram utilizadas seis classes de distância, portanto o nível de significância para os correlogramas foi de  $\alpha' = 0,008$ . Para estas análises foi utilizado o programa Passage, versão 2.0.

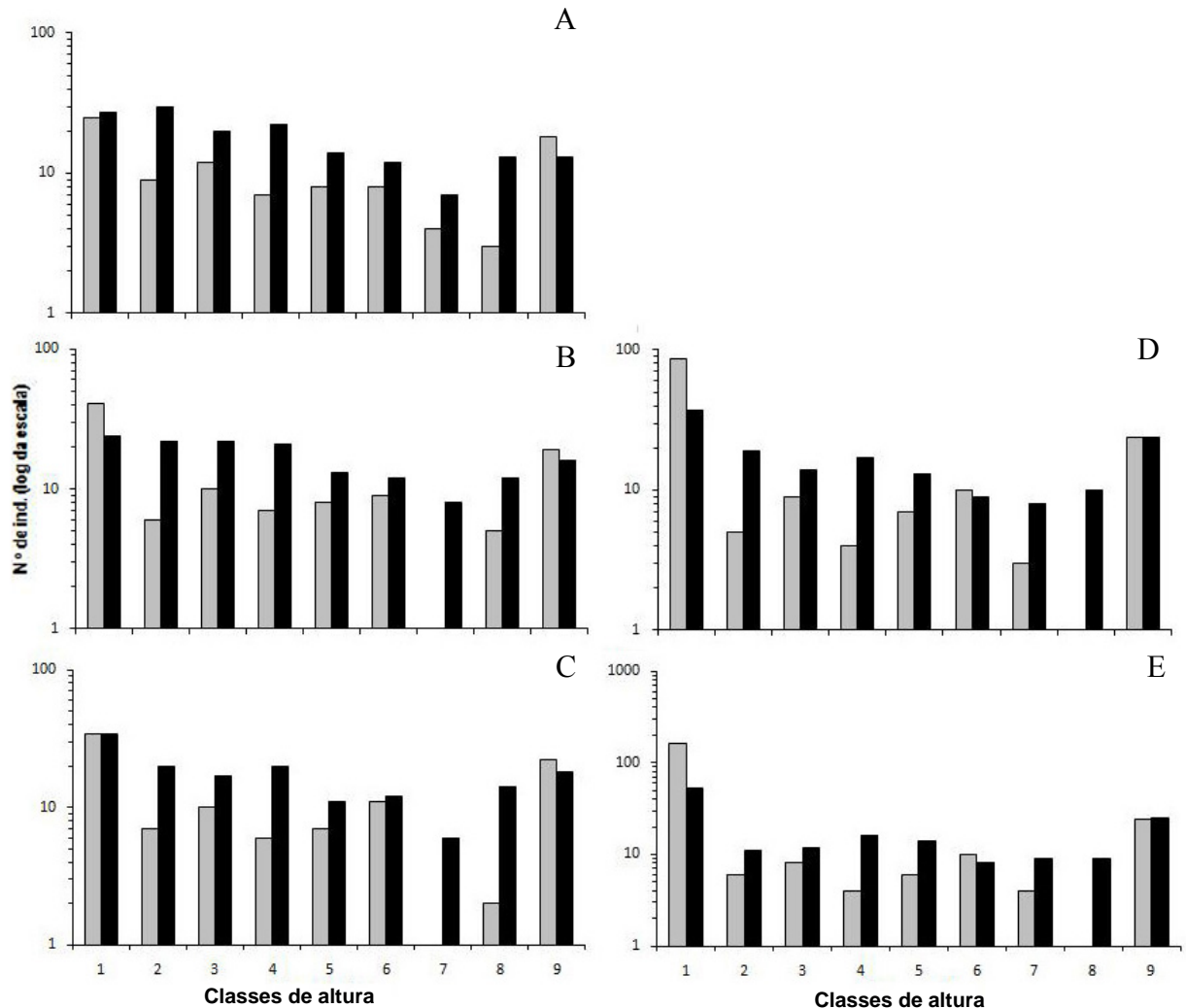
Para os blocos que apresentaram autocorrelação espacial foram construídos mapas de distribuição dos indivíduos.

## **Resultados**

Em 2006, foram amostrados 94 indivíduos no GC, sendo que 46% estavam distribuídos nas classes 1 e 9 de altura. No GT, foram amostrados 158 indivíduos e 63% se concentraram nas quatro primeiras classes de altura (Figura 1A). Em 2007 foram amostrados 106 indivíduos no GC e 150 indivíduos no GT, e em 2008 foram amostrados 100 indivíduos no GC e 152 no GT. Nesses anos, as estruturas de altura de *C. glandulosa* no GC e no GT apresentaram o mesmo padrão de 2006 (Figuras 1B e 1C), com exceção da classe 7 que teve apenas 1 indivíduo amostrado no GC. O número de indivíduos na primeira classe foi baixo em 2008, provavelmente devido à baixa reprodução observada no ano de 2007 (ano em que não foi realizada a coleta de sementes). Nos anos de 2009 e 2010 foram amostrados, respectivamente, 150 e 224 indivíduos no GC. Nesses anos houve um aumento significativo no número de indivíduos na primeira classe de altura deste tratamento, sendo que 58% dos indivíduos se concentraram nesta classe em 2009 (Figura 1C) e 72% em 2010 (Figura 1D). A classe 8 apresentou somente 1 indivíduo amostrado nesses anos no GC. No GT foram amostrados 151 indivíduos em 2009 e 156 em 2010, e nesses anos as estruturas apresentaram padrão semelhante ao dos anos anteriores (Figura 1C e 1D), porém o maior número de indivíduos na primeira classe de altura para este tratamento foi registrado em 2010 (Figura 1D).

O GC apresentou um padrão bimodal, representado por maior número de indivíduos amostrados na primeira e na última classe de altura. Foi observado maior equilíbrio entre o número de indivíduos amostrados nas classes de altura do GT em comparação com o GC. (Figura 1).

**Figura 1** – Estrutura de altura de *Colubrina glandulosa* para o GC (colunas cinzas) e para o GT (colunas pretas) na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, nos anos 2006 (A), 2007 (B), 2008 (C), 2009 (D) e 2010 (E). Classes de altura (1 a 9) respectivamente >0-0,20m; >0,20-0,50m; >0,50-1m; >1-2m; >2-3m; >3-5m; >5-7m; >7-9m; >9m.



As estruturas de tamanho para as classes de altura entre os grupos controle e tratamento diferiram em 2007, 2009 e 2010, sendo que as maiores diferenças ocorreram em 2009 e 2010 (Tabela 1). Comparando-se estas estruturas de *C. glandulosa* entre os anos amostrados, observou-se diferença quando os anos 2009 e 2010 foram comparados com os demais anos no GC, possivelmente devido ao número elevado de indivíduos observado na primeira classe de altura nos anos 2009 e 2010 (Tabela 2). No GT, houve diferença nas estruturas somente quando o ano de 2010 foi comparado com 2006 e 2007, entretanto essas diferenças foram menores que no GC (Tabela 2).

**Tabela 1** – Comparações das estruturas de altura de *Colubrina glandulosa* entre o grupo de indivíduos sem coleta de sementes (GC) e o grupo em que houve coleta (GT) na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, através do teste de Kolmogorov-Smirnov (D). Valores de p seguidos de ns não foram significativos.

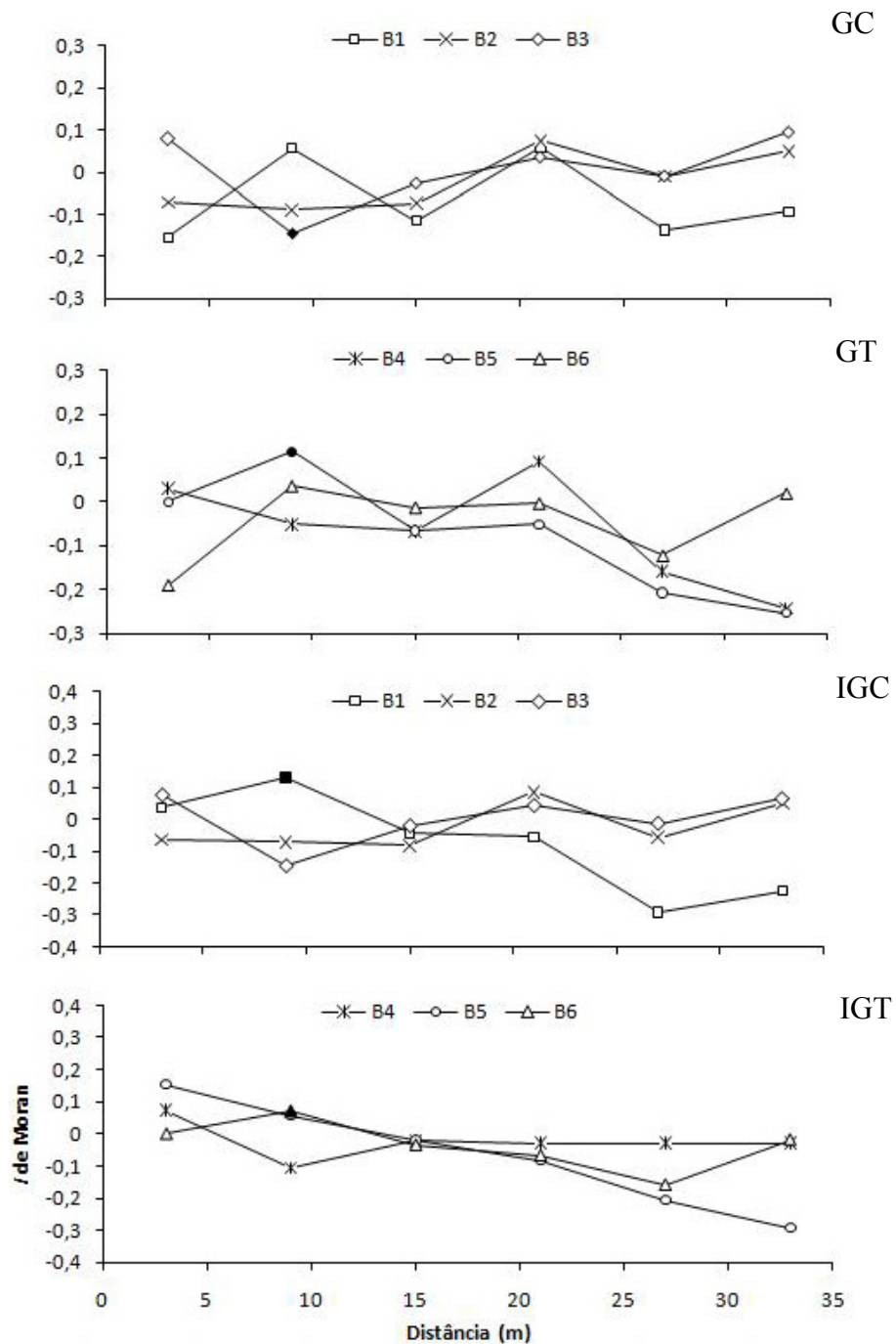
Grupos	Ano	Altura	
		D	p
GC x GT	2006	0,109	> 0,1 ns
	2007	0,227	< 0,005
	2008	0,116	> 0,1 ns
	2009	0,335	< 0,001
	2010	0,385	< 0,001

**Tabela 2** – Comparações das estruturas de altura de *Colubrina glandulosa* entre os anos amostrados para o grupo de indivíduos sem coleta de sementes (GC) e o grupo em que houve coleta (GT) na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, através do teste de Kolmogorov-Smirnov (D). Valores de p seguidos de ns não foram significativos.

	GC		GT	
	D	p	D	p
2006 x 2007	0,12	> 0,1 ns	0,054	> 0,1 ns
2006 x 2008	0,074	> 0,1 ns	0,053	> 0,1 ns
2006 x 2009	0,314	< 0,001	0,077	> 0,1 ns
2006 x 2010	0,453	< 0,001	0,162	< 0,05
2007 x 2008	0,047	> 0,1 ns	0,064	> 0,1 ns
2007 x 2009	0,193	< 0,025	0,085	> 0,1 ns
2007 x 2010	0,332	< 0,001	0,173	< 0,025
2008 x 2009	0,24	< 0,005	0,041	> 0,1 ns
2008 x 2010	0,379	< 0,001	0,11	> 0,1 ns
2009 x 2010	0,139	< 0,1	0,088	> 0,1 ns

O GC apresentou maior abundância de indivíduos de *C. glandulosa* (224 indivíduos; B1= 28, B2= 86 e B3= 110) em comparação com o GT (156 indivíduos; B4= 16, B5= 112 e B6= 28). O bloco 3 (B3) do GC apresentou autocorrelação negativa, sugerindo padrão espacial uniforme e o bloco 5 (B5) do GT apresentou autocorrelação positiva para curtas distâncias, indicativo de padrão agregado, com manchas de até nove metros (Figura 2 GC e GT).

**Figura 2** – Correlogramas de distribuição espacial do número total de indivíduos de *Colubrina glandulosa* nos blocos sem coleta de sementes (GC); nos blocos em que houve coleta (GT) e do número de indivíduos ingressantes no GC (IGC) e no GT (IGT) para seis classes de distância na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Os símbolos preenchidos correspondem a valores significativos do *I* de Moran para  $\alpha=0,05$  (para os correlogramas globalmente significativos), e os símbolos vazios correspondem a valores não significativos.



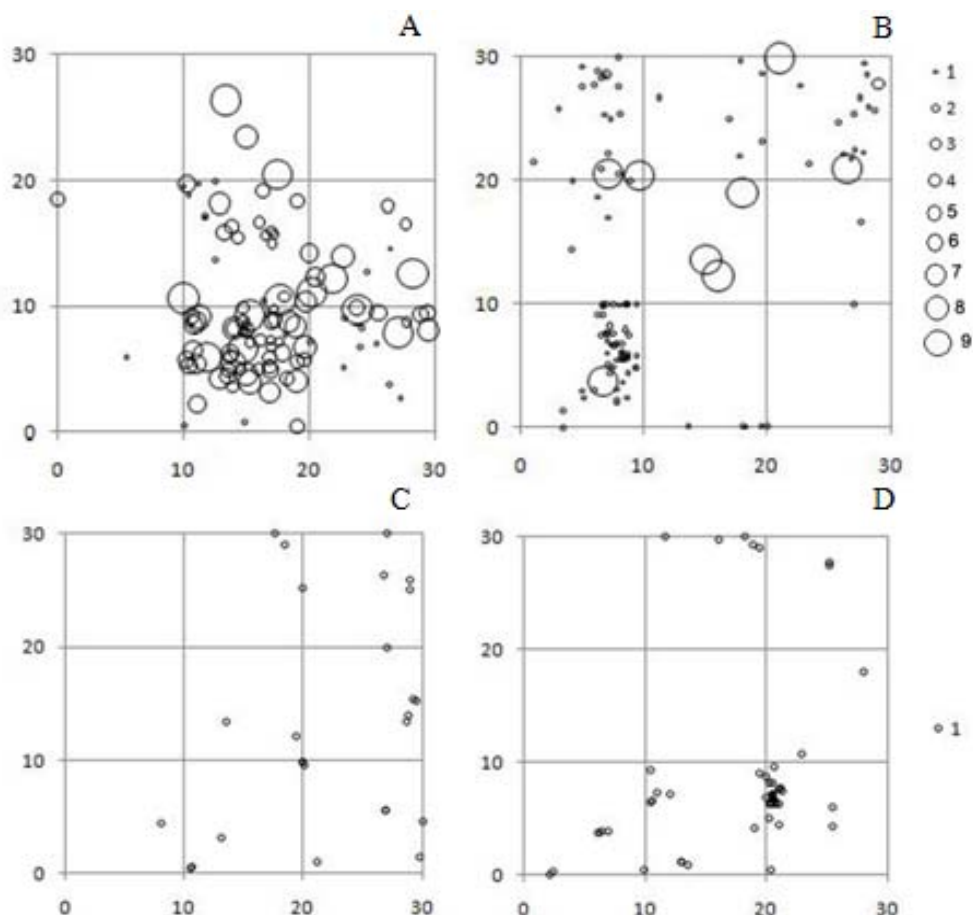
O GC também apresentou maior abundância de ingressantes (257 indivíduos; B1= 29, B2= 81 e B3= 147) em comparação com o GT (108 indivíduos; B4= 7,

B5= 50 e B6= 54). O bloco 1 (B1) do GC e o bloco 6 (B6) do GT apresentaram autocorrelação positiva para curtas distâncias, com manchas de até nove metros em ambos os casos (Figura 2 IGC e IGT).

Nos demais blocos não foi observada autocorrelação espacial, o que sugere uma distribuição espacial aleatória do número total de indivíduos e dos ingressantes.

A distribuição espacial dos indivíduos nos blocos cujos correlogramas foram globalmente significativos e apresentaram autocorrelação pode ser visualizada nos mapas de distribuição (Figura 3).

**Figura 3** – Mapas de distribuição para os blocos cujos correlogramas foram globalmente significativos (critério de Bonferroni com  $\alpha' = 0,008$ ). A= B3 total de indivíduos; B= B5 total de indivíduos; C= B1 indivíduos ingressantes e D= B6 indivíduos ingressantes. O diâmetro das circunferências é representativo das classes de tamanho.



## Discussão

A curva de distribuição de tamanho caracterizada por maior número de indivíduos nas menores classes de tamanho contrastando com menor número de indivíduos nas maiores classes (J invertido) já foi descrita para espécies arbóreas por vários autores (Alvarez-Buylla & Martinez-Ramos 1992, Clark & Clark 1992, Marques & Joly 2000, Oliveira-Filho *et al.* 2007, Carvalho *et al.* 2009, Bianchini *et al.* 2010). Frequentemente esta curva é interpretada como sinal de equilíbrio ou crescimento populacional, e de potencial regeneração no subosque da floresta, uma vez que é alta a probabilidade de um indivíduo da mesma espécie substituir um indivíduo adulto que morrer.

Zuidema & Boot (2002) observaram que a estrutura de tamanho da castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) apresentou uma curva de distribuição em forma de J invertido, em duas áreas de floresta primária na Amazônia Boliviana nas quais é realizada a coleta intensa dos frutos desta espécie. Esta curva foi interpretada como um indício de que a regeneração da espécie está ocorrendo nessas áreas, apesar da intensa coleta de frutos.

Entretanto, informações a respeito da estrutura de tamanho devem ser utilizadas com cautela na investigação da estabilidade demográfica de uma população explorada através da coleta de PFNM, uma vez que esta fornece a distribuição estática dos indivíduos nas classes de tamanho e, portanto, não aponta necessariamente o que acontecerá com a população no futuro (Avocèvou-Ayisso *et al.* 2009). Além disso, estruturas de tamanho semelhantes podem ser obtidas a partir de diferentes taxas de sobrevivência, crescimento e fecundidade (Souza *et al.* 2010).

Recrutamentos episódicos, ou picos no recrutamento, têm sido considerados um dos responsáveis por variações na estrutura de tamanho de populações vegetais (Grau 2000, Miranda-Melo *et al.* 2007). Não há estudos que comprovem que a espécie *C. glandulosa* forma banco de sementes, porém suas sementes possuem um tegumento muito rígido, que impede a entrada de água e garante a viabilidade por períodos longos de tempo (Cavalheiro *et al.* 2007). Portanto, essas sementes podem permanecer viáveis em campo até o surgimento de condições favoráveis para a germinação. Esta característica, aliada à reprodução mais intensa observada em 2008 e 2009, podem ter contribuído para o aumento no número de indivíduos na primeira classe de altura observado em ambos os tratamentos, principalmente em 2010. Variações temporais no recrutamento podem ocorrer devido a condições climáticas, formação de clareiras, flutuação no período de produção de sementes,

predação de sementes ou herbivoria, podendo explicar diferenças no estabelecimento de uma espécie (Miranda-Melo *et al.* 2007).

As diferenças nas estruturas de altura entre os tratamentos para os anos de 2007, 2009 e 2010 provavelmente ocorreram devido ao maior número de indivíduos observado na primeira classe do GC. Este resultado sugere que a coleta de sementes diminuiu o número de indivíduos na primeira classe de altura no GT, e que o efeito da coleta de sementes sobre a estrutura de altura pôde ser observado após três anos.

Wadt *et al.* (2008) estudaram a regeneração de populações exploradas da castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em três áreas com diferentes históricos e níveis de coleta de frutos, localizadas em reservas extrativistas no Acre, Brasil. As estruturas de tamanho nas três áreas apresentaram a curva em forma de J invertido e não diferiram estatisticamente entre si, porém a área com coleta de frutos mais intensa apresentou menor número de plântulas (indivíduos da primeira classe de tamanho). Avocèvou-Ayisso *et al.* (2009) realizaram um estudo comparativo da regeneração de *Pentadesma butyracea* Sab. em áreas com intensidades diferentes de coleta de frutos (coleta moderada e coleta intensa) e observaram que a estrutura de tamanho nas áreas com coleta moderada apresentou curva em forma de J invertido e diferiu da estrutura observada nas áreas com coleta intensa, que apresentou uma curva em forma de sino (com menor número de indivíduos nas primeiras e nas últimas classes de tamanho).

Mudanças na estrutura florestal e na dinâmica populacional de espécies exploradas são impactos que podem ocorrer devido a limitações na regeneração e no recrutamento dos indivíduos (Ticktin 2004). De acordo com Peters (1996) a alteração na estrutura de tamanho através da diminuição no número de indivíduos das primeiras classes de tamanho em populações de plantas é o primeiro sinal observado de exploração excessiva de PFNM, como ocorreu no presente estudo.

Na escala estudada, a distribuição espacial do número total de indivíduos e dos ingressantes de *C. glandulosa* se apresentou aleatória na maioria dos blocos do GC e do GT. Vários autores concordam que a distribuição aleatória é rara em populações de espécies arbóreas tropicais e que as espécies apresentam graus de agregação em alguma fase do desenvolvimento dos indivíduos (Condit *et al.* 2000, Fonseca *et al.* 2004, Franklin & Rey 2007).

Foi observada autocorrelação espacial negativa para o número total de indivíduos no B3, indicando padrão de distribuição espacial uniforme. A maioria dos indivíduos amostrados neste bloco pertence às menores classes de altura (Figura 4A). Pelo

fato de a área de estudo ser um reflorestamento, no qual as sementes foram plantadas de acordo com um espaçamento previamente estabelecido, sugere-se que os indivíduos adultos estejam distribuídos de maneira relativamente uniforme na área. *C. glandulosa* apresenta dispersão autocórica, portanto suas sementes não são dispersadas para longas distâncias da planta-mãe, levando a uma aglomeração dos indivíduos recém-germinados ao redor dos indivíduos reprodutivos. Essas manchas relativamente uniformes de indivíduos provavelmente sobressaíram na escala espacial adotada, resultando em um padrão de distribuição espacial uniforme.

O B5 apresentou padrão de distribuição espacial agregado devido à presença de indivíduos altamente reprodutivos (e que tiveram suas sementes coletadas) (Figura 4B). Sendo assim, os indivíduos recém-germinados se concentraram ao redor desses indivíduos caracterizando uma distribuição espacial agregada na escala estudada. Da mesma forma, os indivíduos ingressantes do B1 e do B6 apresentaram um padrão espacial agregado devido à presença de indivíduos reprodutivos nesses blocos. O B1 possui e apresenta sete indivíduos com altura superior a nove metros, entretanto poucos são reprodutivos. O B6 possui somente um indivíduo altamente reprodutivo, que tem suas sementes coletadas (observações pessoais).

Dentro das comunidades, o arranjo espacial mais frequentemente encontrado para espécies arbóreas tropicais é caracterizado pela diminuição da aglomeração das menores para as maiores classes de tamanho (Condit *et al.* 2000, Franklin & Rey 2007, Oliveira-Filho *et al.* 2007). A aglomeração de indivíduos pode ser uma consequência da dispersão limitada, de reprodução vegetativa ou da heterogeneidade ambiental (Hutchings 1997, Fonseca *et al.* 2004). Segundo Nathan & Muller-Landau (2000) a massa e o formato das sementes, bem como o agente dispersor, são alguns fatores que irão influenciar a distância máxima de dispersão que pode ser atingida por uma espécie. Neste estudo, a dispersão autocórica de *C. glandulosa* pode ter favorecido a agregação dos indivíduos nos blocos que apresentaram indivíduos reprodutivos.

Embora a área de reflorestamento estudada seja caracterizada por uma cobertura vegetal heterogênea, foi observado padrão aleatório de distribuição para o número total de indivíduos e para os indivíduos ingressantes na maioria dos blocos, indicando que as condições para o estabelecimento dos indivíduos de *C. glandulosa* não estão restritas a algumas manchas no ambiente na escala espacial considerada. Quando a distribuição dos indivíduos se mostrou agregada, o que ocorreu tanto em blocos do GC quanto do GT, as manchas de indivíduos apresentaram a mesma amplitude, sugerindo que as condições

ambientais adequadas para o estabelecimento das plântulas não variaram entre os tratamentos a ponto de provocarem mudanças no padrão espacial dos indivíduos.

De acordo com o esperado, a coleta de sementes afetou a estrutura de altura de *C. glandulosa* na área de reflorestamento no período estudado, principalmente através da diminuição do número de indivíduos na primeira classe de altura no GT. Entretanto, este resultado deve ser interpretado com cautela uma vez que a análise da distribuição dos indivíduos nas classes de tamanho em um determinado ponto no tempo é insuficiente para prever o comportamento demográfico futuro de uma população explorada pela coleta de PFNM.

O padrão de distribuição espacial do número total de indivíduos e dos indivíduos ingressantes não apresentou diferenças marcantes entre os tratamentos, sendo aleatório em quase todos os blocos. Este resultado evidencia que a coleta de sementes não afetou a estrutura espacial de *C. glandulosa* na área de reflorestamento.

Os resultados do presente estudo aliados aos dados demográficos (Capítulo 1) apresentam informações relevantes dos efeitos da coleta de sementes sobre a regeneração de *C. glandulosa* na área de reflorestamento estudada, o que pode contribuir para a elaboração de um plano de manejo de coleta que permita que a população seja explorada de forma sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-BUYLLA, E.R. & MARTINEZ-RAMOS, M. 1992. Demography and allometry of *Cecropia obtusifolia*, a neotropical pioneer tree – an evaluation of the climax-pioneer paradigm for tropical rain forests. *Journal of Ecology* 80: 275-290.
- AVOCÈVOU-AYISSO, C., SINSIN, B., ADÉGBIDI, A., DOSSOU, G. & DAMME, P.V. 2009. Sustainable use of non-timber forest products: impact of fruit harvesting on *Pentadesma butyraceae* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin. *Forest Ecology and Management* 257: 1930-1938.
- BERNAL, R. 1998. Demography of vegetable ivory palm *Phytelephas seemanii* in Colombia and the impact of seed harvesting. *Journal of Applied Ecology* 35: 64-74.
- BIANCHINI, E., POPOLO, R.S, DIAS, M.C. & PIMENTA, J.A. 2003. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 17 (3): 405-419.
- BIANCHINI, E., GARCIA, C.C., PIMENTA, J.A. & TOREZAN, J.M.D. 2010. Slope variation and population structure of tree species from different groups in South Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82 (3): 643-652.
- CARVALHO, L.D.S., GONZAGA, A.P.D, MACHADO, E.L.M., SOUSA, H., BOTREL, R.J., SILVA, V.F., RODRIGUES, L.A. & OLIVEIRA-FILHO, A.T. 2009. Estrutura temporal de sete populações em três fragmentos florestais no alto rio grande, Minas Gerais. *Cerne* 15 (1): 58-66.
- CAVALHEIRO, A.L., PIMENTA, J.A. & TOREZAN, J.M.D. 2007. Effect of some physical and chemical treatments on germination of *Colubrina glandulosa* seeds. *Seed Science and Technology* 35 (3): 744-748.
- CLARK, D.A. & CLARK, D.B. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs* 62: 315-344.
- CONDIT, R., ASHTON, P.S., BAKER, P., BUNYAVEJCHEWIN, S., GUNATILLEKE, S., GUNATILLEKE, N., HUBBELL, S.P., FOSTER, R.B., ITOH, A., LAFRANKIE, J.V., LEE, H.S., LOSOS, E., MANOKARAN, N., SUKUMAR, R. & YAMAKURA, T. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* 288: 1414-1418.
- DALLING, J.W., HUBBELL, S.P. & SILVERA, K. 1998. Seed dispersal, seedling establishment, and gap partitioning among pioneer trees. *Journal of Ecology*, 86: 674–689.
- DINIZ-FILHO, J.A.F., BINI, L.M. & HAWKINS, B. 2003. Spatial autocorrelation and red herrings in a geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography* 12: 53-64.
- DJOSSA, B.A., FAHR, J., WIEGAND, T., AYIHOUEËNOU, B.E., KALKO, E.E. & SINSIN, B.A. 2008. Land use impact on *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaerten stand structure and distribution patterns: a comparison of Biosphere Reserve of Pendjari in Atacora district in Benin. *Agroforestry Systems* 72: 205–220.

- FONSECA, M.G., MARTINI, A.M.Z. & SANTOS, F.A.M. 2004. Spatial structure of *Aspidosperma polyneuron* in two semi-deciduous forests in Southeast Brazil. *Journal of Vegetation Science* 15: 41-48.
- FRANKLIN, J. & REY, S.J. 2007. Spatial patterns of tropical forest trees in Western Polynesia suggest recruitment limitations during secondary succession. *Journal of Tropical Ecology* 23: 1-11.
- GUEDJE, N.M., ZUIDEMA, P.A., DURING, H., FOAHOM, B. & LEJOLY, J. 2007. Tree bark as a non-timber forest product: the effect of bark collection on population structure and dynamics of *Garcinia lucida* Vesque. *Forest Ecology and Management* 240: 1-12.
- GRAU, H.R. 2000. Regeneration patterns of *Cedrella lilloi* (Meliaceae) in northwestern Argentina subtropical montane forest. *Journal of Tropical Ecology* 16: 227-242.
- HUTCHINGS, M.J. 1997. The structure of plant populations. *In* Plant ecology. (M.J. Crawley, ed.) Blackwell Science, Oxford, p.325-358.
- LEGENDRE, P. & FORTIN, M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.
- LORENZI, H. 2008. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 1, 5.ed. Plantarum, São Paulo.
- MARQUES, M.C.M. & JOLY, C.A. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23 (1): 107-112.
- MELO, F.P.L., MARTÍNEZ-SALAS, E., BENÍTEZ-MALVIDO, J. & CEBALLOS, G. 2010. Forest fragmentation reduces recruitment of large-seeded tree species in a semi-deciduous tropical Forest of southern Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 26: 35-43.
- MIRANDA-MELO, A.A., MARTINS, F.R. & SANTOS, F.A.M. 2007. Estrutura populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e de *Roupala montana* Aubl. em fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 30 (3): 501-507.
- NATHAN, R. & MULLER-LANDAU, H.C. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Tree* 15 (7): 278-285.
- ODEN, N.L. 1984. Assessing the significance of a spatial correlogram. *Geographical Analysis*, v.16: 1-16.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., CARVALHO, W.A.C, MACHADO, E.L.M., HIGUCHI, P., APPOLINÁRIO, V., CASTRO, G.C., SILVA, A.C, SANTOS, R.M., BORGES, L.F., CORRÊA, B.S. & ALVES, J.M. 2007. Dinâmica da comunidade e populações arbóreas da borda e interior de um remanescente florestal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais, em um intervalo de cinco anos (1999-2004). *Revista Brasileira de Botânica* 30 (1): 149-161.
- PETERS, C.M. 1994. Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest: An ecological primer. USAID Biodiversity Support Programme, Washington, DC.

- PETERS, C.M. 1996. The ecology and management of non-timber forest resources. World Bank Technical Paper, The World Bank, Washington, DC.
- SCHUMANN, K., WITTIG, R., THIOMBIANO, A., BECKER, U. & HAHN, K. 2010. Impact of land-use type and bark-and leaf-harvesting on population structure and fruit production of baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in a semi-arid savanna, West Africa. *Forest Ecology and Management* 260: 2035-2044.
- SCHUPP, E.W., MILLERON, T. & RUSSO, S. 2002. Dissemination limitation and the origin and maintenance of species-rich tropical forests. *In* Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. (W.R. Levey, W.R. Silva & M. Galetti, eds.) CAB International, Wallingford, UK, p. 19-33.
- SIEGEL, S. 1975. Estatística não paramétrica para ciência do comportamento. McGraw-Hill, São Paulo.
- SILVA, F.C. & SOARES-SILVA, L.H.S. 2000. Arboreal flora of the Godoy Forest State Park, Londrina, Pr, Brasil. *Endinburgh Journal of Botany* 97: 265-276.
- SOUZA, I.F., SOUZA, A.F, PIZO, M.A & GANADE, G. 2010. Using tree population size structures to assess the impacts of cattle grazing and eucalypts plantations in subtropical South America. *Biodiversity and Conservation* 19: 1683-1698.
- STURGES, H. 1926. The choice of a class-interval. *Journal of the American Statistical Association* 21: 65-66.
- TICKTIN, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology* 41: 11-21.
- TICKTIN, T., NANTEL, P., RAMIREZ, F. & JOHNS, T. 2002. Effects of variation on harvest limits for non-timber forest species in Mexico. *Conservation Biology*: 16 (3): 691-705.
- TRAUERNICHT, C. & TICKTIN, T. 2005. The effects of non-timber forest products cultivation on the plant community structure and composition of a humid tropical forest in southern Mexico. *Forest Ecology and Management* 219 (2-3): 269-278.
- URIARTE, M., CANHAM, C.D., THOMPSON, J., ZIMMERMAN, J.K. & BROKAW, N. 2005. Seedling recruitment in a hurricane-driven tropical forest: light limitation, density-dependence and the spatial distribution of parent trees. *Journal of Ecology*, 93: 291-304.
- VICENTE, R.F. 2006. O Parque Estadual Mata dos Godoy. *In* Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy. (J.M.D. Torezan, org.) Itedes, Londrina.
- WADT, L.H.O., KAINER, K.A., STAUDHAMMER, C.L. & SERRANO, R.O.P. 2008. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserves: natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. *Biological Conservation* 141: 332-346.
- ZAR, J. H. 1984. Biostatistical analysis. 2.ed. Prentice Hall, New Jersey.

ZUIDEMA, P.A & BOOT, R.G.A. 2002. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *Journal of Tropical Ecology* 18: 1-31.

## **CAPÍTULO 3**

**EFEITO DA COLETA DE SEMENTES SOBRE A CHUVA DE SEMENTES E O  
RECRUTAMENTO DE *COLUBRINA GLANDULOSA* G. PERKINS (RHAMNACEAE)  
EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO NO SUL DO BRASIL**

**Abstract**

(Seed extraction effect on seed rain and recruitment of *Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) in reforested area in south Brazil). The aim of the study was to evaluate the seed extraction effect on demography of *C. glandulosa*, a tree species exploited by seed extraction to produce seedlings used in reforestation. Fifty four plots of 100m<sup>2</sup> (10m x 10m), divided into six blocks of nine plots each, were set in a reforested area of Godoy Forest State Park, 23°27' S and 51°15' W (visitor center), Londrina, Paraná, Brazil. The control group (CG) remained without seed extraction while the treatment group (TG) had about 80% of the seeds extracted from all *C. glandulosa* reproductive individuals before the seed dispersal period. Student *t* test showed that there was no significant difference between the number of seeds sampled in CG and in TG ( $t = -0,23$ ;  $p = 0,81$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Calculations of recruitment limitations (SL= source limitation, DL= dispersal limitation; FEL= fundamental establishment limitation and REL= realized establishment limitation) were also performed for both treatments and were higher in TG. Seed rain of *C. glandulosa* was not affected by seed extraction at the reforested area. Seed extraction increased seed limitation, mainly through source component (SL), while establishment limitations (FEL and REL) seemed to be most influenced by the heterogeneity of the studied area.

**Keywords:** Seed extraction. Non-timber forest products. Recruitment limitations. Reforestation.

**Resumo**

(Efeito da coleta de sementes sobre a chuva de sementes e o recrutamento de *Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) em área de reflorestamento no sul do Brasil). O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da coleta de sementes sobre a chuva de sementes e o recrutamento de *C. glandulosa*, uma espécie arbórea que é explorada através da coleta de sementes para obtenção de mudas utilizadas em reflorestamentos. Foram estabelecidas 54 parcelas de 100m<sup>2</sup> (10m x 10m), divididas em seis blocos de nove parcelas cada um, na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), 23°27' S e 51°15' W (centro de visitantes), Londrina, Paraná, Brasil. No grupo controle (GC) não houve coleta enquanto no grupo tratamento (GT) foram coletadas cerca de 80% das sementes de todos os indivíduos reprodutivos de *C. glandulosa* antes do período de dispersão das sementes. A chuva de sementes de *C. glandulosa* foi avaliada durante o período de dispersão da espécie (agosto a novembro de 2006), por meio de coletores de madeira instalados nas três parcelas centrais de cada bloco. O teste *t* de Student revelou que não houve diferença significativa entre a quantidade de sementes amostrada nos tratamentos ( $t = -0,23$ ;  $p = 0,81$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Também foram calculadas as limitações ao recrutamento (LF= limitação da fonte; LD= limitação da dispersão; LEF= limitação de estabelecimento fundamental e LER= limitação de estabelecimento realizada) para cada tratamento, e estas foram maiores para o GT. A chuva de sementes de *C. glandulosa* não foi afetada pela coleta de sementes na área de reflorestamento. A coleta de sementes aumentou a limitação de sementes, principalmente através do componente fonte (LF), enquanto as limitações ao estabelecimento (LEF e LER) parecem ter sido mais influenciadas pela heterogeneidade da área de estudo.

**Palavras-chave:** Coleta de sementes. Produtos florestais não-madeireiros. Limitações ao recrutamento. Reflorestamento.

## Introdução

Tanto a manutenção quanto a recuperação das comunidades florestais dependem do processo de regeneração (Harper 1977, Hofgaard 1993, Marimon & Felfili 2006, Pires 2006), o qual envolve uma série de fatores e eventos como produção, maturação e dispersão de sementes, disponibilidade de substrato e microambientes favoráveis para a germinação, e estabelecimento e sobrevivência de plântulas (Marimon & Felfili 2006).

A chuva de sementes em determinada área é elemento chave na dinâmica das populações florestais (Harper 1977), pois tem o papel de formar bancos de sementes e de plântulas, que influenciam na estrutura das comunidades vegetais através do recrutamento de novos indivíduos (Campos *et al.* 2009). A regeneração das florestas, portanto, depende do potencial de reposição de indivíduos e da recomposição de espécies que, por sua vez, depende da disponibilidade de sementes (Penhalber & Mantovani 1997, Campos *et al.* 2009).

O recrutamento de indivíduos nas florestas determina a riqueza de espécies, a estrutura espacial das populações e a dinâmica da composição de espécies ao longo do tempo (Schupp *et al.* 2002) e pode ser influenciado por três fatores, os quais não são mutuamente exclusivos nem independentes: 1) limitação de recursos, quando há uma baixa disponibilidade de sementes, determinada pela abundância e fertilidade dos adultos; 2) limitação da dispersão, quando as sementes não são dispersas até os locais de potencial recrutamento; e 3) limitação do estabelecimento, que ocorre por condições bióticas ou abióticas desfavoráveis (Nathan & Muller-Landau 2000, Schupp *et al.* 2002, Pires 2006). Portanto, considerar os processos que ocorrem após a chuva de sementes também se torna essencial para compreender a influência desta sobre a distribuição espacial e a dinâmica das populações de plantas (Nathan & Muller-Landau 2000).

Alguns autores (Holl 1999, Wijdeven & Kuzee 2000, Martínez-Garza *et al.* 2009) têm sugerido que a disponibilidade de sementes é um dos principais fatores limitantes da regeneração da vegetação em paisagens tropicais fragmentadas e degradadas. Desta forma, estudos que abordam a influência da chuva de sementes sobre a regeneração de espécies vegetais são de extrema importância para a conservação dessas espécies (Holl 1999, Vieira & Gandolfi 2006, Ceccon & Hernández 2009, Martínez-Garza *et al.* 2009, Teegalapalli *et al.* 2010).

Em função da acelerada fragmentação das florestas tropicais (Melo *et al.* 2010) e, conseqüentemente, do aumento das intervenções nas áreas degradadas por técnicas de manejo, algumas espécies arbóreas são exploradas através da coleta de sementes visando à

produção de mudas utilizadas em reflorestamentos. *Colubrina glandulosa* G. Perkins (Rhamnaceae) é uma das espécies arbóreas que foi utilizada no reflorestamento Projeto Madeira, em uma área contígua à floresta nativa do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, sul do Brasil. Neste reflorestamento têm sido realizadas coletas de sementes desta espécie, com a finalidade de produzir mudas para o viveiro do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas da Universidade Estadual de Londrina.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da coleta de sementes sobre a chuva de sementes e o recrutamento de *C. glandulosa*, comparando áreas com e sem coleta de sementes, a fim de responder as seguintes questões: (1) Existe diferença na chuva de sementes de *C. glandulosa* entre as áreas com e sem coleta de sementes no reflorestamento estudado? (2) As limitações ao recrutamento de *C. glandulosa* são diferentes entre estas áreas?

Espera-se encontrar menor quantidade de sementes de *C. glandulosa* na chuva de sementes da área em que ocorreu coleta de sementes, bem como maiores limitações ao recrutamento nesta área.

## Material e Métodos

O Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) (23°27' S e 51°15' W – centro de visitantes), possui 680 ha ocupados, em sua maioria, por floresta estacional semidecidual circundada por terras cultivadas, pastagens, áreas de floresta secundária e reflorestamento (Bianchini *et al.* 2003). A área situa-se sobre relevo suave na porção norte e colinas paralelas com declive moderado na porção sul, onde se limita com o Ribeirão dos Apertados, único curso de água permanente (Soares-Silva & Barroso 1992).

O estudo foi realizado no reflorestamento denominado Projeto Madeira, implantado em 1989, em duas áreas de 20 ha contíguas à floresta nativa do PEMG, situadas na porção norte. A espécie *C. glandulosa* é decídua, heliófita e seletiva higrófila (Lorenzi 2008) e apresenta rápido desenvolvimento (Silva & Soares-Silva 2000), com grande potencial para reflorestamento em áreas com solos degradados. Esta foi uma das espécies utilizadas no reflorestamento Projeto Madeira, juntamente com louro pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.), canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), gurucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan) e peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.) (Vicente 2006).

Foram demarcadas 54 parcelas de 100m<sup>2</sup> (10m x 10m) na área de reflorestamento, divididas em seis grupos quadrados (blocos) de nove parcelas cada um. Os

blocos 1, 2 e 3 não sofreram coleta de sementes e estes foram denominados conjuntamente de grupo controle (GC) enquanto os blocos 4, 5 e 6 tiveram as sementes coletadas e foram denominados conjuntamente de grupo tratamento (GT). Cerca de 80% das sementes de todos os indivíduos reprodutivos de *C. glandulosa* do GT foram coletadas (totalizando quatro indivíduos) antes do período de dispersão das sementes (ago/2006, ago/2008 e ago/2009).

Os blocos foram dispostos de forma que aqueles que sofreram coleta de sementes ficassem intercalados com os blocos sem coleta. A fim de minimizar a interferência da chuva de sementes de blocos vizinhos os blocos foram afastados uns dos outros por uma distância de 30 metros.

O nível de extração de cerca de 80% das sementes foi estabelecido por caracterizar uma coleta intensa (Bernal 1998, Zuidema & Boot 2002). No momento da coleta, este nível foi estimado visualmente a partir da quantidade de sementes presente na copa de cada indivíduo reprodutivo do GT. A coleta foi realizada utilizando-se escada de alumínio e podão. Como a reprodução foi muito baixa em 2007, não houve coleta de sementes neste ano.

A chuva de sementes de *C. glandulosa* foi avaliada quinzenalmente, durante o período de dispersão da espécie (agosto a novembro de 2006), por meio de coletores de madeira de 1m<sup>2</sup>, 0,15m de profundidade e 0,70m de altura, com o fundo revestido de tela de polipropileno. Em cada bloco foram instalados três coletores, localizados nas três parcelas centrais, totalizando nove coletores por tratamento. Todo o material presente nos coletores foi acondicionado em sacos plásticos, rotulado e transportado para o Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Estadual de Londrina, onde, com o auxílio de microscópio estereoscópico, foi triado, separando-se os frutos e as sementes da espécie alvo.

A parcela 2 do B5 e a parcela correspondente no grupo controle (parcela 2 do B2) foram excluídas deste estudo. A exclusão ocorreu devido ao coletor da parcela 2 do B5 estar localizado abaixo de um indivíduo altamente reprodutivo que, mesmo tendo 80% das suas sementes coletadas, dispersou muitas sementes que foram amostradas pelo coletor desta parcela. A não exclusão da parcela 2 do B5 iria impossibilitar as observações da influência da coleta de sementes naquelas parcelas (2 do B5 e 2 do B2) que apresentaram indivíduos com dispersão de sementes homogênea, mesmo após a coleta de 80% das sementes no GT.

A chuva de sementes entre o GC e o GT foi comparada através do teste *t* de Student para duas amostras independentes, mediante emprego dos métodos de pequenas amostras. O critério de significância utilizado foi de 0,05. Os pressupostos do teste *t* foram verificados anteriormente: para a verificação da normalidade dos dados adotou-se o teste de Shapiro-Wilk e para a verificação da homogeneidade das variâncias adotou-se o teste F. Para

estas análises foi utilizada a somatória do número de sementes amostrado por coletor em cada tratamento (oito coletores por tratamento).

Também foram calculadas a limitação de sementes e a limitação de estabelecimento segundo as fórmulas propostas por Nathan e Muller-Landau (2000), descritas a seguir:

Limitação de sementes (LS)

$$LS = 1 - a/n$$

A limitação de sementes foi decomposta em limitação da fonte (LF) e limitação da dispersão (LD), como proposto por Clark *et al.* (1998):

Limitação da fonte (LF)

$$LF = e^{(-s/n)}$$

Limitação da dispersão (LD)

$$LD = 1 - \{(a/n)/1 - LF\},$$

onde, a= número de coletores onde a semente foi coletada, n= número total de coletores, e= base do logaritmo neperiano e s= número total de sementes coletadas.

Limitação de estabelecimento fundamental (LEF)

$$LE = 1 - r/n$$

Limitação de estabelecimento realizada (LER)

$$LR = 1 - r/a,$$

onde, r= número de parcelas em que a plântula da espécie foi encontrada, n= número total de parcelas, e a= número de coletores onde as sementes foram encontradas.

Para esses cálculos, foram utilizados os dados da chuva de sementes referentes ao período em que houve, concomitantemente, coleta de sementes e amostragem dos indivíduos nas parcelas para o estudo demográfico, computando-se apenas as plântulas que emergiram neste período (com altura menor ou igual a 20 cm) e que atingiram um ano de idade, a partir da qual se espera que tenha maior probabilidade de sobrevivência (Streng *et al.* 1989).

Neste estudo, o termo ‘recrutamento’ foi utilizado para se referir à ocupação de microsítios disponíveis para germinação e estabelecimento de indivíduos da espécie. As limitações ao recrutamento referem-se, portanto, aos fatores ou processos que influenciam

estes eventos, levando a falhas na ocupação dos microsítios pelos indivíduos da espécie (Pires 2006).

## Resultados

A quantidade de sementes amostradas foi baixa para ambos os tratamentos (GC=  $4,1 \pm 3,07$  e GT=  $5,5 \pm 5,12$ ). Verificou-se pelo teste de Shapiro-Wilk a normalidade para as observações (GC  $w= 0,57$ ;  $p<0,01$  e GT  $w= 0,45$ ;  $p<0,01$ ) e o teste F indicou não haver diferença significativa entre as variâncias populacionais. Não foi observada diferença significativa entre a quantidade de sementes amostrada no GC e no GT ( $t= -0,23$ ;  $p= 0,81$ ;  $\alpha=0,05$ ).

A estimativa da Limitação de Sementes (LS) e seus componentes (LF e LD) e da Limitação de Estabelecimento - Fundamental (LEF) e Realizada (LER) - de *C. glandulosa* revelaram que as limitações ao recrutamento foram maiores para o GT, com destaque para a LEF e LER, que atingiram o valor máximo (Tabela 1).

**Tabela 1** – Limitações ao recrutamento de *Colubrina glandulosa* no grupo de indivíduos sem coleta de sementes (GC) e no grupo em que houve coleta (GT) quantificadas para no ano de 2006 na área de reflorestamento do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Limitação de sementes (LS) e seus componentes (Fonte – LF, e Dispersão – LD) e Limitação de Estabelecimento Fundamental (LEF) e de Estabelecimento Realizada (LER).

	GC	GT
LS	0,6	0,8
LF	0,004	0,016
LD	0,6	0,8
LEF	0,9	1,0
LER	0,7	1,0

## Discussão

Embora a chuva de sementes de *C. glandulosa* não tenha diferido estatisticamente entre os tratamentos, a coleta de cerca de 80% das sementes dos indivíduos reprodutivos no GT implicou em maior limitação de sementes (LS) para este tratamento, indicando que as sementes foram encontradas em mais coletores no GC do que no GT. A limitação da fonte (LF), que leva em consideração o número total de sementes amostrado, foi o parâmetro que mais variou proporcionalmente entre os tratamentos, refletindo a diminuição no número de sementes dispersadas no GT devido à coleta de sementes. A limitação da

dispersão (LD), que considera os valores de LS e LF, foi maior para o GT devido, principalmente, ao componente fonte (LF).

Como a espécie estudada apresenta dispersão autocórica, suas sementes são dispersas próximas à planta parental, portanto nas unidades amostrais foi amostrada a chuva de sementes local. A limitação de sementes e seus componentes revelaram que o número de sementes amostrado foi o que mais contribuiu para as diferenças nas limitações ao recrutamento de *C. glandulosa* entre o GC e o GT.

Holl (1999) observou que a dispersão de sementes foi a principal causa limitante da regeneração em uma pastagem abandonada na Costa Rica, enquanto Wijdeven & Kuzee (2000) constataram, através da análise do banco, da chuva e da predação de sementes, que a disponibilidade de sementes limitou a regeneração em uma pastagem abandonada no noroeste da Costa Rica. Martínez-Garza *et al.* (2009), comparando a chuva de sementes entre uma pastagem abandonada e áreas de florestas primária e secundária no México, observaram que a regeneração na pastagem foi limitada principalmente pela dispersão de sementes: poucas espécies florestais foram encontradas na pastagem.

O reflorestamento estudado é relativamente recente, apresentando características ambientais favoráveis à germinação das sementes de espécies pioneiras, como alta penetração de luz devido ao dossel pouco denso. Entretanto, a presença de capim colônio (*Panicum maximum*) em algumas unidades amostrais (Cunha 2006) pode ter dificultado a germinação das sementes de *C. glandulosa* nesses locais, contribuindo para os valores elevados de limitações de estabelecimento (LEF e LER) para o GC e valores máximos para o GT. Holl (1999) observou que a presença de gramíneas limitou a germinação de sementes de algumas espécies em uma pastagem abandonada na Costa Rica.

O presente estudo revelou que no período estudado foi estimado um número pequeno de plântulas emergentes (e que atingiram um ano de idade) em relação à chuva de sementes, refletido nos valores elevados de limitação de estabelecimento realizada (LER), com valor máximo para o GT. Isto pode estar associado à abundância de indivíduos regenerantes de outras espécies na área estudada (Cunha 2006) (principalmente *Parapiptadenia rigida*), que impedem que as sementes de *C. glandulosa* ocupem sítios favoráveis à germinação e ao estabelecimento das plântulas. A possibilidade de um microsítio favorável à ocorrência das sementes não ser o mais adequado para a sobrevivência da plântula parece ocorrer amplamente em sistemas naturais, e pode exercer um grande impacto sobre a quantidade total de recrutamentos nas florestas e na distribuição das plântulas entre os microambientes (Schupp 1995, Pires 2006).

A mortalidade de indivíduos recém germinados provavelmente contribuiu para os valores elevados da LER. A mortalidade mais acentuada durante o primeiro ano de vida é um evento comumente descrito na literatura para espécies vegetais (Clark & Clark 1992, Marques & Joly 2000), e no presente estudo se mostrou maior no GT (Capítulo 1). Esta mortalidade precoce pode estar relacionada, em grande parte, às características intrínsecas dos indivíduos, especialmente ao vigor da plântula, geralmente associado à massa da semente, período de emergência (Streng *et al.* 1989) e à condição da germinação (Pires 2006). A redução na mortalidade com a idade e/ou tamanho das plantas, em consequência do aumento na resistência e capacidade competitiva é frequentemente descrita na literatura (Clark & Clark 1992). Deste modo, pode ser esperado que a classe de plântulas de uma população apresente a maior dinâmica, estando mais suscetível às variações na chuva de sementes (Schupp 1990, De Stevens 1994) e à ocorrência de eventos estocásticos (Bianchini 1998).

Diante dos resultados, sugere-se que a chuva de sementes de *C. glandulosa* não foi afetada pela coleta de sementes na área de reflorestamento estudada. Entretanto, as limitações ao recrutamento foram superiores no GT. A coleta de cerca de 80% das sementes aumentou a limitação de sementes (LS) e seus componentes (LF e LD) no GT, indicando que a diminuição no número de sementes dispersadas pode afetar o recrutamento dos indivíduos da espécie na área de reflorestamento. As limitações ao estabelecimento dos indivíduos (LEF e LER) foram semelhantes entre os tratamentos e parecem ter sido mais influenciadas pela heterogeneidade da área estudada e pela mortalidade dos indivíduos recém-germinados do que pela quantidade de sementes que foram dispersadas.

Tornam-se necessários estudos que abordem a variação da chuva de sementes e do recrutamento de *C. glandulosa* em resposta à coleta de sementes durante um período mais longo de tempo. Os dados desses estudos poderiam acrescentar informações e cuidados importantes para a elaboração de um plano de manejo que permita a perpetuação da coleta de sementes de forma sustentável e, desta forma, garanta a manutenção desta população explorada.

## REFERÊNCIAS

- BERNAL, R. 1998. Demography of vegetable ivory palm *Phytelephas seemannii* in Colombia and the impact of seed harvesting. *Journal of Applied Ecology* 35: 64-74.
- BIANCHINI, E. 1998. Ecologia de população de *Cryosophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BIANCHINI, E., POPOLO, R.S, DIAS, M.C. & PIMENTA, J.A. 2003. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 17 (3): 405-419.
- CAMPOS, E.P., VIEIRA, M.F., SILVA, A.F., MARTINS, S.V., CARMO, F.M.S., MOURA, V.M. & RIBEIRO, A.S.S. 2009. Chuva de sementes em floresta estacional em Viçosa, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23 (2): 451-458.
- CECCON, E. & HERNÁNDEZ, P. 2009. Seed rain dynamics following disturbance exclusion in a secondary tropical dry forest in Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 57 (1-2): 257-269.
- CLARK, D.A. & CLARK, D.B. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs* 62: 315-344.
- CLARK, J.S., MACKLIN, E. & WOOD, L. 1998. Stages and spatial scales of recruitment limitation in southern Appalachian forests. *Ecological Monographs* 68 (2): 213-235.
- CUNHA, C.C. 2006. Chuva de sementes em área reflorestada do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- DE STEVENS, D. 1994. Tropical tree seedling dynamics: recruitment patterns and their population consequences for three canopy species in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 10: 369-383.
- HARPER, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London.
- HOFGAARD, A. 1993. Seed rain quantity and quality, 1984-1992, in a high altitude old-growth spruce forest, northern Sweden. *New Phytologist* 125: 635-640.
- HOLL, K.D. 1999. Factors limiting tropical rain Forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica* 31 (2): 229-242.
- LORENZI, H. 2008. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 1, 5.ed. Plantarum, São Paulo.
- MARIMON, B.S. & FELFILI, J.M. 2006. Chuva de sementes em uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. e em uma floresta mista adjacente no Vale do Araguaia, MT, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20 (2): 423-432.

- MARTÍNEZ-GARZA, C., FLORES-PALACIOS, A., PEÑA-DOMENE, M.D.L. & HOWE, H.F. 2009. Seed rain in a tropical agricultural landscape. *Journal of Tropical Ecology* 25: 541-550.
- MELO, F.P.L., MARTÍNEZ-SALAS, E., BENÍTEZ-MALVIDO, J. & CEBALLOS, G. 2010. Forest fragmentation reduces recruitment of large-seeded tree species in a semi-deciduous tropical Forest of southern Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 26: 35-43.
- NATHAN, R. & MULLER-LANDAU, H.C. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Tree* 15 (7): 278-285.
- PENHALBER, E.F. & MANTOVANI, W. 1997. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 20: 205-220.
- PIRES, L.A. 2006. Ecofisiologia de espécies ocorrentes em uma floresta de restinga. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro.
- SCHUPP, E.W. 1990. Annual variation in seedfall, postdispersal seed predation, and recruitment of a neotropical tree. *Ecology* 71: 504-515.
- SCHUPP, E.W. 1995. Seed-seedling conflicts, habitat choice, and patterns of plant recruitment. *American Journal of Botany* 82 (3): 399-409.
- SCHUPP, E.W., MILLERON, T. & RUSSO, S. 2002. Dissemination limitation and the origin and maintenance of species-rich tropical forests. *In* Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. (W.R. Levey, W.R. Silva & M. Galetti, eds.) CAB International, Wallingford, UK, p. 19-33.
- SILVA, F.C., & SOARES-SILVA, L.H.S. 2000. Arboreal flora of the Godoy Forest State Park, Londrina, Pr. Brasil. *Endinburgh Journal of Botany* 97: 265-276.
- SOARES-SILVA, L.H. & BARROSO, G.M. 1992. Fitossociologia de estrato arbóreo da floresta na porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina-Pr., Brasil. *In* Anais do 8º Congresso Sociedade Botânica de São Paulo, São Paulo, p. 101-112.
- STRENG, D.R., GLITZENSTEIN, P.A. & HARCOTBE, P.A. 1989. Woody seedling dynamics in a east Texas floodplain forest. *Ecological Monographs* 59 (2): 177-204.
- TEEGALAPALLI, K., HIREMATH, A.J. & JATHANNA, D. 2010. Patterns of seed rain and seedling regeneration in abandoned agricultural clearings in a seasonal dry tropical forest in India. *Journal of Tropical Ecology* 26: 25-33.
- VICENTE, R.F. 2006. O Parque Estadual Mata dos Godoy. *In* Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy. (J.M.D. Torezan, org.). Itedes, Londrina, p.13-18.
- VIEIRA, D.C.M. & GANDOLFI, S. 2006. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. *Revista Brasileira de Botânica* 29 (4): 541-554.
- WIJDEVEN, S.M.J. & KUZEE, M.E. 2000. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. *Restoration Ecology* 8 (4): 414-424.

ZUIDEMA, P.A & BOOT, R.G.A. 2002. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *Journal of Tropical Ecology* 18: 1-31.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variações demográficas da população de *Colubrina glandulosa* foram diferentes nos grupos com (GT) e sem (GC) coleta de sementes na área de reflorestamento estudada. O número total de indivíduos variou muito pouco no GT e esta área apresentou menor número de indivíduos ingressantes que o GC, menor fecundidade e mais regressões ocasionadas por quebra do caule. Além disso, a mortalidade dos indivíduos da primeira classe de tamanho também foi maior no GT. Considerando que as taxas demográficas permaneçam constantes, as estimativas da taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) revelaram que o tamanho da população tende a aumentar no GC, enquanto no GT a população tende a permanecer em equilíbrio. A sobrevivência e permanência dos indivíduos na última classe de tamanho foi a taxa demográfica que mais contribuiu para o valor de  $\lambda$  em ambos os tratamentos, sugerindo que as medidas de manejo devem ser voltadas para a conservação dos indivíduos adultos a fim de garantir o equilíbrio da população explorada. O LTRE indicou que a fecundidade e o crescimento também são importantes para explicar as variações demográficas entre os tratamentos. Embora não seja possível avaliar o efeito isolado da coleta de sementes sobre a demografia de *C. glandulosa*, os resultados sugerem que a coleta de sementes contribuiu para a diminuição do valor de  $\lambda$  no GT, afetando moderadamente a demografia da espécie na área de reflorestamento.

As estruturas de tamanho de *C. glandulosa* diferiram entre os grupos com e sem coleta de sementes devido à diminuição do número de indivíduos na primeira classe de tamanho no GT, indicando que a coleta de sementes provocou diferenças no recrutamento dos indivíduos no período de cinco anos. A distribuição espacial dos indivíduos de *C. glandulosa*, ao contrário, não foi afetada pela coleta de sementes, sendo aleatória na maioria dos grupos de parcelas. Isto sugere que, apesar da heterogeneidade da área de estudo, o estabelecimento dos indivíduos de *C. glandulosa* não está restrito a algumas manchas no ambiente, de acordo com a escala espacial considerada.

Não houve diferença entre a chuva de sementes do GC e do GT, entretanto as limitações ao recrutamento foram maiores no GT. A coleta de sementes aumentou a limitação de sementes, principalmente através do componente fonte (LF), enquanto as limitações ao estabelecimento dos indivíduos provavelmente foram mais influenciadas pela heterogeneidade da área de estudo e mortalidade dos indivíduos recém-germinados.

O conhecimento a respeito dos efeitos da coleta de PFMN sobre a demografia e estrutura das populações, e sobre a chuva de sementes apresentou-se importante para a adequação de planos de coleta envolvendo espécies utilizadas em reflorestamentos, que geralmente são exploradas através da coleta de sementes. As diferenças na demografia, na estrutura de tamanho e nas limitações ao recrutamento, a partir da chuva de sementes, entre os tratamentos indicam que a coleta de cerca de 80% das sementes de *C. glandulosa* pode comprometer a regeneração da população em longo prazo. Portanto, sugere-se por meio dos resultados que a coleta de 80% das sementes está acima da quantidade sustentável para a manutenção desta população na área estudada.