



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JANETE TEIXEIRA COSTA

**ESTUDO POPULACIONAL E DO POTENCIAL INVASOR DA
ESPÉCIE EXÓTICA *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit EM
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Londrina
2010

JANETE TEIXEIRA COSTA

**ESTUDO POPULACIONAL E DO POTENCIAL INVASOR DA
ESPÉCIE EXÓTICA *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit EM
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial à obtenção do título de
Doutora em Agronomia.

Orientadora: Prof. Dr. Inês Cristina de B. Fonseca
Co - Orientador: Prof. Dr. Edmilson Bianchini

Londrina
2010

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

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C837e Costa, Janete Teixeira.

Estudo populacional e do potencial invasor da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit em floresta estacional semidecidual / Janete Teixeira Costa. – Londrina, 2010.
66 f. : il.

Orientador: Inês Cristina de Batista Fonseca.

Co-orientador: Edmilson Bianchini.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2010.

Inclui bibliografia.

1. Leucena – Teses. 2. Leguminosa – Teses. 3. Plantas – Alometria – Teses. 4. Plantas – População – Teses. 5. Florestas – Plantas invasoras – Teses. 6. Parque Florestal de Ibiporã (PR) – Teses. I. Fonseca, Inês Cristina de Batista. II. Bianchini, Edmilson. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 582.736

JANETE TEIXEIRA COSTA

**ESTUDO POPULACIONAL E DO POTENCIAL INVASOR DA
ESPÉCIE EXÓTICA *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit EM
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edmilson Bianchini
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. Édison Miglioranza
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. Efrain Rodrigues
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. João Batista Campos
UEM – Maringá - PR

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

Londrina, 28 de junho de 2010.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais (*in memoriam*) que intuíram o importantíssimo papel da educação como o maior legado aos descendentes.

Ao meu esposo e filhos pelo apoio espiritual e material em toda a nossa convivência.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Londrina, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia e ao Instituto Ambiental do Paraná pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Professora Inês Cristina de Batista Fonseca pela orientação na condução do curso, pela colaboração na análise estatística dos dados de pesquisa, pela avaliação criteriosa da tese apresentada e, sobretudo, pela competência e generosidade na transferência de conhecimentos.

Ao Professor Edmilson Bianchini pelos ensinamentos na área de estudo de populações de plantas, pela orientação no delineamento dos trabalhos de campo e pela avaliação criteriosa dos estudos realizados.

A todos os professores do Departamento de Agronomia e do Departamento de Biologia Animal e Vegetal, com quem tive a oportunidade de aprender.

Aos colegas de curso que souberam valorizar minhas qualidades e sobretudo que compreenderam e respeitaram as minhas dificuldades.

Aos colegas de trabalho do Instituto Ambiental do Paraná que proporcionaram tempo e apoio, assumindo parte de minhas tarefas durante a realização do curso.

Aos colegas de trabalho Wilson Barbosa (*in memoriam*) e Osvaldo Silvestre da Silva, guardas-parque do Parque Florestal de Ibiporã, pelo valioso auxílio na preparação da área de estudo e no auxílio para a obtenção dos dados de amostragem; Edson Queluz e José Carlos dos Santos pelo auxílio no preparo de imagens do Parque.

Ao meu esposo e filhos, Antonio Costa, José Eduardo, Marco Aurélio e José Marcelo pela admiração, paciência e apoio incondicional a minha dedicação ao trabalho e qualificação profissional. Particularmente, ao meu esposo pelos conselhos, orientação na

administração do tempo e leitura crítica dos trabalhos realizados durante o curso. Ao Marco Aurélio pelo valioso auxílio na informatização da apresentação dos dados e na organização dos quadros e tabelas.

A todos, o meu mais profundo agradecimento.

COSTA, Janete Teixeira. **Estudo populacional e do potencial invasor da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit em floresta estacional semidecidual**. 2010. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

RESUMO

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit é uma entre as mais de 100 espécies da flora vascular exótica invasora registradas no Brasil na atualidade. A espécie foi plantada como cerca-viva na borda do remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, no Parque Florestal de Ibiporã, há cerca de 25 anos e hoje ocupa parte da borda do remanescente, suscitando a hipótese de que possa invadir áreas no interior do mesmo. Com o objetivo de analisar aspectos da biologia da espécie e de testar a hipótese de invasão, foram realizados estudos alométricos, da estrutura de tamanho, da estrutura espacial e da demografia, no intervalo de um ano. Foram traçados cinco transectos (10 x 200 m) subdivididos em 20 parcelas (10 x 10 m), abrangendo área amostral de 1 ha. Todos os indivíduos presentes nos transectos, com altura e diâmetro à altura do solo igual ou superior a 20 cm e a 0,1 cm, respectivamente, foram marcados e mapeados e foram anotados a altura e o diâmetro na base, no período amostral de novembro a fevereiro de 2007/8 e de 2008/9 (referido como 2007 e 2008). A população amostrada foi de 1974 e de 2986 indivíduos, respectivamente, com densidade específica de 0,658 indivíduos . m⁻², em 2007 e 0,995 indivíduos . m⁻², em 2008, mantendo-se restrita à faixa de 60 metros da partir do limite externo do remanescente. Os indivíduos investiram recursos para o crescimento principalmente em diâmetro, embora as classes de imaturo I e II tenham apresentado estiolamento do caule caracterizando espécie demandante de luz para alcançar o dossel e apresentaram risco crescente de quebra até alcançar a fase adulta. A estrutura de altura e de diâmetro apresentou a forma de J invertido, indicando potencial para manutenção na área. A dispersão ocorreu em faixas a partir da borda do fragmento e a estrutura espacial apresenta padrão agrupado nos primeiros 20 metros a partir do limite externo do remanescente e, nas distâncias maiores, tendeu a distribuição ao acaso. A população apresentou taxa de crescimento de 1,5% ao ano e tempo de duplicação de 1,4 anos, ocorrendo alta taxa de recrutamento de plântula e baixa taxa de recrutamento nas classes de altura de juvenil II e de imaturo I. Os resultados obtidos evidenciaram que o tamanho da população de leucena no Parque Florestal de Ibiporã não está estável, indicando potencial para ampliar a área de ocupação no remanescente florestal, porém, encontra condições desfavoráveis para alcançar a fase adulta. Eventuais distúrbios ou períodos prolongados de seca, que possam ocasionar abertura do dossel da vegetação nativa, podem ampliar as chances de invasão.

Palavras-chave: Alometria. Demografia. Dispersão. Estrutura espacial. Estrutura de tamanho.

COSTA, Janete Teixeira. **Populational study and invader potential of the exotic species *Leucaena leucocephala* (Lam.) de wit in a semideciduous forest.** 2010. 66 f. Thesis (Doctoral in Agronomy) – State University of Londrina, Londrina, 2010.

ABSTRACT

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit is one of the more than 100 species of exotic invasive vascular flora currently registered in Brazil. Planted as hedge at the edge of the semideciduous forest remnant in the Ibiporã Forest Park about 25 year ago, it occupies part of the edge of the remnant, raising the hypothesis that it might invade areas of native forest in the interior. With the objective of analyzing aspects of the biology of the species and testing the invasion hypothesis, allometric studies were carried out of the size structure, spatial structure and demography at one yearly interval. Five transects were traced (10 x 200 m) subdivided into 20 plots (10 x 10 m) covering a sample area of one hectare. All the individuals present in the transects with height equal or greater than 20 cm and diameter at soil height equal or greater than 0.1 cm were marked and mapped and the height and diameter at the base were recorded, in the sample period from November to February 2007/8 and 2008/9 (referred to as 2007 and 2008). The sampled population consisted of 1974 individuals and 2986 individuals, respectively, with a specific density of 0.658 individuals x m⁻² in 2007 and 0.995 individuals x m⁻² in 2008, within the 60 m band from the external limit of the remnant. The individuals invested resources firstly for growth in diameter, though the individuals of the I and II immature classes presented lengthening characterizing a species that requires light to reach the canopy and presented an increasing risk of breakage until they reached the adult phase. The height and diameter structure was in the shape of an inverted J indicating condition to remain in the Ibiporã Forst. The dispersion occurred in bands and the spatial structure presented a cluster pattern on the external limit of the remnant. The population had a growth rate of the 1.5% to year and duplication time of the 1,4 year and there were high rates of seedling recruitment but low recruitment in the II juvenile and I immature size classes. The results obtained evidenced that *Leucaena leucocephala* is not stable in the Ibiporã Forest Park and can amplify the area occupied in the forest remnant, but finds unfavorable conditions to reach the adult phase. Possible disturbances from prolonged drought periods that can cause opening of the native vegetation canopy may increase the chances of invasion.

Key words: Allometry. Demography. Dispersion. Size structure. Spatial structure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Parque Florestal de Ibiporã e o seu entorno, município de Ibiporã, Paraná 22

LISTA DE FIGURAS ARTIGO A

- Figura 1A** – Regressão entre diâmetro e altura da população de *Leucaena leucocephala* no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, em 2007. A linha contínua representa o limite teórico de quebra ($D = 0.1 * H^{1,5}$) 29
- Figura 2A** – Fator de segurança do diâmetro do caule (d/d_{min}) da população de *Leucaena leucocephala*, em 2007 (a) e 2008 (b), no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR 30
- Figura 3A** – Distribuição dos indivíduos de *Leucaena leucocephala* em classes de altura, nos anos de 2007 e 2008, no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR 31
- Figura 4A** – Distribuição dos indivíduos de *Leucaena leucocephala* em classes de diâmetro, nos anos de 2007 e 2008, no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR..... 31

LISTA DE FIGURAS ARTIGO B

- Figura 1B** – Distribuição espacial dos indivíduos de *Leucaena leucocephala* nos transectos amostrados no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, nos períodos amostrais de 2007 e 2008 (unidade metros) 45
- Figura 2B** – Correlograma espacial de *Leucaena leucocephala* para os transectos 1, 3, 4 e 5, no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, no ano de 2008. Os valores das abscissas correspondem aos limites superiores das classes de distância 46
- Figura 3B** – Estrutura de tamanho da população de *Leucaena leucocephala*, por classes de distância da borda, do Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, em 2008 48

LISTA DE TABELAS ARTIGO B

- Tabela 1B** – Número de indivíduos de *Leucaena leucocephala*, por classe de altura e por classe de distância da borda, nos transectos amostrados do Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, no ano de 2007. O Transecto 2 não foi incluído por apresentar apenas três (2007) indivíduos 42
- Tabela 2B** – Número de indivíduos de *Leucaena leucocephala*, por classe de altura e por classe de distância da borda, nos transectos amostrados do Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, no ano de 2008. O Transecto 2 não foi incluído por apresentar apenas sete (2008) indivíduos 43
- Tabela 3B** – Teste de Kolmogorov-Smirnov (D) para as distribuições de freqüências das classes de altura entre as classes de distância da borda, para os indivíduos de *Leucaena leucocephala* amostrados em 2008, no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR..... 46
- Tabela 4B** – Mortalidade e recrutamento entre 2007 e 2008 na população de *Leucaena leucocephala* por classe de tamanho (m) e classe de distância da borda (m), no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR. N0 = número de indivíduos em 2007; m = número de mortos, r = número de recrutados; N1 = número de indivíduos em 2008; M = taxa de mortalidade (%); R = taxa de recrutamento (%) 49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS	13
2.2 ESTUDO DE POPULAÇÃO	15
2.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE ESTUDADA	18
2.4 REGISTRO DE <i>L. LEUCOCEPHALA</i> COMO ESPÉCIE INVASORA	20
2.5 PARQUE FLORESTAL DE IBIPORÃ	20
3 ARTIGO A: RELAÇÕES ALOMÉTRICAS E ESTRUTURA DE TAMANHO DA POPULAÇÃO DA ESPÉCIE EXÓTICA <i>LEUCAENA LEUCOCEPHALA</i> (LAM.) DE WIT, EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL	23
4 ARTIGO B: PADRÃO ESPACIAL E DEMOGRAFIA DA ESPÉCIE EXÓTICA <i>LEUCAENA LEUCOCEPHALA</i> (LAM.) DE WIT, EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL	35
5 RECOMENDAÇÃO DE MANEJO	53
CONCLUSÕES GERAIS	54
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

No III Congresso Mundial de Parques realizado em Bali, em 1982, conservacionistas de todo o mundo concordaram que 10% de todo o território terrestre deveria ser reservado como áreas protegidas, de modo a minimizar as perdas de espécies, decorrentes da perda de habitat. A América do Sul constitui o continente mais rico em espécies e o Brasil é, reconhecidamente, detentor de grande parte das espécies e ecossistemas do mundo, com a responsabilidade de conservar, manejar e proteger este patrimônio natural (CARVALHO, 2004).

As primeiras unidades de conservação de proteção integral de uso indireto, os Parques Nacionais brasileiros, foram criadas no período de 1935 a 1939 como reflexo da sensibilização mundial para a necessidade de existência de espaços naturais institucionalmente protegidos (RYLANDS; BRANDON, 2005). Nas últimas décadas, várias ações paltadas em acordos internacionais vêm sendo adotadas para possibilitar uma efetiva proteção da biodiversidade, tais como a construção de um sistema integrado de gestão e manejo das unidades de conservação (RIBEIRO, 2001).

Entende-se como manejo das unidades de conservação, o conjunto de ações e atividades necessárias para a conservação de áreas protegidas, em conformidade com as finalidades para as quais foram criadas, quer seja a de preservação da diversidade da flora e fauna, de educação, de pesquisa, de recreação ou de preservação do patrimônio histórico (BRASIL, 2000). Entre as ações de manejo desenvolvidas nas unidades de conservação do Estado do Paraná, o controle de espécies exóticas foi colocado como prioridade.

A utilização de espécies exóticas na recuperação de espaços degradados em áreas de preservação ambiental foi prática usada com relativa frequência no passado e até recentemente (PARANÁ, 2005), empregando-se espécies arbóreas de rápido crescimento e espécies frutíferas, a maioria exótica, com o intuito de acelerar o processo de recuperação de áreas degradadas, de fornecimento de alimento para a fauna e como forma de incentivo na recuperação de áreas de preservação ambiental. O problema da introdução de espécies exóticas em ambientes naturais e principalmente em unidades de conservação é que há o risco de que estas espécies passem a dominar o ambiente no qual foram introduzidas, em um processo de regeneração natural, ocupando o espaço e alterando a composição e a estrutura da

comunidade nativa, caracterizando-se como espécies invasoras (SIMBERLOFF, 2003; ZILLER, 2006; MATOS; PIVELLO, 2009).

Nos fragmentos florestais, as espécies exóticas invasoras representam uma das maiores causas de deterioração do equilíbrio natural, juntamente com a retirada de lenha, corte ilegal de madeiras, coleta ilegal de plantas e captura de animais. Em nível mais amplo, na escala de paisagem, as espécies exóticas invasoras representam grande risco de perda de diversidade biológica dos ecossistemas naturais e prejuízos econômicos nas áreas exploradas pelo homem (RAPOPORT, 1992; PIMENTEL et al., 2000).

O Parque Florestal de Iporã (PFI) é uma das 16 unidades de conservação da formação Floresta Estacional Semidecidual – FES, entre as 66 unidades de proteção integral sob a administração do Estado do Paraná (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2010). Foi instituído em 1980 em uma área de 74,05 ha, como unidade de conservação de proteção integral e tem como atribuição prioritária a preservação e proteção da flora e fauna e a educação ambiental, além de proporcionar local de lazer para a população da região (PARANÁ, 1980).

Em uma das ações de manejo realizada no PFI, em meados da década de 80, a espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (leucena) foi semeada no entorno do Parque, ao sul e ao leste, com a finalidade de formar cerca-viva e substituir o capim-colônia (*Panicum maximum* Jacq.), outra espécie exótica que infestava o local e propiciava ocorrência de incêndios nos períodos de seca. Nos anos seguintes, a espécie se estabeleceu e ocupou espaços não florestados, na borda do remanescente florestal, formando uma cortina verde ao longo da estrada rural que margeia o Parque.

Em 2004, a *L. leucocephala* foi retirada da borda sul, considerando-se a possibilidade de invasão de áreas de floresta nativa. Apesar desta possibilidade, a espécie foi mantida na borda leste, por causa do maior risco de ocorrência de incêndios neste local.

Neste estudo, foram analisadas as relações alométricas e a estrutura de tamanho da população de *L. leucocephala*, com o objetivo de conhecer aspectos da biologia da espécie e a avaliar a sua permanência no Parque Florestal de Iporã (Artigo A) e foram analisadas a estrutura espacial e a demografia da população, para avaliar o potencial de ocupação da área de floresta nativa pela espécie (Artigo B).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS

As espécies exóticas invasoras são consideradas, no presente estudo, como aquelas que se encontram fora de seu ambiente de origem ou de sua área natural de distribuição presente ou passada, incluindo gametas, sementes ou propágulos dessas espécies, que possam sobreviver e, posteriormente desenvolver altas taxas de crescimento, reprodução e dispersão (ZILLER, 2006; PARANÁ, 2007; MATOS; PIVELLO, 2009).

O processo de invasão dos ambientes naturais por espécies exóticas, vegetais ou animais, tem sido denominado de “Contaminação Biológica”. Considera-se que, depois do desmatamento e a conseqüente fragmentação dos ambientes naturais, as invasões biológicas são a maior causa de redução de espécies, causando prejuízo à biodiversidade (TILMAN, 1996; HIGGINS et al., 1999; GUREVITCH; PADILA, 2004; CLOUT; POORTER, 2005; THONSON, 2005), à saúde humana (CHAME, 2009) e à economia dos países afetados (RAPOPORT, 1992; PIMENTEL et al., 2000), muito embora existam controvérsias relacionadas a generalização da questão de extinção de espécies nativas por espécies invasoras (GUREVITCH; PADILA, 2004; RICCIARDI, 2004).

O processo biológico da invasão ocorre em duas fases: o estabelecimento inicial da espécie em uma determinada localização espacial e a sua dispersão no espaço. Existem, conceitualmente, duas maneiras de prever qual a taxa de dispersão de um organismo. A primeira seria através de estimativas de parâmetros relevantes da história de vida da espécie, como a distribuição espacial dos descendentes em relação aos pais, o número de descendentes produzidos, a idade de reprodução da espécie (HASTINGS, 1996). Segundo esse autor, mesmo nos casos em que estas informações sejam difíceis de serem obtidas, a visualização do problema sob este enfoque será útil para entender a formulação do modelo descritivo do espalhamento espacial do organismo. Dietz (2002) investigou o desenvolvimento de ervas invasoras em uma escala de população pelo uso de uma metodologia que utiliza a cronologia das ervas, determinando a posição espacial e idade, pela contagem dos anéis nas raízes das plantas. A segunda maneira de prever a taxa de dispersão

seria pelo uso de modelos matemáticos aplicados somente quando a taxa de dispersão da população tenha atingido a fase assintótica (HASTINGS, 1996).

Vários estudos têm examinado características de sementes, juvenis e adultos de plantas, na tentativa de reconhecer uma clara síndrome de invasividade e assim prever quais espécies podem constituir pragas importantes (HOBBS; HUMPHRIES, 1995; REJMÁNEK; RICHARDSON, 1996). Três dessas características são consideradas importantes: peso médio de sementes, mínimo período juvenil e intervalo médio entre duas colheitas.

No que se referem às características biológicas das plantas, várias generalizações têm sido feitas (REJMÁNEK, 1996): (1) a invasividade de espécies madeireiras em paisagem perturbada é significativamente associada à produção de pequena massa de sementes ou pequeno peso médio de sementes, curto período juvenil e curto intervalo entre grandes produções de sementes; (2) dispersão por animais vertebrados é responsável pelo sucesso de muitas espécies invasoras madeireiras, tanto em ambientes em seu estado preservado como naqueles perturbados; (3) a faixa latitudinal de origem é um dos melhores preditores do potencial invasor das espécies herbáceas das famílias Gramineae, Compositae e Fabaceae, pelo menos para as espécies originárias da Eurásia e introduzidas na América do Norte; (4) baixo conteúdo de DNA, que está associado à seleção para pequeno tempo de geração, pode estar associado a invasividade em paisagens perturbadas e (5) pertencendo à espécie exótica a gênero também exótico no ambiente no qual foi introduzida, tem mais probabilidade de ser invasora do que se o gênero estiver representado na flora nativa, conforme sugerido por Charles Darwin em “On the Origin of Species”.

O sucesso da invasão depende não apenas das características biológicas das espécies invasoras como, também, das características, da dinâmica e da história do local que está sendo invadido (HOBBS; HUMPHRIES, 1995; LARSON, 2003). Entretanto, considera-se irrealístico esperar uma regra geral para prever-se qual organismo poderá invadir determinado ambiente, considerando que a complexidade das interações entre a espécie invasora, a comunidade nativa e o ambiente que poderá ser invadido, dificultam qualquer previsão (HIGGINS; RICHARDSON, 1998). Estes autores propuseram um modelo integrando as características biológicas da espécie, os atributos do ambiente e os possíveis impactos, para caracterizar o potencial invasor de espécies de *Pinus*. Entretanto, consideram que o método não pode ser diretamente aplicado a outras espécies devido a diversidade dos

atributos da espécie e do ambiente e consideram, também, que o enfoque integrado dos diferentes fatores deve ser levado em consideração, em estudos relacionados.

Um modelo de regressão logística, o qual é apropriado quando a variável resposta é binária (por exemplo, presença e ausência de espécie), foi desenvolvido (HIGGINS et al., 1999; ROUGET et al., 2001) para prever a amplitude da distribuição de espécies de *Pinus* que ocorrem na Península de Cape, na África do Sul, frente aos fatores ambientais como: elevação do terreno, declividade, radiação solar, pluviosidade anual, índice de umidade e índice de inflamabilidade. Assim, a previsão estatística de distribuição de espécies em um nível amplo pode ser baseada na presunção de que a distribuição local reflete a resposta da espécie a determinados fatores ambientais.

2.2 ESTUDO DE POPULAÇÕES

População pode ser definida como um grupo de indivíduos da mesma espécie, dentro do qual os componentes podem trocar informações genéticas, que ocupa um espaço em um tempo determinado e cujas propriedades intrínsecas são: densidade, natalidade, mortalidade, distribuição etária, potencial biótico, dispersão e a forma de crescimento, além das características genéticas diretamente relacionadas com a sua ecologia: adaptabilidade, potencial reprodutivo e persistência (ODUM, 1988). O conceito de população une evolução e ecologia pois, as interações entre indivíduos de mesma espécie, bem como com os de outras espécies e com o ambiente, são refletidas nas taxas de sobrevivência e taxas de reprodução que determinam a dinâmica da população e, assim, forças evolutivas e ecológicas estruturam a população, através de processos demográficos (CAMUS; LIMA, 2002).

Populações são frequentemente compostas de subpopulações ou populações locais com distribuição naturalmente fragmentadas (HANSKI; GILPIN, 1991). Para Berryman (2002), a área ou espaço ocupado pela população é definido como uma área de tamanho suficiente para permitir normalmente o comportamento de dispersão e, ou, migração e no qual as mudanças na população são, de modo geral, o resultado de processos de nascimento e morte. Esta conceituação de população mostra que as definições frequentemente usadas para descrever populações locais e metapopulações são, ao mesmo tempo, naturais e

operacionais em que a população local é “o conjunto de indivíduos potencialmente intercruzantes em uma dada localidade” (BAGUETTE; STEVENS, 2003).

Parâmetros relacionados à arquitetura dos indivíduos em populações de plantas, representados por características morfológicas tais como altura e diâmetro, são fundamental em estudos ecológicos das espécies, da sua adaptação ao ambiente e da sua estruturação dentro da comunidade (HARA; KIMURA; KIKUZAWA, 1991). Para Barthélémy et al. (1991 apud VESTER, 2002), a arquitetura de uma planta em um determinado momento é a expressão do equilíbrio entre os processos de crescimento endógeno e as restrições externas exercidas pelo ambiente.

Equações alométricas entre altura e diâmetro têm sido desenvolvidas para estimar a biomassa da população de diversas espécies em diferentes formações florestais (SAMPAIO et al., 2010), visando quantificar a contribuição para o aumento dos níveis de CO₂ atmosférico como resultado da supressão e queima das florestas ou objetivando quantificar o ganho ambiental proporcionado pela capacidade de fixação de carbono atmosférico dos diferentes ecossistemas florestais (NOGUEIRA et al., 2008; VERÓNICA; LUIS; GERARDO, 2010). Segundo Sampaio et al. (2010), as equações obtidas são particularmente úteis para o cálculo da biomassa de grandes áreas, através de métodos não destrutivos. O uso de variáveis alométricas é também comum em estudos demográficos que visam analisar a estrutura de populações arbóreas com objetivo de avaliação do estado de conservação de formações florestais e o efeito de danos naturais ou antrópicos sobre a vegetação (URQUIZA-HAAS; DOLMAN; PERES, 2007).

Os arranjos estruturais que podem ser observados em uma população de plantas (estrutura de tamanho ou de idade, estrutura genética e arranjo espacial da população) resultam da ação de forças bióticas e abióticas às quais seus membros ou seus ancestrais tenham sido expostos no passado, tal que as interações entre plantas e os fatores abióticos moldam a performance dos indivíduos (MARTINS, 1987; HUTCHINGS, 1998). Assim, a probabilidade de uma espécie ocupar determinado ambiente, ou a forma de sua estrutura espacial, dependerá não apenas das suas características genéticas, mas também de inúmeros condicionantes presentes no ecossistema, ou mesmo, do sítio considerado (BERRYMAN, 2003; MIRANDA-MELO; MARTINS; SANTOS, 2007).

A análise da estrutura de uma população é uma abordagem que se preocupa em quantificar a frequência dos indivíduos em fases do seu desenvolvimento e a demografia é o estudo de mudanças ocorridas na estrutura da população através do tempo. Através da

determinação das taxas de nascimento, recrutamento e mortalidade nas diferentes fases do desenvolvimento dos indivíduos pode-se projetar quanto os indivíduos podem viver, quantos descendentes podem produzir e como estas variáveis afetam o tamanho a população ao longo do tempo (BARBOUR et al., 1999). A descrição da estrutura da população e a distribuição dos indivíduos dentro da população são fundamentais para o entendimento da dinâmica da população de planta (SHEIL; MAY, 1996; BARBOUR et al., 1999).

O modelo de crescimento gerado através desta abordagem pode ser descrito como modelos de tempo discreto, onde o número de plantas em um tempo futuro poderá ser previsto pela determinação da taxa de crescimento da população, calculada através dos dados demográficos coletados em dois períodos distintos (BARBOUR et al., 1999). Entretanto, o intervalo entre dois censos pode ter influência sobre as taxas de mortalidade e de recrutamento em populações heterogêneas, sendo mais elevadas quando o intervalo é menor, e, a magnitude dos efeitos sobre o tamanho e expectativa de vida da população é mais acentuada quando parte da população tem uma mortalidade mais alta do que o restante da população (SHEIL, 1995).

Quando dados demográficos abrangentes são disponíveis, duas avaliações podem ser usadas para elucidar como as variáveis demográficas influenciam as taxas de crescimento da população, tanto em análises prospectivas como em análises retrospectivas (BRUNA; MADAN, 2005). De acordo com esses autores, estudos prospectivos, tal como análises de elasticidade e sensibilidade avaliam como mudanças hipotéticas no ciclo vital dos indivíduos da população podem alterar as taxas de crescimento, enquanto que as análises retrospectivas, tal como análise da resposta da tabela de vida, decompõem as diferenças observadas nas taxas de crescimento em contribuições reais através das variáveis demográficas individuais.

Os estudos demográficos clássicos foram desenvolvidos em populações animais, utilizando a idade como parâmetro básico para estimativas de medidas de crescimento da população. Entretanto, para as plantas, as variações ambientais podem desacoplar o relacionamento entre tamanho e idade e, deste modo, parâmetros que medem o tamanho, tal como diâmetro e altura, são mais utilizados no estudo de populações de plantas (BARBOUR et al., 1999).

No Brasil, estudos populacionais de espécies arbóreas em várias formações florestais que sofreram intenso processo de fragmentação têm sido utilizados para avaliar os efeitos deste sobre a vegetação (TABANEZ; VIANA; DIAS, 1997; NASCIMENTO et al.,

1999; LOPES, 2007; MARTINS et al., 2008; RODRIGUES et al., 2009; SILVA; ARAÚJO, 2009), o grau de perturbação de ambientes naturais (SOARES, 1999; SILVA; MARTINI; ARAUJO, 2009), a influência da heterogeneidade espacial sobre a estrutura da população (BIANCHINI; PIMENTA; SANTOS, 2001; BIANCHINI et al., 2003; GOMES; FISCH; MANTOVANI, 2005; MIRANDA-MELO; MARTINS; SANTOS, 2007; SILVA et al., 2009) e variações naturais ao longo do tempo (PINTO; HAY, 2005).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE ESTUDADA

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit (Fabaceae-Mimosoideae) é originária da América Central, sendo descrita no México como parte da flora nativa (URQUIZA-HASS; DOLMAN; PERES, 2007). Foi introduzida no Brasil como alternativa para a alimentação de inverno para bovinos e para a produção de carvão, em uma perspectiva de múltiplas utilidades para os trópicos (SÁ, 1997; LIMA; EVANGELISTA, 2010). Segundo a “National Academy of Sciences” (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2010) são conhecidas dez espécies de leucena (*L. leucocephala*, *L. pulverulenta*, *L. diversifolia*, *L. lanceolata*, *L. collinsii*, *L. esculenta*, *L. macrophylla*, *L. retusa*, *L. shannanii* e *L. trichodes*) e mais de cem variedades. Diferem quanto à velocidade de crescimento e hábito de vida, sendo algumas arbóreas e outras arbustivas, podendo ser agrupadas em três tipos: tipo havaiano, tipo salvador e tipo peru (LIMA; EVANGELISTA, 2010).

Como características gerais, *L. leucocephala* é descrita como planta perene com sistema radicular profundo, podendo a parte aérea alcançar altura de até 25 m, dependendo da variedade. Possui folhas bipinadas, com comprimento entre 15 a 25 cm, apresentando quatro a dez pares de pinas, com cinco a 20 pares de foliólulos em cada pina. As flores são brancas e agrupadas em inflorescência globular solitária e, geralmente, apresentam autopolinização. As vagens são finas e achatadas, apresentam-se agrupadas nas terminações dos ramos e contêm de 15 a 25 sementes de coloração marrom brilhante (SÁ, 1997; EMBRAPA, 2010).

As sementes apresentam dormência mecânica, devido a rigidez do tegumento, sendo a germinação lenta e irregular. Como muitas leguminosas tropicais, formam nódulos com bactérias nativas do solo do gênero *Rhizobium* e são capazes de fixar nitrogênio atmosférico (LIMA; EVANGELISTA, 2010). Na fase inicial do estabelecimento ocorre grande perda de sementes e morte de plântulas, devido ao ataque de formigas, cupins, lagartas e outros herbívoros silvestres.

A leucena possui um aminoácido, denominado “Mimosina”, que interfere na digestibilidade da planta e causa disfunções metabólicas, quando usada de forma contínua como forrageira em proporção acima de 50% da dieta (LIMA; EVANGELISTA, 2010). Foi comprovado o efeito alelopático desta espécie sobre outra leguminosa da flora nativa,

Peltophorum dubium Spreng. (Taub.), conhecida pelo nome comum de canafistula (SCHERER et al., 2005).

Entre as características biológicas, algumas conferem à espécie potencial para proliferar em ambientes alterados como: longo período de floração, grande produção de pequenas sementes que apresentam dormência; capacidade de nodulação para fixação de nitrogênio atmosférico e produção de substância alelopática. Entretanto, a espécie apresenta outras características que podem ser limitantes no seu estabelecimento em áreas não cultivadas: são plantas de estabelecimento lento, preferem solos bem drenados e com boa fertilidade, perdem os folíolos e foliólulos em períodos de seca prolongada ou em consequência de geadas muito fortes (SÁ, 1997).

Existem poucos estudos científicos relacionados ao potencial de crescimento de *L. leucocephala* e que caracterizam o seu comportamento ecológico em ambientes florestais. Foram realizados estudos alométricos com esta espécie, aparentemente da mesma variedade plantada no PFI, em uma área de reflorestamento, com o objetivo de avaliar o potencial de produção de biomassa (ALEIXO et al., 2008). Estes autores observaram que a densidade da população de *L. leucocephala* variou entre 1 e 11 indivíduos.m⁻², apresentando maior biomassa no tronco > galhos vivos > raízes > folhas, e, a parte aérea representou 76 % biomassa total.

No campo experimental, realizaram-se estudos de crescimento e produção em cultivo misto com *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e duas variedades de *L. leucocephala*, sendo ambas variedades havaianas, conhecidas como variedades gigantes, por apresentarem porte arbóreo de até 40 metros (JESUS; DIAS; CARDOSO, 1988), objetivando-se testar a produtividade desta espécie de leucena. Estes autores observaram que a leucena não produz efeito benéfico sobre o cultivo de *Eucalyptus*, não recomendando o cultivo misto. A maior mortalidade de *Eucalyptus* nos tratamentos mistos com leucena foi atribuída ao ataque de um fungo patogênico, cuja proliferação foi favorecida pela maior umidade proporcionada pelo sombreamento da copa mais baixa e mais densa de leucena.

Há relato de intensa ocupação por *L. leucocephala* em área de reflorestamento misto com espécies nativas e exóticas na área de preservação ambiental do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu, no estado do Paraná (SCHERER et al., 2005). Entretanto, não foram encontrados estudos com populações de leucena em ambiente florestal natural.

2.4 REGISTRO DE *L. LEUCOCEPHALA* COMO ESPÉCIE INVASORA

A *L. leucocephala*, introduzida em território brasileiro como espécie com grande potencial econômico, é, atualmente, considerada espécie exótica invasora (INSTITUTO HORUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL, 2005; PARANÁ, 2007). Ela pode ser facilmente observada em ambientes alterados como: pastagem, campos, borda de matas e margens de estradas, onde formam pequenos capões. Pode ser reconhecida com facilidade como espécie da família Fabaceae-Mimosoideae, principalmente pelo grande número de vagens pendentes da copa, durante quase todo o ano.

Em vários estados brasileiros, de norte ao sul do país, foram registradas ocorrências desta espécie como planta invasora (INSTITUTO HORUS, 2005), com mais de 100 localidades registradas para o Estado de Alagoas, sem especificação do tipo de ambiente invadido. Outros estados citados foram o Amazonas (terrenos baldios e margens de igarapés); Ceará (margens de rio em área urbana); Espírito Santo (áreas urbanas degradadas, áreas de vegetação nativa de Floresta Ombrófila Densa); Maranhão (áreas de mata ciliar de lagoa); Pernambuco (áreas rurais, manguezais); Paraíba (ambiente natural de Floresta Ombrófila Densa e área de mata ciliar); Piauí (áreas rurais e margens de estrada); Roraima (áreas naturais de Floresta Estacional Decidual); Sergipe (localização não informada); Mato Grosso (Parque), Mato Grosso do Sul (margem de estrada, aterro); Minas Gerais (margens de rios, margens de estradas, áreas de mata ciliar); Rio de Janeiro (áreas urbanas e ambientes naturais de Restinga); São Paulo (áreas de mata ciliar, ambiente natural da Formação Estacional Semidecidual); Paraná (área urbana, área de mata ciliar, ambiente natural da Floresta Estacional Semidecidual).

2.5 PARQUE FLORESTAL DE IBIPORÃ

O Parque Florestal de Ibiporã (Figura 1) é uma unidade de conservação de proteção integral, instituído pelo Governo do estado do Paraná (PARANÁ, 1980). Como parte do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (BRASIL, 2000), tem como objetivo básico a preservação do ecossistema natural, possibilitando a realização de pesquisas

científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contacto com a natureza e de turismo ecológico. Possui área de 74,05 ha, localizada no terço final da bacia do Rio Tibagi (STIPP, 2000), na região urbana do município de Ibiporã – PR (23° 15' 71" S; 51° 01' 83" W), apresentando relevo suavemente ondulado e altitude média de 424 m (TRABAQUINI et al., 2007). Os solos predominantes são o Latossolo Vermelho Eutrófico e o Neossolo Litólico Eutrófico (IAP, 1988; EMBRAPA, 1999) e as fases intermediárias de decomposição que possam ocorrer entre os mesmos. O clima da região é do tipo Cfa, de Köppen, com temperatura média anual de 21,9 °C e precipitação média anual de 1507 mm (IAPAR, 2010).

Cerca de 95 % da área do parque é ocupada com vegetação remanescente da Floresta Estacional Semidecidual Submontana (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991), que cobria originalmente grande parte do território norte e oeste do Estado do Paraná. As principais fontes de danos ao equilíbrio ecológico do remanescente foram decorrentes da fragmentação do ecossistema original, da extração seletiva de madeira, que junto com a caça contribuiu para a redução da biodiversidade local, resultando na categorização do Parque como uma formação secundária. Com a ampliação da área urbana do município de Ibiporã, várias fontes de impactos ambientais surgiram tais como: abertura de estradas marginais ao Parque, deposição de resíduos urbanos, ocorrência de incêndios nas bordas e fontes de poluição decorrentes das atividades urbanas e rurais. Atualmente, a vegetação encontra-se em estágio médio a avançado da sucessão ecológica, com espécies arbóreas típicas desta formação, com mais de 180 espécies vasculares identificadas no remanescente florestal (COSTA et al., 2010).

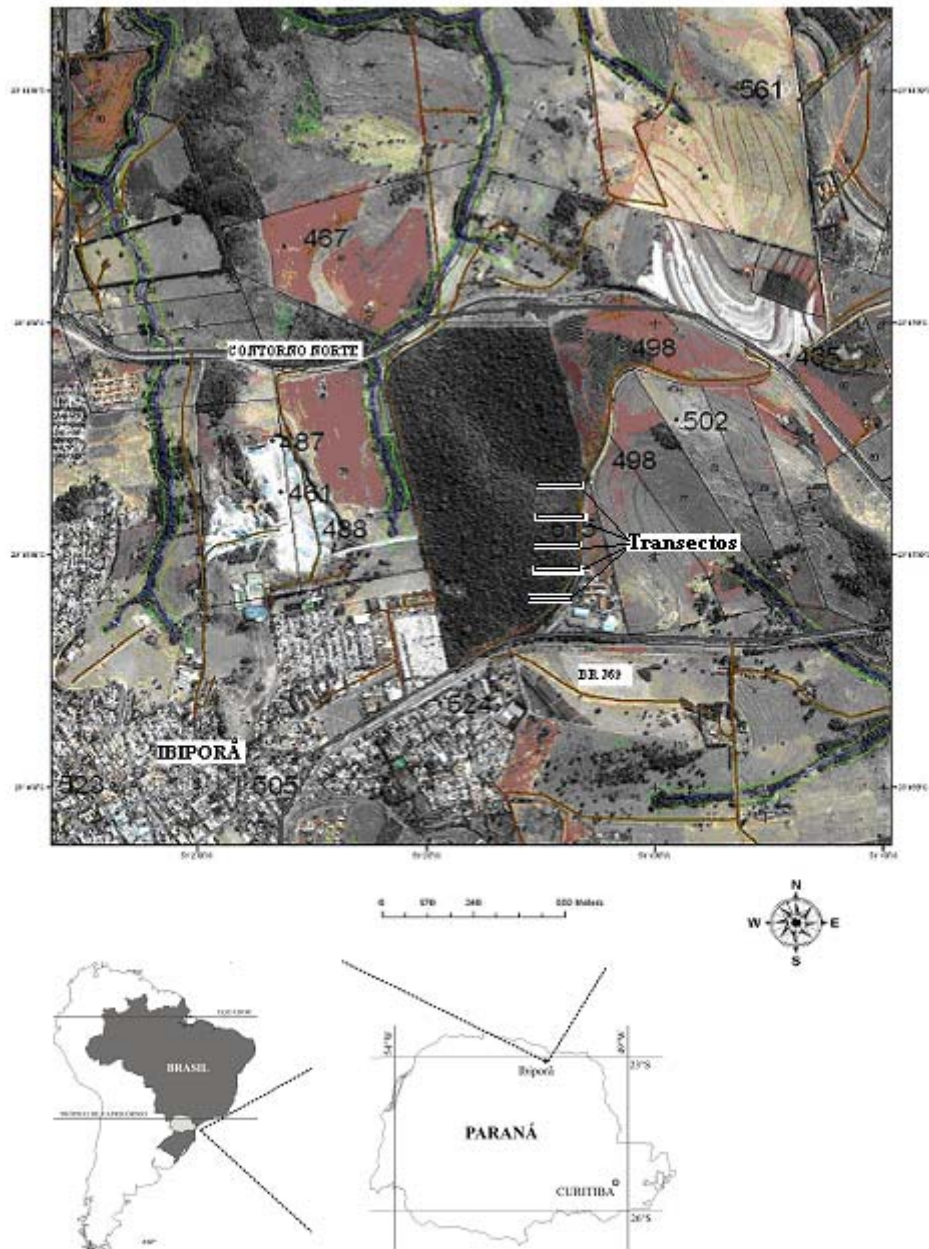


Figura 1 – Parque Florestal de Ibiporã e o seu entorno, município de Ibiporã, Ibiporã, Paraná.

3 ARTIGO A: RELAÇÕES ALOMÉTRICAS E ESTRUTURA DE TAMANHO DA POPULAÇÃO DA ESPÉCIE EXÓTICA *LEUCAENA LEUCOCEPHALA* (LAM.) DE WIT, EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL

Resumo

(Relações alométricas e estrutura de tamanho da população da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, em remanescente da Floresta Estacional Semidecidual). Foram investigados aspectos do crescimento e da estrutura de tamanho da população de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, plantada há 25 anos na borda do Parque Florestal de Ibiporã, com o objetivo de conhecer características da biologia da espécie e avaliar os possíveis fatores que contribuem para a sua permanência no local. As amostragens foram realizadas em cinco transectos posicionados a partir da borda do remanescente em direção ao seu interior. Todos os indivíduos presentes nos transectos, com altura igual ou superior a 20 cm e diâmetro à altura do solo (DAS) igual ou superior a 0,1 cm, foram marcados, mapeados e foram realizadas as medidas de altura de DAS. A amostragem foi realizada entre os meses de novembro e fevereiro de 2007/8 e 2008/9. A relação entre altura e diâmetro de *L. leucocephala* foi determinada através da análise de regressão, sendo as variáveis log-transformadas (base 10). O valor de **b** obtido foi comparado com os coeficientes teóricos, considerando os modelos de similaridade geométrica ($b=1$), e de estresse ($b=2$) por meio do teste t. Foram determinados o índice de quebra e o fator de segurança da população. A população foi distribuída em seis classes de altura: plântula ($0,2 \leq x < 0,5$), juvenil I ($0,5 \leq x < 1,0$), juvenil II ($1,0 \leq x < 3,0$), imaturo I ($3,0 \leq x < 6,0$), imaturo II ($6,0 \leq x < 9,0$), adulto ($9,0 \leq x$) e 15 classes de diâmetro à altura do solo. Fez-se a distribuição de frequência dos indivíduos por classes de altura e por classes de diâmetro. Para a verificação se as distribuições de tamanho foram estáveis no período estudado, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov (ZAR, 1999). Foram amostrados 1974 indivíduos em 2007 e 2986 indivíduos em 2008, obtendo-se densidade específica ou ecológica igual a 0,658 e 0,995 indivíduos . m⁻², respectivamente. A análise dos dados indicou que a leucena investe recursos prioritariamente para o crescimento em diâmetro, embora os indivíduos das classes de imaturo I e II tenham apresentado estiolamento do caule, caracterizando espécie demandante de luz para atingir o dossel. Apresenta estrutura de tamanho na forma de J invertido, com possibilidade de permanecer no Parque Florestal de Ibiporã e eventualmente aumentar a área ocupada, caso ocorram de distúrbios que ocasionem abertura do dossel do remanescente.

Palavras-chave: Crescimento em altura. Hierarquia de tamanho. Espécie invasora. Manejo. Unidade de conservação.

ALOMETRIC RELATIONS AND SIZE STRUCTURE IN A POPULATION OF THE EXOTIC SPECIES *LEUCAENA LEUCOCEPHALA* (LAM.) DE WIT IN A SEMIDECIDUOUS FOREST

Abstract

(Alometric relations and size structure in a population of the exotic species *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit in a semideciduous forest). Aspects were investigated of the growth and size structure of the *Leucaena leucocephala* population planted 25 years ago on the edge of the Ibirporã Forest Park, with the object of understanding characteristics of the biology of the species and assessing the possible factors that might contribute to the permanence of the species. Sampling were carried out in five transects (10 x 200) placed from the edge of the remnant towards its interior. All the individuals present in the transects with height equal or greater than 20 cm and diameter at soil height (DSH) equal or greater than 0.1 cm were marked, mapped and their DSH and height measurements recorded. Sampling was carried out from November to February 2007/8 and 2008/9. The allometric relations between the diameter and height the *Leucaena leucocephala* was determined by regression analysis and the variables were log-transformed (base 10). The b value obtained was compared with the theoretical coefficient, considering the models of geometric similarity (b=1) and stress (b=2) by the T test. The breakage index and the safety factor of the population were determined. The population was distributed in six height classes: seedling ($0.2 \leq x < 0.5$), juvenile I ($0.5 \leq x < 1.0$), juvenile II ($1.0 \leq x < 3.0$), immature I ($3.0 \leq x < 6.0$), immature II ($6.0 \leq x < 9.0$), adult ($9.0 \leq x$) and in 15 diameter classes. The frequency distribution was made of the individuals by height and diameter classes. The Kolmogorov-Smirnov test was used (ZAR, 1999) to verify whether the size distributions were stable in the period studied. A total of 1974 individuals were sampled in 2007 and 2986 individuals in 2008 and a specific or ecological density was obtained of 0.658 and 0.995 individuals $\times m^{-2}$, respectively. The results showed that *Leucaena leucocephala* invests resources firstly for growth in diameter, though the individuals of I and II immature classes presented lengthening characterizing the species as light demanding. The size structure of population presented an inverted J shape and has condition to remain in the Ibirporã Forst Park and eventually increase the area occupied because of disturbances that open the remnant canopy.

Key words: Height growth. Size hierarchy. Invader species. Management. Conservation unit.

INTRODUÇÃO

Em meados da década de 1980 a espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit foi introduzida no Parque Florestal de Ibirporã, com a finalidade de formação de cerca-viva. Nos anos seguintes, a espécie se estabeleceu e ocupou a faixa da borda do remanescente florestal, em processo de intensa regeneração natural, suscitando dúvida sobre o seu potencial invasor sobre a comunidade nativa do Parque.

Ambientes degradados ou alterados, como a borda de fragmentos florestais, são frequentemente ocupados por espécies invasoras, uma vez que as alterações ocasionadas revertem a vegetação para os estágios iniciais da sucessão ecológica (LARSON, 2003; BRANDON; GIBSON; MIDDLETON, 2004). Algumas espécies exóticas sobrepõem-se em

relação às espécies pioneiras nativas, as quais sofrem maiores competições por espécies co-evoluídas e maior probabilidade de predação por inimigos naturais adaptados ao ambiente. O sucesso ou falha no estabelecimento de plantas em um local depende de complexas interações entre a espécie introduzida e o ambiente, de modo que pequenas variações na biologia da espécie ou nas características do habitat podem determinar distintos padrões de distribuição e abundância (THÉBAUD; FINZI; AFFRE, 1996).

A análise do desempenho dos indivíduos e da estrutura de tamanho da população pode fornecer informações importantes sobre os mecanismos de adaptação e sobrevivência da espécie. Parâmetros como as relações entre diâmetro e altura e a abundância dos indivíduos nas diferentes fases do ciclo vital estão relacionados com as interações intra e interespecíficas e com a influência de fatores abióticos vivenciados pelos indivíduos da espécie, tanto no passado como no presente, limitando ou contribuindo para o estabelecimento e dispersão da espécie em determinado local. Assim, o sucesso de uma espécie na ocupação de um determinado local no espaço e no tempo pode ser entendido como a oportunidade para crescer que cada membro da população apresenta no curso do seu desenvolvimento (HUTCHINGS, 1998).

A forma de partição da energia para crescimento somático ou para reprodução difere entre as espécies, refletindo a adaptação tanto ao ambiente como para as restrições internas resultantes da partição dos recursos entre diferentes funções (MOLLET et al., 2010). O estudo da arquitetura arbórea permite avaliar a forma de crescimento da espécie no ambiente considerado, sendo a arquitetura de uma planta em um determinado momento a expressão do equilíbrio entre os processos de crescimento endógeno e as restrições externas exercidas pelo ambiente (VESTER, 2002). Entre os parâmetros da arquitetura dos indivíduos, a altura e o diâmetro são fundamentais no estudo do comportamento ecológico das espécies arbóreas, da sua adaptação ao ambiente e da sua estruturação dentro da comunidade (HARA; KIMURA; KIKUZAWA, 1991).

O desempenho dos indivíduos e a estrutura de tamanho da população de plantas podem ser influenciados por fatores e processos ecológicos como competição entre plantas vizinhas (BONAN, 1988), predação, herbivoria, competição por nutrientes do solo, condições climáticas (NABESHIMA; KUBO; HIURA, 2010) e luminosidade (MARTINEZ-RAMOS; ALVAREZ-BUYLLA; SARUKHÁN, 1989), os quais podem determinar a sobrevivência dos indivíduos da população ocasionando desigualdade de tamanho entre eles (WEINER; SOLBRIG, 1984).

Com o objetivo de conhecer aspectos da biologia da espécie que possam contribuir para a avaliação do seu potencial de permanência no Parque Florestal de Ibiporã, foram realizados estudos alométricos e da estrutura de tamanho da população.

MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Florestal de Ibiporã (PFI) é uma unidade de conservação ambiental, sob a administração do governo do Estado do Paraná (PARANÁ, 1980), com área de 74,05 ha (Figura 1). Localizado na porção final da bacia do Rio Tibagi (STIPP, 2000), na região urbana do município de Ibiporã – PR (23° 15' 71" S; 51° 01' 83" W), apresenta relevo suavemente ondulado e altitude média de 424 m (TRABAQUINI et al., 2007). Os tipos de solos predominantes são o Latossolo Vermelho Eutrófico e o Neossolo Litólico Eutrófico (IAP, 1988; EMBRAPA, 1999) e as fases intermediárias de decomposição que possam ocorrer entre os mesmos. O clima da região é do tipo Cfa, de Köppen, com temperatura média anual de 21,9 °C e precipitação média anual de 1507 mm. O período de maior pluviosidade ocorre entre novembro e fevereiro, com pico de 214,1 mm em janeiro e período de menor pluviosidade nos demais meses, sendo agosto o mês mais seco (IAPAR, 2010).

A vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Submontana (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991) ocupando mais de 95% da área do Parque. Constitui formação secundária devido ao processo de extração seletiva de madeira (IAP, 1988), antes da instituição do PFI como área de preservação ambiental. A sua localização em área urbana e a proximidade de áreas rurais possibilitaram a ocorrência de várias fontes degradadoras como a deposição de resíduos nas bordas da floresta, instalação de estradas rurais e ocorrência de incêndios (COSTA et al., 2008). Atualmente, a vegetação encontra-se em estágio médio a avançado da sucessão ecológica, com espécies arbóreas típicas desta formação, com mais de 180 espécies vasculares identificadas no remanescente florestal (COSTA et al., 2010). A área de estudo, localizada na borda leste do PFI, possui relevo ondulado e vegetação mais aberta do que a do interior do fragmento.

Para o estudo das relações alométricas e da estrutura de tamanho da população de *L. leucocephala* foram demarcados cinco transectos (10m x 200m), dispostos perpendicularmente à borda do remanescente, totalizando área amostral de um hectare (Figura 1). Os transectos foram posicionados de modo a manter distância mínima de 200 metros entre um e outro, representando condições distintas de relevo e cobertura vegetal do Parque, na área

ocupada pela leucena. O período de amostragem foi definido pela observação da fase de intensa germinação das sementes da leucena, coincidente com o período de alta pluviosidade. Foram realizadas amostragens entre os meses de novembro e fevereiro, nos anos de 2007/8 (período amostral de 2007) e 2008/9 (período amostral de 2008).

Foram tomadas medidas de altura (H), sendo considerada a altura total da copa, e de diâmetro na altura do solo (DAS) de todos os indivíduos de leucena presentes nos transectos com altura igual ou superior a 20 cm e diâmetro igual ou superior a 0,1 cm, nos períodos amostrais de 2007 e 2008. A altura foi determinada com o uso de trena, para plantas com altura de até dois metros e estimada com podão com cabo extensível, para as plantas maiores. O DAS foi determinado com paquímetro, para as plantas com diâmetro de até 1 cm, e, para as demais, foi medida a circunferência na altura do solo (CAS), com auxílio de fita métrica, posteriormente transformadas em diâmetros ($DAS = CAS / \pi$).

Realizou-se análise de regressão entre diâmetro (cm) e altura (m) para os dados amostrados em 2007, com o objetivo de determinar a equação que caracteriza o crescimento de *L. leucocephala* no ambiente estudado, sendo as variáveis log-transformadas (base 10). O valor de **b** obtido foi comparado com os coeficientes teóricos, considerando os modelos de similaridade geométrica ($b=1$), e de estresse ($b=2$) por meio do teste t. Se **b** é maior que zero e menor do que 1, significa que a espécie investiu os recursos fotoassimilados principalmente para o crescimento em altura e, se **b** é maior do que um e menor do que 2, a espécie investiu maior proporção de recursos para o aumento em diâmetro (ZAR, 1999).

Para a previsão do limite de quebra para os dados de 2007, utilizou-se o modelo de similaridade elástica desenvolvido por McMahon (1973), no qual uma coluna cilíndrica de comprimento l e diâmetro d , submetida a uma força p , que representa o peso total da coluna, agindo sobre o centro da massa. Tal coluna sofrerá ruptura se o esforço aplicado P/A , onde $A = \pi d^2/4$, for maior do que o limite máximo suportado (σ_{max}), dado pela relação $l = 0,792 [E/\rho]^{2/3}$, onde l representa a altura crítica de quebra, ρ é o peso por unidade de volume e "E" é o módulo de elasticidade do material. Foi considerando que a força sobre a coluna, no caso o tronco da árvore, está distribuída em toda a extensão da coluna, ao invés de no centro da massa. Assim, o diâmetro mínimo, derivado do modelo descrito acima ($d_{min} = 0,1 \cdot H^{1,5}$) representa o menor valor de diâmetro capaz de evitar a quebra do caule (MCMAHON, 1973).

Algumas espécies tropicais apresentam redução nos fatores de segurança à medida que crescem em altura (CLAUSSEN; MAUCCOCK, 1995), sendo que a determinação

deste parâmetro é uma importante ferramenta para a avaliação das fases mais vulneráveis ao risco de quebra, durante o ciclo de vida da espécie. O fator de segurança (d/d_{mi}) foi determinado para os dados de 2007, pela razão entre diâmetro observado na população de leucena no PFI e o diâmetro mínimo do caule que a planta deveria apresentar para não quebrar, segundo a fórmula $D_{min} = 0,1 \cdot H^{1,5}$.

Para caracterizar a estrutura de tamanho da população de leucena foram estabelecidas seis classes de altura, em metros, denominadas: plântula ($0,2 \leq x < 0,5$), juvenil I ($0,5 \leq x < 1,0$), juvenil II ($1,0 \leq x < 3,0$), imaturo I ($3,0 \leq x < 6,0$), imaturo II ($6,0 \leq x < 9,0$) e adulto ($9,0 \leq x$). O critério adotado para a separação das classes não considerou necessariamente os estádios ontogenéticos da espécie, porém, foram consideradas observações de campo como, por exemplo, a ocorrência do primeiro florescimento em indivíduos com mais de oito metros. As classes de DAS (15 classes) foram estabelecidas de modo a alcançar melhor distribuição de frequência de indivíduos em todas as classes consideradas. Para a verificação se as distribuições de tamanho foram estáveis no período estudado, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov (ZAR, 1999).

RESULTADOS

A população de *L. leucocephala*, aumentou de tamanho entre os dois períodos amostrais, ocorrendo 1974 indivíduos em 2007 e de 2986 indivíduos em 2008 (Figura 3A), na área de 1 ha, onde os indivíduos maiores apresentaram altura (H) superior a 15 metros e diâmetro a altura do solo (DAS) superior a 30 cm. A densidade específica ou densidade ecológica (ODUM, 1988) variou de 0,658 indivíduos.m⁻² em 2007, para 0,995 indivíduos.m⁻² em 2008. A área ocupada pela população foi, respectivamente, de 225,02 m².ha⁻¹ e 243,93 m².ha⁻¹, estimada através da área basal dos indivíduos da população.

A equação de regressão entre diâmetro e altura, ajustada para os dados de 2007, está representada na Figura 1A. Apresenta coeficiente angular (b) de 1,0977 ($t = -34,00$; $p < 0,001$, $gl = 1973$), valor muito próximo de 1, que representa o modelo de similaridade geométrica na alocação dos recursos, indicando que os indivíduos investiram os recursos fotoassimilados tanto para o crescimento em diâmetro como em altura. Observa-se que, à medida que os indivíduos aumentam de tamanho eles se aproximam do limite teórico de quebra, até a altura de dez metros, aproximadamente, quando ocorre tendência de afastamento da linha do diâmetro mínimo de quebra (Figura 1A).

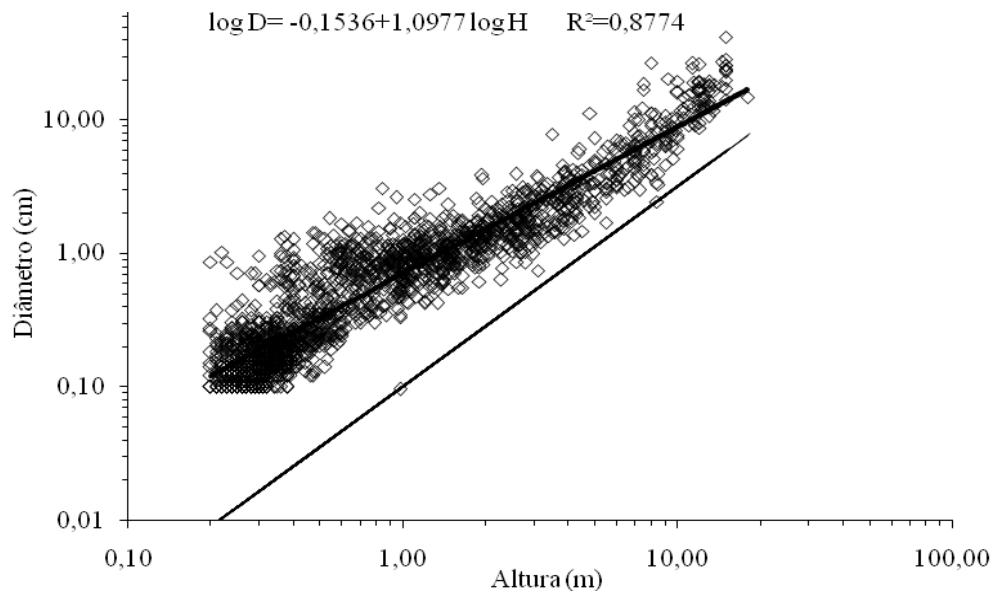


Figura 1A – Regressão entre diâmetro e altura da população de *Leucaena leucocephala* no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, em 2007. A linha contínua representa o limite teórico de quebra ($D = 0.1 * H^{1,5}$).

Foi observada redução acentuada do fator de segurança (Figura 2A) nas classes de altura inferiores a 1 m. e redução gradativa a partir desta altura, mantendo-se em nível baixo e relativamente constante a partir da altura de 3 m, não sendo perceptível alteração nas fases finais do crescimento dos indivíduos de leucena.

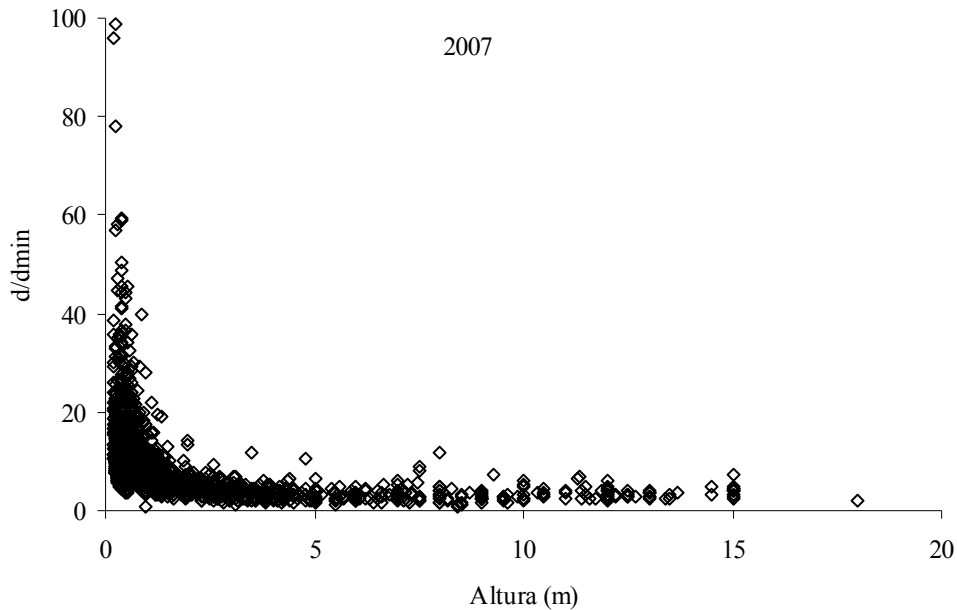


Figura 2A – Fator de segurança do diâmetro do caule (d/d_{min}) da população de *Leucaena leucocephala*, em 2007, no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR.

A estrutura de altura da população de leucena apresentou-se hierarquizada, configurando uma distribuição de frequência em forma de L ou J invertido (Figura 3A), em que o número de plântulas representou aproximadamente 44% e 60% de todos os indivíduos amostrados em 2007 e 2008, respectivamente, e, nas classes de altura subsequentes, o número de indivíduos declinou gradativamente. O teste de Kolmogorov-Smirnov indicou variação na estrutura de tamanho da população entre 2007 e 2008 ($D=0,1626$; $p<0,01$), refletindo as alterações da subpopulação do transecto 5 ($D=0,1003$; $p<0,01$), não ocorrendo variações significativas nos demais transectos.

Igualmente, a estrutura de diâmetro (Figura 4A) da população apresentou distribuição dos indivíduos em curva exponencial negativa, com decréscimo gradativo no número de indivíduos nas classes de maior diâmetro, nos dois períodos amostrados, ocorrendo maior número de indivíduos nas duas classes de menor diâmetro. O teste de Kolmogorov-Smirnov também indicou diferença significativa entre as classes de diâmetro da população, nos dois anos ($D_{max} = 0,1096$; $p<0,01$).

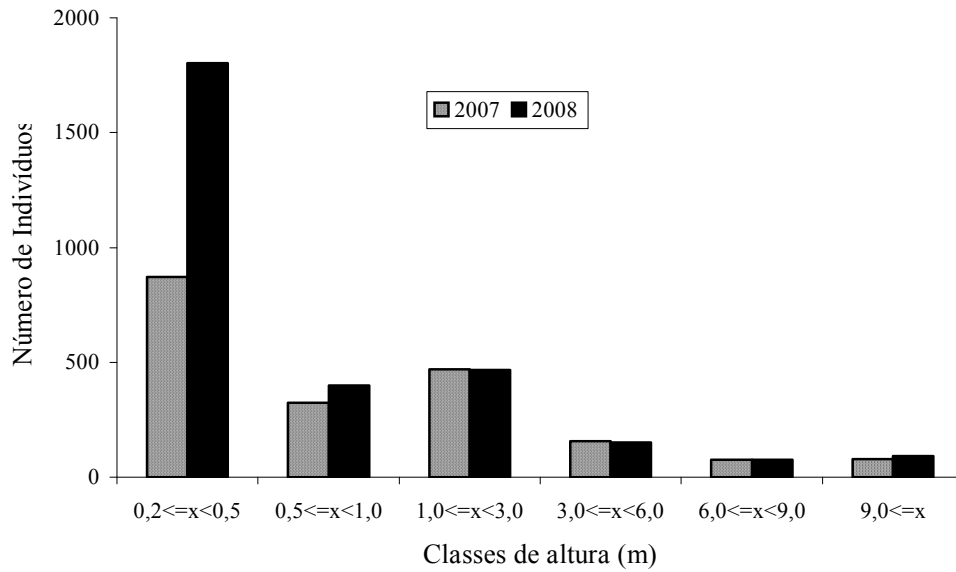


Figura 3A – Distribuição dos indivíduos de *Leucaena leucocephala* em classes de altura, nos anos de 2007 e 2008, no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR.

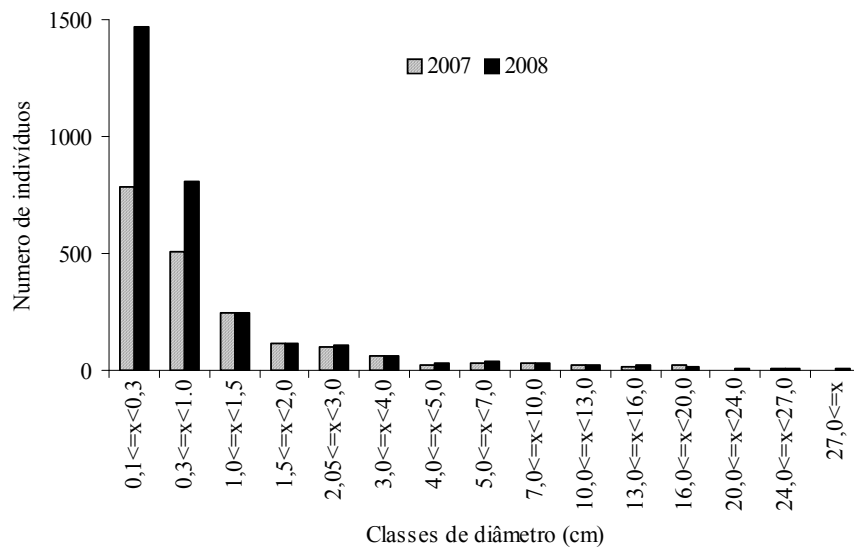


Figura 4A – Distribuição dos indivíduos de *Leucaena leucocephala* em classes de diâmetro, nos anos de 2007 e 2008, no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR.

DISCUSSÃO

Na população de *L. leucocephala* do Parque Florestal de Ibiporã, os dados amostrados em 2007 indicaram que a espécie prioriza o investimento de energia para o crescimento em diâmetro. Entretanto, com o aumento de tamanho os indivíduos aproximam-se do limite de quebra calculado para a espécie, ocorrendo maior risco de quebra no estágio de imaturo I e II. Na fase adulta os indivíduos afastam-se deste limite indicando que ocorre aumento no investimento em diâmetro, observando-se alteração na estratégia de alocação de recursos fotoassimilados nas diferentes fases do ciclo vital da espécie. Entretanto, o fator de segurança calculado para a população não indicou diminuição do risco de quebra nos indivíduos adultos.

A população de leucena no Parque Florestal de Ibiporã está localizada na borda do remanescente florestal onde dispõe de luminosidade relativamente alta, de modo que o crescimento em altura foi acompanhado pelo crescimento em diâmetro, com índice próximo do modelo de similaridade geométrica. O estiolamento dos indivíduos das classes de altura intermediárias foi, provavelmente ocasionado pelo sombreamento proporcionado pelos indivíduos adultos, indicando, indicando ser uma espécie demandante de luz.

Varição na estratégia de alocação de recursos ao longo do crescimento de *L. leucocephala* foi também observada em estudo realizado por Aleixo et al. (2008). Esses autores observaram maior alocação de recurso para o desenvolvimento da copa nos indivíduos adultos e nos indivíduos menores do que os adultos o investimento foi direcionado para o desenvolvimento de tronco. O investimento de fotoassimilados para o crescimento prioritariamente em altura durante o desenvolvimento é uma característica das espécies arbóreas dos estágios iniciais da sucessão secundária (WHITMORE, 1989; MARTINEZ-RAMOS; ALVAREZ-BUYLLA; SARUKHÁN, 1989), onde a competição por luz é altamente assimétrica, na qual um competidor bloqueia o desenvolvimento do outro e promove o estiolamento das plantas até alcançarem o dossel (HUTCHINGS, 1998).

Em 2008, houve aumento da população de leucena, em relação à 2007, decorrente do aumento no número de plântulas, o que pode estar relacionado a melhores condições de sobrevivência encontrada em 2008, já que o ano de 2007 apresentou três meses de forte estiagem (junho, agosto e setembro), enquanto que em 2008 somente o mês de agosto foi muito seco (IAPAR, 2010). As plântulas registradas em cada período de amostragem são, em sua quase totalidade, indivíduos que sobreviveram da germinação ocorrida no ano anterior, pois o período de amostragem coincide com a época em que ocorre o pico de

germinação, não sendo incluídas as plântulas recém germinadas. Os indivíduos que germinaram com as primeiras chuvas da primavera, entre setembro e novembro e sobreviveram raramente poderiam apresentar a altura mínima de 20 cm para serem amostrados.

Competição entre a coorte de plântulas (SILVERTOWN, 1987; KOX; PEET; CHRISTENSEN, 1989; BARBOUR et al., 1999) também pode ter determinado uma menor amostragem em 2007. Em levantamento de plântulas recém-germinadas realizados em novembro de 2006 e 2007 (dados não publicados) foi verificado que em 2006 ocorreu maior densidade de plântulas do que em 2007 (38,5 ; 7,3 indivíduos x m², respectivamente). Assim, pode-se supor que houve maior mortalidade de plântulas germinadas em 2006 do que em 2007, devido a uma maior competição dependente de densidade.

A população apresentou estrutura de altura e de diâmetro assimétrica e hierarquizada, com elevado número de plântulas e baixa abundância de indivíduos adultos de grande porte. Este tipo de estrutura de tamanho é característica de populações cujo mecanismo de regulação é dependente de densidade, em que ocorre competição por recursos entre indivíduos da mesma idade, causando desigualdade de tamanho e mortalidade seletiva por tamanho (WEINER; SOLBRIG, 1984; SILVERTOWN, 1987; KOX; PEET; CHRISTENSEN, 1989; BARBOUR et al., 1999).

Tanto a germinação como a sobrevivência dos indivíduos desde a fase de plântulas até a maturidade pode ser afetada por diversos fatores e processos (HUTCHINGS, 1998), além da competição intraespecífica e da luz. A herbivoria pode ter desempenhado papel importante na densidade e na estruturação da população de leucena. Durante o estudo, foi observada predação por formigas de plântulas que ainda apresentavam as folhas cotiledonares, as quais suprimiam a coorte em um ou dois dias. Lagartas também foram observadas em plantas de maior tamanho. Plântulas de leucena foram descritas por serem bastante apreciadas por formigas, lagartas e outros herbívoros silvestres (LIMA; EVAGELISTA, 2010). Segundo Hutchings (1998), a herbivoria pode influenciar a estrutura de tamanho de diferentes modos, dependendo do tipo de herbívoro e da população alvo, podendo aumentar a desigualdade de tamanho da população se o herbívoro atacar e não matar os indivíduos menores, ou, diminuir a hierarquia de tamanho se provocar a morte destes.

Mecanismos dependentes de densidade são os mais determinantes para a estruturação da população de espécies em floresta subtropical (ZHU et al., 2010). Esses

autores observaram que 83% das 47 espécies analisadas por eles apresentaram padrão dependente de densidade, após isolarem a influência de heterogeneidade ambiental.

Espécies que apresentam capacidade de se multiplicar rapidamente no tempo, produzindo um número elevado de descendentes em fases iniciais de seu ciclo de vida obtêm sucesso em ambientes efêmeros e capacita-os a colonizarem rapidamente novos habitats, tais como clareiras formadas após algum tipo de distúrbio, são chamadas como espécies “r” estrategistas (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006). A população de leucena do PFI apresentou elevado número de plântulas, por outro lado e investiu recursos fotoassimilados para o desenvolvimento tanto em diâmetro como em altura. Espécies com esta performance são freqüentes em ambientes florestais, onde competem por luz na copa, sendo consideradas espécies demandantes de luz, sobrevivendo os indivíduos que alocam seus recursos para o crescimento (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006).

O elevado número de plântulas observado na população de leucena do PFI pode ser decorrente do mecanismo de regulação dependente de densidade, no qual ocorre aumento da população quando a densidade de indivíduos encontra-se abaixo capacidade de suporte do ambiente, de tal modo que a competição intraespecífica ajuda a regular o tamanho da população. A presença deste mecanismo de regulação e o investimento prioritário de energia para a sobrevivência, somada a outras características biológicas da espécie, como: alta produção de sementes, sementes com capacidade de dormência, autofecundação, capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico (PRIMAVESI et al., 1994; EMBRAPA, 2010; LIMA; EVANGELISTA, 2010) e alelopatia (SCHERER et al., 2005), possibilitam a permanência da população de leucena no Parque Florestal de Ibiporã.

CONCLUSÃO

A população de *L. leucocephala*, estabelecida há 25 anos através de plantio de sementes na borda leste do Parque Florestal de Ibiporã, aumentou em tamanho entre os censos de 2007 e 2008, devido ao ingresso de plântulas. A espécie utilizou os recursos fotoassimilados crescimento em diâmetro, embora tenha apresentando risco crescente de quebra nas fases intermediárias do ciclo vital, indicando mudança na estratégia de alocação de recursos para o crescimento em altura e caracterizando espécie demandante de luz. A população apresentou estrutura de tamanho hierarquizada, na forma de curva exponencial negativa, freqüentemente encontrado em populações que apresentam mecanismo de regulação dependente de densidade. Estes resultados indicam que a população de leucena possui

condições de se perpetuar local, porém que necessita de abertura do dossel do remanescente para ampliar a área de ocupação.

4 ARTIGO B: PADRÃO ESPACIAL E DEMOGRAFIA DA ESPÉCIE EXÓTICA *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL

Resumo

(Padrão espacial e demografia da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, em Floresta Estacional Semidecidual). O aumento expressivo da introdução de espécies exóticas invasoras nas sociedades tem despertado a atenção da comunidade científica para os danos causados aos ecossistemas, além dos prejuízos à saúde humana e à economia dos países afetados. Em meados da década de 1980, a espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit foi introduzida na borda do Parque Florestal de Ibiporã, para formação de cerca-viva visando o controle de incêndios. Nos anos seguintes, a população de leucena proliferou em intenso processo de autoregeneração, suscitando a hipótese de invasão de áreas do interior do remanescente florestal. Com o objetivo de testar essa hipótese, foram analisados o padrão espacial e a demografia da população. Os estudos foram realizados em duas amostragens com intervalo de um ano, em cinco transectos (10 x 200 m) instalados na borda do Parque, totalizando área amostral de 1 ha, sendo cada transecto subdividido em 20 parcelas (10 x 10 m). Todos os indivíduos, com altura igual ou superior a 20 cm e diâmetro igual ou superior a 0,1 cm, foram marcados mapeados e tiveram a altura anotada. O período de amostragem ocorreu entre os meses de novembro e fevereiro de 2007/08 e 2008/09 (referidos como período de 2007 e 2008). Para as análises de distribuição espacial e da demografia da população, excluiu-se o transecto 2 por apresentar menos que 10 indivíduos. A população foi classificada por classes de altura em: plântula ($0,2 \leq x < 0,5$), juvenil I ($0,5 \leq x < 1,0$), juvenil II ($1,0 \leq x < 3,0$), imaturo I ($3,0 \leq x < 6,0$), imaturo II ($6,0 \leq x < 9,0$) e adulto ($9,0 \leq x$) e em classes de distância da borda do remanescente. O padrão de distribuição espacial das classes de altura, em cada transecto foi analisado para os dados de 2008, usando o coeficiente de autocorrelação espacial de Moran (MORAN, 1950). Foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar se a estrutura de altura diferiu entre as classes de distância da borda, nos dados de 2008. A população aumentou de 1974 para 2986 indivíduos ha^{-1} , entre 2007 e 2008. A dispersão da população ocorreu em faixas a partir da borda do remanescente, alcançando a distância de até 60 metros. Apresentou padrão agrupado próximo do limite externo da borda do remanescente e focos de dispersão no interior. A população apresentou, também, alta taxa de crescimento específico (1,5 %) e baixo tempo de duplicação (1,4 anos), devido às altas taxas de recrutamento nas fases iniciais do ciclo vital, ocorrendo baixas taxas de recrutamento nas classes de juvenil II e Imaturo I. Ambas as taxas de mortalidade e de recrutamento foram maiores nas plântulas e decresceram nas demais classes de altura, porém, a taxa de crescimento da população refletiu o maior recrutamento principalmente na classe de plântulas e na classe de adulto. Embora a população de leucena apresente taxa de crescimento positiva, a mortalidade foi maior do que o recrutamento na classe de juvenil II. Isto indica que ocorre resistência ao aumento da população de leucena no Parque Florestal de Ibiporã, possivelmente devido ao sombreamento imposto tanto pelos indivíduos adultos de leucena como pela vegetação nativa, impedindo o avanço da população para o interior do remanescente.

Palavras-chave: Dispersão. Invasões. Mortalidade. Recrutamento. Remanescente florestal.

Abstract

(Spatial pattern and demography of the exotic species *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit in a semideciduous forest remnant) The expressive increase in the introduction of invasive exotic species in societies has alerted the scientific community to the damage caused to the ecosystems along with harm to human health and the economy of the affected countries. In the mid 1980s, the exotic species *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit was introduced on the edge of the Ibirporã Forest Park to form a hedge to control fires. In the following years the *Leucaena leucocephala* population proliferated in an intense self-regeneration process, raising the hypothesis of invasion of areas in the interior of the forest remnant. With the objective of testing this hypothesis, the spatial patterns and demography were analyzed, on one year. The studies were carried out in five transects (10 x 200m) installed from the edge of the remnant towards its interior, totaling a sample area of one hectare and each transect was subdivided into 20 plots (10 x 10 m). All the individuals equal or taller than 20 cm and with diameter greater than equal or 0.1 cm were marked, mapped and their height recorded. The sampling period was from November to February 2007/8 and 2008/9 (referred to as 2007 and 2008). Transect 2 was excluded from the spatial distribution and demography analyses of the population because it had fewer than 10 individuals. The population was classified by height classes as seedling ($0.2 \leq x < 0.5$), juvenile I ($0.5 \leq x < 1.0$), juvenile II ($1.0 \leq x < 3.0$), immature I ($3.0 \leq x < 6.0$), immature II ($6.0 \leq x < 9.0$) and adult ($9.0 \leq x$), and by distance classes from the edge. The spatial distribution pattern of the height class in each transect was analyzed for the 2008 data, using the Moran self correlation coefficient (LEGENDRE; FORTIN, 1989). The Kolmogorov-Smirnov test was carried out to verify whether the height structure differed among the distance classes from the edge, in the 2008 data. The population presented increase in the number of individuals from 1974 to 2986 individuals ha^{-1} between 2007 and 2008. The population was dispersed in a band starting at the edge of the remnant, occupying a band of up to 60 meters. It presented a cluster pattern close to the external limit of the remnant border and dispersion foci towards the interior. The population presented a high specific growth rate (1.5%) and low duplication time (1.4 years) due to the high recruitment rates in the initial phases of the life cycle. There was low recruitment in the juvenile II and immature I classes. Both the mortality and recruitment rates were higher in the seedlings and decreased in the other height classes, but the population growth rate reflected greater recruitment mainly in the seedling class and in the adult class. Although the leucena population has a positive growth rate, mortality was greater than recruitment in the juvenile II classes, indicating that there is resistance to increase in the leucena population in the Ibirporã Forest Park, possibly because of the shading imposed by the adult leucena individuals and the native vegetation, that prevents the advance of the population to the interior of the remnant.

Key words: Dispersion. Invasions. Forest remnant. Mortality. Recruitment.

INTRODUÇÃO

O aumento expressivo da introdução de espécies exóticas invasoras nas sociedades, como consequência do processo de globalização, associado à intensificação do deslocamento humano e ao comércio de produtos, tem contribuindo para a quebra de barreiras ecológicas das espécies (OLIVEIRA; MACHADO, 2009) e tem despertado a atenção de

pesquisadores e de toda a sociedade para necessidade de controle da introdução e dispersão dessas espécies em escala mundial, visando a preservação de ecossistemas (TILMAN, 1996; CLOUT; POORTER, 2005; THONSON, 2005), o controle de doenças (CHAME, 2009) e a economia dos países afetados (RAPOPORT, 1992; PIMENTEL et al., 2000).

No Brasil, nas duas últimas décadas, as espécies exóticas invasoras foram alvo de crescente interesse pela comunidade científica, tendo contribuído a iniciativa do Ministério do Meio Ambiente ao compilar informações sobre as espécies de ocorrências no país (OLIVEIRA; MACHADO, 2009). Internacionalmente, a mobilização em torno do tema culminou com a criação de um banco de dados “Global Invasive Species Database”, coordenado pelo Grupo de Especialistas em Espécies Invasoras (ISSG) da União Internacional para Conservação da Natureza – IUCN, como parte das iniciativas globais conduzidas pelo Programa Global para Espécies Invasoras - GISP (CHAME, 2009).

O processo biológico da invasão ocorre em duas fases: o estabelecimento inicial da espécie em uma determinada localização espacial e a sua dispersão no espaço (HASTINGS, 1996). Embora abundância dos indivíduos na natureza seja determinada pelas características genéticas evolutivas herdadas de seus ancestrais e moldadas por eventos passados e atuais vivenciados por eles em seu ambiente de origem, as espécies podem apresentar diferenças em resposta à diversidade abiótica dos locais que possam estar colonizando (SILVERTOWN, 1987), tais como os processos que afetam o estabelecimento e sobrevivência das plântulas (BERRYMAN, 2002; CAMUS; LIMA, 2002). Os diferentes padrões de distribuição dos indivíduos no espaço podem ser estudados em diferentes escalas e podem ter profundo efeito sobre a dinâmica de uma população por alterar a abundância dos indivíduos em determinada região ou localidade (TOWNSEND, BEGON; HARPER, 2006).

A demografia é o estudo de mudanças no tamanho da população através no tempo e, a determinação das taxas de nascimento (ou recrutamento) e de mortalidade nas diferentes fases do desenvolvimento dos indivíduos, pode projetar o quanto o indivíduo pode viver, quantos descendentes podem produzir e como estas variáveis afetam o tamanho da população ao longo do tempo (BARBOUR et al., 1999). Mudanças temporais no número de indivíduos, na área basal, na taxa de mortalidade e de recrutamento, no tempo de meia vida, no tempo de duplicação, entre outros parâmetros, têm sido utilizados para determinação da dinâmica de populações arbóreas em várias formações florestais (TABANEZ; VIANA; DIAS, 1997; GOMES; MANTOVANI; KAGEYAMA, 2003; BRUNA; MADAN, 2005; OLIVEIRA-FILHO et al., 2007; RODRIGUES et al., 2009; SILVA; ARAUJO, 2009).

Há cerca de 25 anos, a espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit foi semeada na borda sul e leste do Parque Florestal de Ibiporã (PFI) uma unidade de conservação de proteção integral (BRASIL, 2000), para constituir cerca-viva e auxiliar no controle de incêndios que ocorriam com frequência na borda do Parque. Nos anos seguintes, a leucena se estabeleceu e população ocupou parte da área da borda do remanescente florestal, em processo de intensa regeneração natural, suscitando dúvida sobre a sua manutenção, devido ao risco de invasão da área ocupada pela floresta nativa. A porção da população de leucena localizada na borda sul do PFI foi retirada, sendo mantida na da borda leste, onde havia maior risco de ocorrência de incêndios florestais. Esta espécie faz parte da lista de espécies exóticas invasoras (PARANÁ, 2007) e está associada à invasão de diversos ecossistemas, incluindo áreas de remanescentes florestais (INSTITUTO HORUS, 2005).

No presente estudo, analisou-se a estrutura espacial e a demografia da população de *L. leucocephala*, no PFI, para avaliar o potencial de invasão da espécie em áreas de floresta nativa.

MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Florestal de Ibiporã (PFI) (23° 15' 71" S; 51° 01' 83" W) é uma unidade de conservação de proteção integral (PARANÁ, 1980), com área de 74,01 ha, localizado na região urbana do município de Ibiporã, PR (Figura 1). O relevo é suavemente ondulado, altitude média de 424 m (TRABAQUINI et al., 2007) e os tipos de solo predominantes são o Latossolo Vermelho Eutroférico e o Neossolo Litólico Eutroférico e associações entre os dois tipos predominantes (IAP, 1988; EMBRAPA, 1999). O clima da região é do tipo Cfa, de Köppen, com temperatura média anual de 21,9 °C e precipitação média anual de 1507 mm. O período de maior pluviosidade ocorre entre novembro e fevereiro, com pico de 214,1 mm em janeiro e o período de menor pluviosidade nos demais meses, sendo agosto o mês mais seco, conforme dados da estação meteorológica de Ibiporã, pertencente ao Instituto Agrônomo do Paraná, localizada a menos de 2 km do PFI (IAPAR, 2010).

O remanescente da Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991) ocupa aproximadamente 95% da área do Parque e apresenta-se localmente como formação secundária devido ao processo de extração de madeira ocorrido até a década de 1980 sem, contudo, ter sofrido supressão total de vegetação, exceto em

pequenas áreas da borda sul e leste, ocupadas antes da criação do PFI com culturas anuais e deposição de resíduos urbanos. Em 1980 foram descritas 72 espécies arbóreas da flora nativa e exótica (RODERJAN; MEDEIROS, 1988) e, em estudos recentes, foram identificadas 39 espécies exóticas (COSTA et al., 2008) e mais de 180 espécies vasculares nativas (COSTA et al., 2010). Atualmente, a vegetação encontra-se em estágio médio a avançado da sucessão ecológica, com espécies arbóreas típicas desta formação.

Além do desmatamento e eventuais incêndios que teriam ocorrido no passado, as outras fontes de distúrbios são decorrentes da localização do PFI em área urbana e do seu limite com as áreas rurais, além de ventos com direção de leste para noroeste que freqüentemente causam quebra de árvores (observação pessoal). O local de estudo, borda leste do Parque, é limitado por estrada rural, sendo que a vegetação é quase que exclusivamente composta pela população de leucena. Raros indivíduos adultos de outras espécies arbóreas ocorrem junto com a leucena, tais como os das espécies *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (peroba rosa), *Galesia integrifolia* (Spreng.) Harms (pau d'alho), *Machaerium scleroxylon* Tul. (caviúna), *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez (canelinha) e *Pilocarpus pennatifolius* Lem (jaborandi). Entre as lianas, a mais freqüente foi *Macfadyena unguis-cati* (L.) A.H. Gentry (unha-de-gato). Parte da borda leste serviu como depósito de resíduo, que foi desativado antes da criação da unidade de conservação ambiental.

A espécie *L. leucocephala* (Fabaceae-Mimosoideae) é originária da América Central, segundo a “National Academy of Sciences” (EMBRAPA, 2010), sendo descrita no México como parte da flora nativa (URQUIZA-HASS; DOLMAN; PERES, 2007). São conhecidas dez espécies de leucena e mais de 100 variedades, com hábito variando desde arbustivo até arbóreo com até 25 m de altura, agrupadas em três tipos: tipo havaiano, tipo salvadorenho e tipo peruano (EMBRAPA, 2010; LIMA; EVANGELISTA, 2010). A variedade semeada no Parque Florestal de Ibiporã é do tipo peruano, a qual alcança até 15 metros de altura, apresentando muitas ramificações e grande quantidade de folhagem, mesmo na parte baixa do tronco (SÁ, 1997).

A espécie é descrita como planta perene com sistema radicular profundo, com poucas e superficiais raízes laterais, que portam nódulos fixadores de nitrogênio, devido à associação com bactérias do gênero *Rhizobium*. As flores são brancas e agrupadas em inflorescência globular solitária e, geralmente, apresentam autopolinização. Os frutos são deiscentes do tipo legume e as sementes apresentam dormência mecânica, devida à rigidez do tegumento e germinação lenta e irregular. São plantas de estabelecimento lento que preferem

solos bem drenados e com boa fertilidade e que perdem os folíolos e foliólulos somente em períodos de seca prolongada ou em consequência de geadas (SÁ, 1997; LIMA; EVANGELISTA, 2010).

Entre as características biológicas, algumas conferem à espécie potencial para proliferar em ambientes alterados como: longo período de floração, grande produção de pequenas sementes, as quais possuem período de dormência; capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico (PRIMAVESI et al., 1994; EMBRAPA, 2010; LIMA; EVANGELISTA, 2010) e produção de substância alelopática (SCHERER et al., 2005). Ecologicamente, a leucena é considerada como grupo dependente de luz que cresce em regiões tropicais e subtropicais com altitudes de até 500 m, suporta grandes variações de precipitação, luminosidade, salinidade do solo, fogo, geadas leves e secas. (EMBRAPA, 2010).

Para o estudo da população de leucena foram demarcados cinco transectos (10m x 200m), totalizando área amostral de 1ha (Figura 1), localizados perpendicularmente e a partir do limite externo da borda leste do PFI, doravante referido apenas como borda do remanescente, sendo mantida distância de 200 metros, um em relação ao outro. Cada transecto foi subdividido em parcelas (10m x10m), totalizando 20 parcelas para cada transecto.

Todos os indivíduos presentes nos cinco transectos, com altura igual ou superior à 20cm e diâmetro igual ou superior a 0,10cm, foram marcados e numerados utilizando-se placas de alumínio, foram mapeados através de coordenadas cartesianas e foram tomadas medidas de altura (H). O período de amostragem se estendeu entre os meses de novembro e fevereiro de 2007/8 e 2008/9, doravante considerados períodos amostrais de 2007 e 2008. Nesses meses ocorre intensa germinação das sementes de *L. leucocephala*, que coincide com o período de alta pluviosidade na região do PFI.

A altura foi determinada com o uso de trena para plantas com altura de até dois metros e estimada com podão de cabo extensível, para as plantas maiores. Os indivíduos amostrados foram divididos em 6 classes de altura, em metros, denominadas: plântula ($0,2 \leq x < 0,5$), juvenil I ($0,5 \leq x < 1,0$), juvenil II ($1,0 \leq x < 3,0$), imaturo I ($3,0 \leq x < 6,0$), imaturo II ($6,0 \leq x < 9,0$) e adulto ($9,0 \leq x$). O critério adotado para a separação das classes não está necessariamente relacionado aos estádios ontogenéticos da espécie, porém, foram definidos com base em observações de campo como, por exemplo, a constatação de que a primeira reprodução ocorre em indivíduos com altura superior a 8 m.

As análises do padrão espacial e da demografia da população foram realizadas para os indivíduos amostrados nos transectos 1, 3, 4 e 5, sendo excluído o transecto 2, onde foram registrados apenas 3 indivíduos em 2007 e 7 indivíduos em 2008. Com base nas coordenadas, os indivíduos de cada classe de altura foram mapeados.

O padrão de distribuição espacial das classes de altura foi analisado para os dados de 2008, usando o coeficiente de autocorrelação espacial de Moran (MORAN, 1950). A análise foi realizada no software Passage 2 (ROSEMBERG, 2001). O coeficiente de Moran varia de -1 a $+1$, mas algumas vezes podem exceder esses valores. Valores positivos do coeficiente de Moran correspondem a autocorrelação positiva (LEGENDRE; FORTIN, 1989). A hipótese nula que o coeficiente em cada classe de distância não é significativamente diferente de zero, indicando casualidade, pode ser testada. O correlograma espacial, que é um gráfico de I valores é significativo ao nível de significância $\alpha' = \alpha/n$, onde n é o nível de significância escolhido, conforme critério de Bonferroni (ODEN, 1984), assumindo-se o valor de 0,05 no presente estudo.

Para caracterizar a estrutura de altura entre as classes de distância da borda fez-se a soma dos indivíduos das parcelas correspondentes em todos os transectos e plotou-se o número de indivíduos em cada classe. Para verificar se as estruturas de altura diferiram entre as classes de distância, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov (ZAR, 1999).

As taxa vitais foram calculadas conforme proposto por Gomes; Mantovani; Kageyama (2003), para a população amostrada nos cinco transectos. As taxas de mortalidade (M) e recrutamento (R) (SHEIL, 1995; SHEIL; BURSLEM; ALDER, 1995) foram determinadas como a seguir:

$$M = \{1 - [(No - m)/No]^{1/\Delta t}\} \times 100, \quad R = \{[(No + r)/No]^{1/\Delta t} - 1\} \times 100,$$

onde, No = tamanho da população na primeira amostragem; m = número de mortes no intervalo de tempo entre a primeira e a segunda amostragem (Δt) e r = número de indivíduos recrutados entre os censos, excluindo os recrutados mortos (SHEIL; MAY, 1996).

O tempo de meia-vida ($T_{0,5}$), conforme Swaine; Lieberman (1987 apud GOMES; MANTOVANI; KAGEYAMA, 2003) e o tempo de duplicação (T_2), foram obtidos como a seguir:

$$T_{0,5} = (I_n 0,5)/I_n [(No - m)/No]^{1/\Delta t} e, \quad T_2 = (I_n 2)/I_n [(No + r)/No]^{1/\Delta t}$$

RESULTADOS

A população de *L. leucocephala* em 2008 foi 51% maior do que em 2007, tendo sido registrados 1974 indivíduos.ha⁻¹ em 2007 e 2986 indivíduos.ha⁻¹, em 2008 (Tabela 1B e Tabela 2B). A densidade da população variou entre os transectos, ocorrendo número maior de indivíduos no transecto 5 e menor nos transectos 2 e 3. O número de plântulas, juvenil I e de adultos foi maior em 2008, sendo que as plântulas aumentaram em mais de 100%.

Nos transectos 1 e 3, os indivíduos de leucena estavam concentrados nos primeiros 10 m a partir do limite externo da borda do remanescente e nos transecto 4 5 os

Tabela 1B – Número de indivíduos de *Leucaena leucocephala*, por classe de altura e por classe de distância da borda (m), nos transectos amostrados do Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, no ano de 2007. O Transecto 2 não foi incluído por apresentar apenas três (2007) indivíduos.

Transecto	Distância (m)	Classe de altura (m)						Total
		0,2<=x<0,5	0,5<=x<1,0	1,0<=x<3,0	3,0<=x<6,0	6,0<=x<9,0	9,0<=x	
T1	0 ≤ x < 10	23	22	41	38	28	43	195
	10 ≤ x < 20	4	0	0	0	0	0	4
	20 ≤ x < 30	1	0	0	0	0	0	1
	30 ≤ x < 40	0	0	0	0	0	0	0
	40 ≤ x < 50	0	0	0	0	0	0	0
	50 ≤ x < 60	0	0	0	0	0	0	0
	Total	28	22	41	38	28	43	200
T2	0 ≤ x < 10	0	0	1	0	2	0	3
	10 ≤ x < 20	0	0	0	0	0	0	0
	20 ≤ x < 30	0	0	0	0	0	0	0
	30 ≤ x < 40	0	0	0	0	0	0	0
	40 ≤ x < 50	0	0	0	0	0	0	0
	50 ≤ x < 60	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0	0	1	0	2	0	3
T3	0 ≤ x < 10	8	6	5	1	2	2	24
	10 ≤ x < 20	0	1	0	0	0	0	1
	20 ≤ x < 30	0	0	0	0	0	0	0
	30 ≤ x < 40	0	0	0	0	0	0	0
	40 ≤ x < 50	0	0	0	0	0	0	0
	50 ≤ x < 60	0	0	0	0	0	0	0
	Total	8	7	5	1	2	2	25
T4	0 ≤ x < 10	19	9	11	9	12	17	77
	10 ≤ x < 20	31	52	77	18	9	4	191
	20 ≤ x < 30	40	10	9	0	0	1	60
	30 ≤ x < 40	13	8	10	1	1	0	33
	40 ≤ x < 50	0	0	0	0	0	0	0
	50 ≤ x < 60	0	0	0	0	0	0	0
	Total	103	79	107	28	22	22	361
T5	0 ≤ x < 10	80	108	257	66	17	19	547
	10 ≤ x < 20	490	86	69	19	4	1	669
	20 ≤ x < 30	135	17	5	1	0	0	158
	30 ≤ x < 40	10	1	0	0	0	0	11

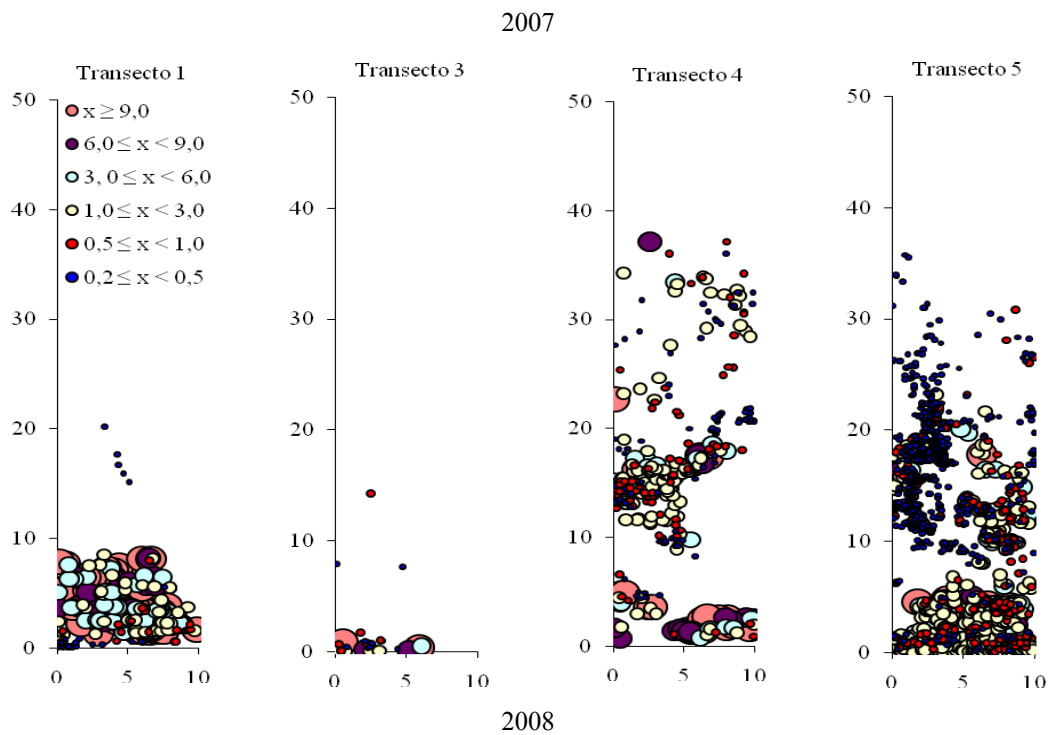
	$40 \leq x < 50$	0	0	0	0	0	0	0
	$50 \leq x < 60$	0	0	0	0	0	0	0
	Total	715	212	331	86	21	20	1385
TOTAL	$0 \leq x < 10$	130	145	315	114	61	81	846
	$10 \leq x < 20$	525	139	146	37	13	5	865
	$20 \leq x < 30$	176	27	14	1	0	1	219
	$30 \leq x < 40$	23	9	10	1	1	0	44
	$40 \leq x < 50$	0	0	0	0	0	0	0
	$50 \leq x < 60$	0	0	0	0	0	0	0
	Total	854	320	485	153	75	87	1974

Tabela 2B – Número de indivíduos de *Leucaena leucocephala*, por classe de altura e por classe de distância da borda (m), nos transectos amostrados do Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, no ano de 2008. O Transecto 2 não foi incluído por apresentar apenas sete (2008) indivíduos.

Transecto	Distância	Classe de altura (m)							Total-Mortas
		Mortas	$0,2 \leq x < 0,5$	$0,5 \leq x < 1,0$	$1,0 \leq x < 3,0$	$3,0 \leq x < 6,0$	$6,0 \leq x < 9,0$	$9,0 \leq x$	
T1	$0 \leq x < 10$	20	13	17	41	33	23	49	176
	$10 \leq x < 20$	1	10	0	0	0	0	0	10
	$20 \leq x < 30$	0	3	0	0	0	0	0	3
	$30 \leq x < 40$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$40 \leq x < 50$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$50 \leq x < 60$	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	21	26	17	41	33	23	49	189
T2	$0 \leq x < 10$	0	4	0	0	1	1	1	7
	$10 \leq x < 20$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$20 \leq x < 30$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$30 \leq x < 40$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$40 \leq x < 50$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$50 \leq x < 60$	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0	4	0	0	1	1	1	7
T3	$0 \leq x < 10$	2	25	5	6	1	2	2	41
	$10 \leq x < 20$	0	2	0	0	0	0	0	2
	$20 \leq x < 30$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$30 \leq x < 40$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$40 \leq x < 50$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$50 \leq x < 60$	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	2	27	5	6	1	2	2	43
T4	$0 \leq x < 10$	9	11	11	9	8	12	20	71
	$10 \leq x < 20$	14	38	42	79	21	8	7	195
	$20 \leq x < 30$	4	104	14	12	1	0	1	132
	$30 \leq x < 40$	5	31	11	11	2	0	1	56
	$40 \leq x < 50$	0	1	0	0	0	0	0	1
	$50 \leq x < 60$	0	1	1	0	0	0	0	2
	Total	32	186	79	111	32	20	29	457
T5	$0 \leq x < 10$	62	183	90	236	64	19	22	614
	$10 \leq x < 20$	63	962	177	69	15	4	2	1229
	$20 \leq x < 30$	27	340	56	9	1	0	0	406
	$30 \leq x < 40$	2	37	4	0	0	0	0	41
	$40 \leq x < 50$	0	0	0	0	0	0	0	0
	$50 \leq x < 60$	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	154	1522	327	314	80	23	24	2290

TOTAL	$0 \leq x < 10$	93	236	123	292	107	57	94	909
	$10 \leq x < 20$	78	1012	219	148	36	12	9	1436
	$20 \leq x < 30$	31	447	70	21	2	0	1	541
	$30 \leq x < 40$	7	68	15	11	2	0	1	97
	$40 \leq x < 50$	0	1	0	0	0	0	0	1
	$50 \leq x < 60$	0	1	1	0	0	0	0	2
	Total	209	1765	428	472	147	69	105	2986

indivíduos estavam concentrados nos primeiros 40 m. Enquanto que no transecto 4 os indivíduos das classes de altura maiores ocorreram em todas estas distâncias, no transecto 5, eles estiveram limitados aos primeiros 20 m da borda. Em geral, 96% da população estava concentrada nos primeiros 30 metros da borda. (Figura 1B) e poucos indivíduos de outras espécies compartilharam o habitat com a leucena.



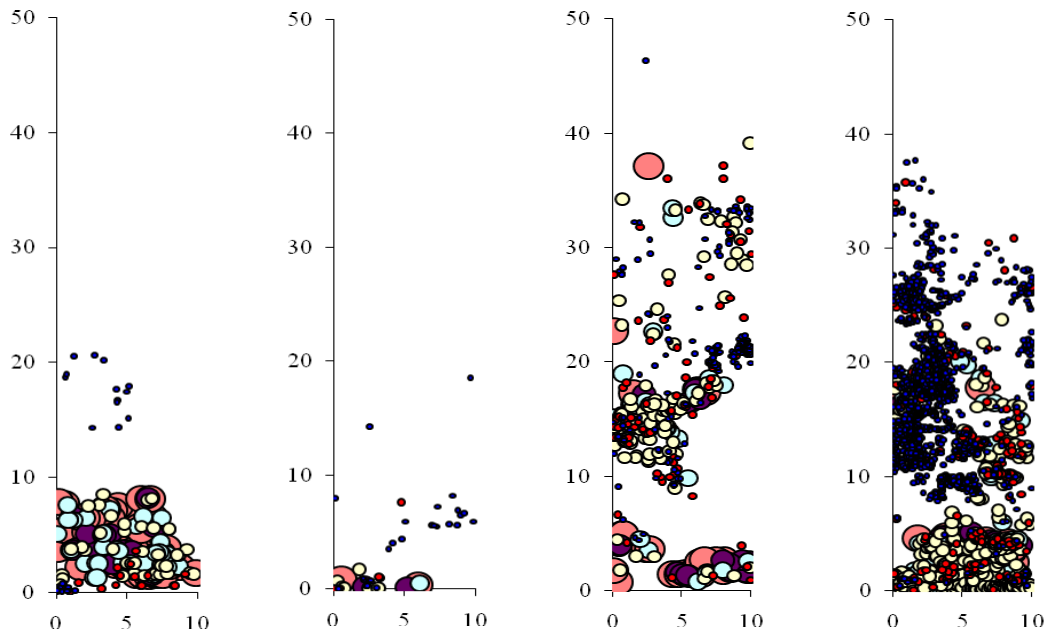
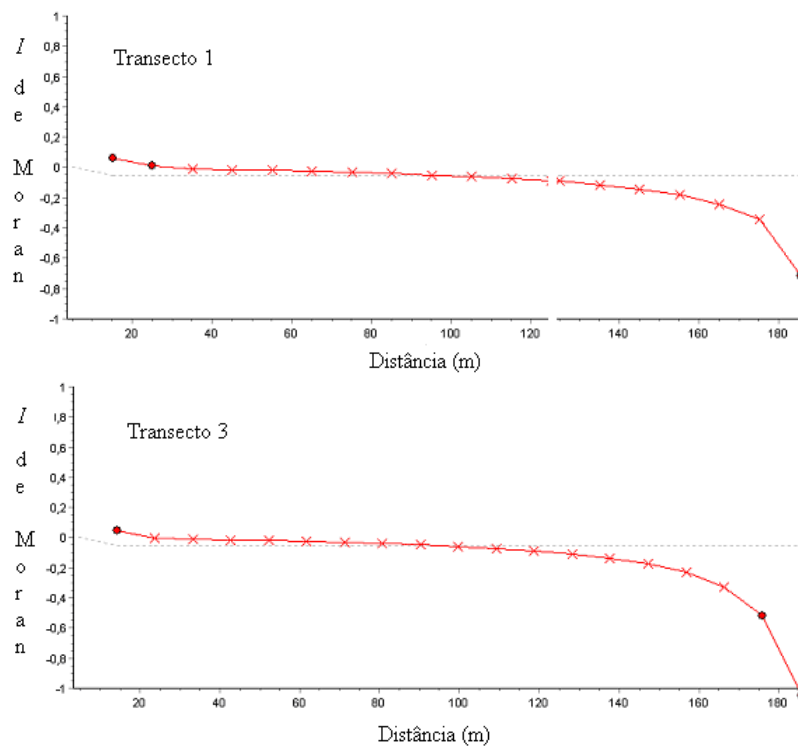


Figura 1B – Distribuição espacial dos indivíduos de *Leucaena leucocephala* nos transectos amostrados (ordenadas e abscissas em m), no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, nos períodos amostrais de 2007 e 2008 (unidade metros).

Em todos os transectos observou-se autocorrelação espacial positiva ($p < 0,05$), com agrupamento de cerca de 20 m de diâmetro (Figura 2B).



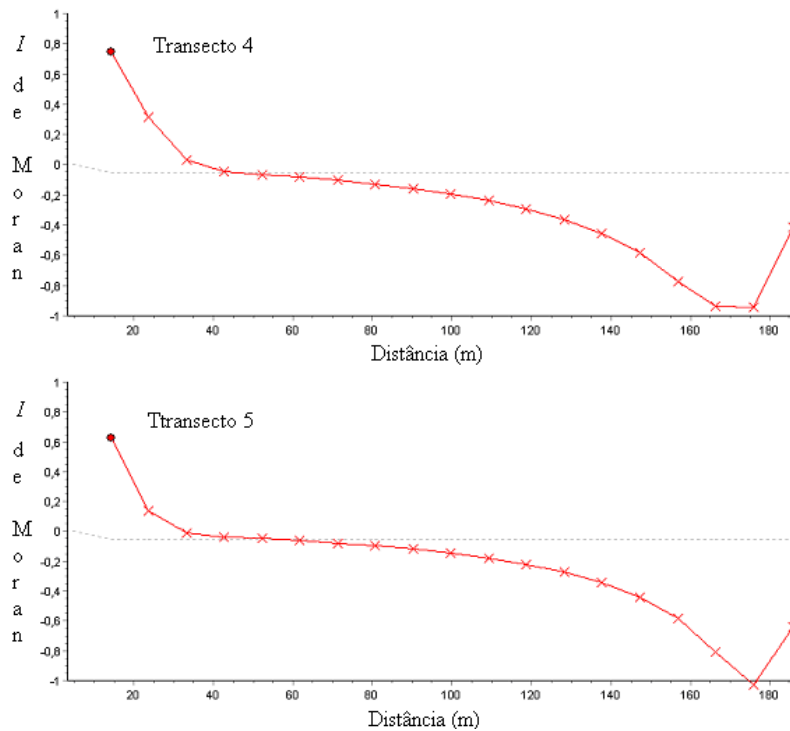


Figura 2B – Correlograma espacial de *Leucaena leucocephala* para os transectos 1, 3, 4 e 5, no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, no ano de 2008. Os valores das abscissas correspondem aos limites superiores das classes de distância.

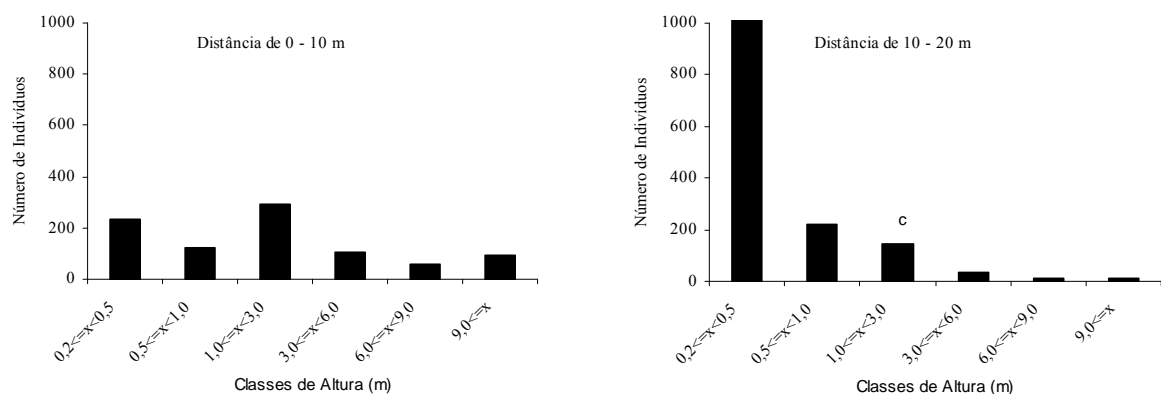
O Teste de Kolmogorov-Smirnov (D) indicou diferença na estrutura de altura entre as três primeiras classes de distância a partir da borda do remanescente (Tabela 3B). Nas classes de distância de 40 a 50 e de 50 a 60 foram amostrados apenas 1 e dois indivíduos, nas classes de plântulas e juvenil I, não sendo consideradas na análise (Tabela 2B).

Tabela 3B – Teste de Kolmogorov-Smirnov (D) para as distribuições de frequência das classes de altura de *Leucaena leucocephala*, entre as classes de distância da borda, para os indivíduos amostrados em 2008, no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR.

Classes de distância	$10 \leq x < 20$	$20 \leq x < 30$	$30 \leq x < 40$
$0 \leq x < 10$	0,464 (p<0,05)	0,569 (p<0,05)	0,462 (p<0,05)
$10 \leq x < 20$		0,122 (p<0,05)	0,009 (p>0,05)
$20 \leq x < 30$			0,125 (p>0,05)

As classes de altura foram diferentemente representadas nas diferentes classes de distância em relação à borda do fragmento (Figura 3B). Plântula e juvenil I foram mais abundantes entre 10 e 20 m da borda, diminuindo gradativamente até a distância de 40 m. Juvenil II e imaturo I e II foram mais abundantes nos primeiros 10 m da borda, com grande redução de abundância a partir dos 10 m. Os adultos ocuparam predominantemente os primeiros 10 m.

As taxas de mortalidade e recrutamento foram determinadas para as classes de altura e de distância da borda para a população de *L. leucocephala* (Tabela 4B). A taxa de mortalidade foi mais elevada na classe de plântula e decresceu nas demais classes, não se observando mortes nas classes de imaturo II e de adulto. As taxas de recrutamento foram maiores do que as taxas de mortalidade em todas as fases do ciclo vital, representado pelas classes de altura, exceto na classe de juvenil II, sendo que a maior taxa de recrutamento ocorreu na classe de plântula. O recrutamento de adulto foi expressivo, entretanto, o que mais se destaca na tabela é são as baixas taxas de recrutamento da classe de juvenil I para juvenil II e desta para imaturo I. Nestas duas últimas classes e na classe de imaturo II houve redução no número de indivíduos entre os dois períodos de amostragem, indicando que os indivíduos destas classes de altura apresentaram restrições ambientais nas classes de altura inferiores, devido a taxas de recrutamento menores do que a perda de indivíduos para as classes seguintes.



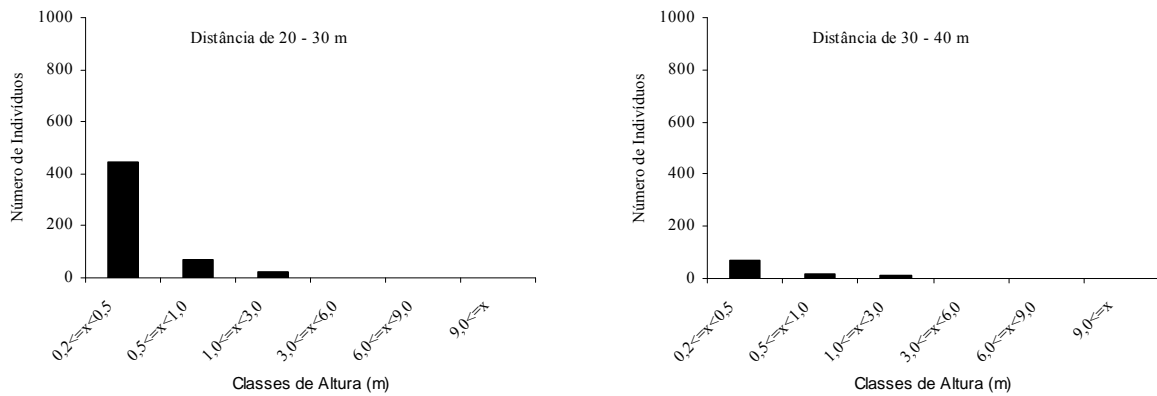


Figura 3B – Estrutura de altura da população de *Leucaena leucocephala*, por classes de distância da borda, até 40 m, do Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR, em 2008.

Com relação à distância da borda (Tabela 4B), tanto a taxa de mortalidade como a de recrutamento foram maiores nas distâncias entre 20 e 40 m do que entre 0 e 20 m, não ocorrendo recrutamento ou mortalidade nas classes acima de 40 m.

A população de leucena, considerando todos os quatro transectos analisados, apresentou tempo de meia vida ($T_{0,5}$) de 6,2 anos e tempo de duplicação (T_2) de 1,4 anos. A taxa de crescimento da população, no período de um ano, foi igual a 1,5%.

Tabela 4B – Mortalidade e recrutamento entre 2007 e 2008 na população de *Leucaena leucocephala* por classe de altura (m) e classe de distância da borda (m), no Parque Florestal de Ibiporã, Ibiporã, PR. N_0 = número de indivíduos em 2007; m = número de mortos, r = número de recrutados; N_1 = número de indivíduos em 2008; M = taxa de mortalidade (%); R = taxa de recrutamento (%), e , $T_{0,5}$ = tempo de meia vida, T_2 = tempo de duplicação e λ = taxa de crescimento, em anos.

Classes de tamanho	N	m	r	N 1	M	R	T0,5	T ₂	λ
0,2<=x<0,5	854	147	1217	1761	17,2	142,5	3,7	0,8	2,06
0,5<=x<1,0	320	39	163	428	12,2	50,9	5,3	1,7	1,34
1,0<=x<3,0	484	20	16	472	4,1	3,3	16,4	21,3	0,98
3,0<=x<6,0	153	3	8	146	2,0	5,2	35,0		0,95
6,0<=x<9,0	73	0	12	68	0,0	16,4			0,93
9,0<=x	87	0	17	104	0,0	19,5		3,9	1,20
Distância da borda	1971								
0<=x<10	843	93	152	902	11,0	18,0	5,9	4,2	1,07
10<=x<20	865	78	649	1436	9,0	75,0	7,3	1,2	1,66
20<=x<30	219	31	353	541	14,2	161,2	4,5	0,7	2,47
30<=x<40	44	7	60	97	15,9	136,4	4,0	0,8	2,20
40<=x<50	0	0	1	1	0,0				
50<=x<60	0	0	2	2	0,0				
Na área total	1971	209	1217	2979	10,6	61,7	6,2	1,4	1,51

Discussão

A distribuição espacial dos indivíduos indicou que a dispersão da *L. leucocephala*, no Parque Florestal de Ibiporã ocorreu em faixa, a partir das plantas-mães, que foram semeadas em fileiras ao longo da borda do remanescente. A ocorrência de alguns focos de dispersão até a faixa de 40 m, nos transectos 4 e 5, evidencia que ao longo do tempo, os indivíduos foram se estabelecendo e sobreviveram a certa distância adultos plantados, formando novos núcleos de dispersão cada vez mais distantes da borda.

As variações observadas na estrutura espacial entre os transectos refletem a heterogeneidade espacial da borda do remanescente. A região dos transectos 4 e 5 apresenta microsítios favoráveis à regeneração de leucena, provavelmente por estarem estabelecidos em locais onde teriam ocorrido maiores impactos ambientais como o depósito de resíduos, desativado há mais de 30 anos. Este ambiente é favorável ao desenvolvimento populacional de uma espécie exótica demandante de luz como *L. leucocephala* (EMBRAPA, 2010) e de grande tolerância ambiental (INSTITUTO HORUS, 2005), já que além da supressão da vegetação que possa ter ocorrido, as características físicas e químicas do solo foram alteradas.

Nos transectos 1 e 3 a vegetação do Parque apresenta dossel mais fechado que reduz a entrada de luz no subbosque. Possivelmente esta é a principal causa para a menor

regeneração de *Leucena* nestes locais. Além disso, baixa densidade populacional observada nos transectos 2 e 3 pode estar relacionada a um banco de sementes menor do que o aquele presente nos demais transectos, conforme sugerem as quantificações de plântulas recém germinadas realizadas em novembro de 2006, 2007 e 2008 (dados não apresentados), resultando nas densidades de 14,1; 19,9 e 46,1 indivíduos. m^{-2} , nos transectos 1, 4 e 5, respectivamente, e, 1,1 e 4,7 indivíduos. m^{-2} , nos transectos 2 e 3, respectivamente. A provável causa desta germinação desigual entre os transectos é o posicionamento das plantas adultas, cujas copas cresceram inclinadas em direção oposta ao interior do remanescente, em local onde o relevo apresenta acentuada declividade em direção à estrada que margeia o Parque. Assim, as sementes caem vários metros abaixo do nível da área dos transectos 2 e 3. Alguns estudos têm enfatizado a importância do banco de sementes e do processo de dispersão de sementes na abundância da população de plantas, embora outros estudos têm demonstrado não existir relacionamento entre abundância de indivíduos e massa ou quantidade de sementes (LORTIE et al., 2009; MURRAY, 2003).

Tem sido mostrado que a heterogeneidade espacial em diversas escalas influencia a estrutura e a distribuição de biomassa em floresta (URQUIZA-HASS; DOLMAN, PERES, 2007) e que a combinação de processos ecológicos com heterogeneidade no ambiente, tal como os distúrbios, produzem uma variedade de pequenos sítios que diferem em sua disponibilidade de recursos, tanto para as árvores da floresta em regeneração como, também, para as diferentes fases do ciclo vital das espécies presentes (DOVCIAK; FRELICH; REICH, 2001). Vários fatores podem determinar a sobrevivência de plantas, nas diferentes fases do seu ciclo de vida. A luminosidade é fator determinante para o recrutamento de plântulas de espécies demandante de luz (MARTINEZ-RAMOS; ALVAREZ-BUYLLA; SARUKHÁN, 1989; WHITMORE, 1989) e tem influência na taxa de crescimento dessas espécies (ENGEL; POGGIANI, 1990). Nos indivíduos dos transectos 2 e 3 a luz pode ter sido um dos fatores limitantes para o recrutamento e sobrevivência das plântulas, considerando que nestes transectos a vegetação encontra-se mais preservada.

O aspecto demográfico mais evidente na população de leucena do PFI foi a ocorrência de altas taxas de recrutamento e de mortalidade, sobretudo nas classes plântula e juvenil I. A densidade em populações de plantas pode variar consideravelmente ao longo do tempo, especialmente nas em espécies com mecanismo de regulação dependente de densidade

Um dos fatores que pode ter contribuído para o alto recrutamento de plântulas foi a ocorrência de alta pluviosidade no período de novembro de 2007 a março de

2008, favorecendo a germinação de sementes e o estabelecimento inicial das plântulas. As altas taxas de recrutamento observadas nas classes de altura iniciais de leucena são, provavelmente, decorrentes da presença de microsítios favoráveis, principalmente nos transectos 4 e 5. Resultado semelhante foi observado em população de árvores adultas de espécies nativas (GOMES, MANTOVANI, KAGEYAMA, 2003), que relacionaram as altas taxas de recrutamento à ocorrência de distúrbios anteriores ao estudo.

A baixa taxa de recrutamento de juvenol II e imaturo I, possivelmente indica restrição ambiental ao crescimento da população no PFI. Considerando a grande plasticidade da espécie *L. leucocephala* e sua característica adaptativa a vários ambientes, desde áreas abertas até ambientes florestais (INSTITUTO HORUS, 2005) e, considerando que se trata de uma espécie dos estágios iniciais da sucessão ecológica (EMBRAPA, 2010), possivelmente o fator luminosidade seja o mais limitante para o desenvolvimento das plântulas que sobreviveram à competição intra e interespecífica por recursos edáficos. Esta hipótese é suportada pela presença de maior número de indivíduos da classe de Imaturos I próximos das árvores-mãe, onde as condições de luminosidade foram mais favoráveis por estarem localizadas próximo do limite externo da borda. Entretanto, houve recrutamento de adulto em maiores distâncias da borda, os quais podem propiciar a formação de novos focos de dispersão da leucena e contribuir para o seu avanço sobre a vegetação nativa do PFI.

CONCLUSÃO

A distribuição espacial de *L. leucocephala* no Parque Florestal de Ibiporã indica que a população apresenta-se agrupada e a distribuição das plântulas reflete o padrão espacial dos sítios favoráveis à germinação. O modelo de dispersão ocorre em faixas, favorecido pela declividade do terreno em alguns locais da borda do remanescente, ocupando uma faixa de até 60 metros, principalmente nos locais mais degradados. Nestes locais, a população de leucena apresenta novos focos de dispersão, indicando que a população encontra condições favoráveis ao avanço em direção ao interior do remanescente.

A população apresentou alta taxa de crescimento específico, decorrente das altas taxas de plântulas, indicando que a população de leucena apresenta grande potencial de permanência no PFI. Entretanto, o ambiente ofereceu resistência ao crescimento dos indivíduos representa o modelo de similaridade geométrica na alocação dos recursos em

algumas fases do ciclo vital, comprometendo o potencial reprodutivo da população pela redução de número de adultos e, conseqüentemente, limitando o seu crescimento.

Assim, a vegetação nativa do Parque Florestal de Ibiporã apresenta potencial de resistência à ocupação do espaço pela leucena. Entretanto, a espécie apresenta-se quase como uma monocultura no local em que se estabeleceu, possivelmente devido às características alelopáticas que impedem a regeneração de plântulas de espécies nativas no seu entorno, o que lhe atribui vantagem competitiva.

5 RECOMENDAÇÃO DE MANEJO

O presente estudo indica que o controle da população de leucena na borda do Parque Florestal de Ibiporã é necessário, sendo o alvo prioritário do manejo a população com altura até 8 m, pela facilidade de corte manual, redução do custo operacional e agilidade de manejo, impedindo-se a formação de novos focos de dispersão. Também os focos de dispersão existentes devem ter prioridade de manejo. Nas áreas mais conservadas, sugere-se a retirada dos indivíduos menores e o anelamento dos indivíduos imaturos e adultos. Nas áreas abertas e borda do remanescente sugere-se o plantio de mudas grandes de espécies perenifólias, especialmente as secundárias iniciais, relativamente tolerantes à sombra, e anelamento dos indivíduos de leucena somente quando as espécies plantadas iniciarem o sombreamento, de modo a garantir o papel de proteção do remanescente contra invasão por capim colônia e da ocorrência de incêndios.

CONCLUSÕES GERAIS

A população de *L. leucocephala*, estabelecida há 25 anos através de plantio de sementes na borda leste do Parque Florestal de Ibiporã, ocupou uma faixa variável ao longo da borda, alcançando a distância de até 60 metros de largura, com densidade específica de 0,995 indivíduos . m⁻² e desenvolveu uma estrutura de tamanho hierarquizada e os indivíduos das diferentes classes de tamanho estão dispostos em um padrão agrupado em torno dos indivíduos adultos.

A leucena apresenta característica de espécies das fases iniciais da sucessão secundária apresentando investimento de recursos para o crescimento em diâmetro e altura, possuindo alto risco de quebra nas fases intermediárias do seu ciclo vital, característica que pode limitar o crescimento da população.

O avanço da população em direção ao interior do remanescente ocorreu em faixas a partir dos adultos originários da sementeira da leucena no limite da face leste do Parque Florestal de Ibiporã. Foi favorecido nos locais onde ocorreram distúrbios no ambiente natural em épocas anteriores à instituição do Parque e, também, pela declividade do terreno, ocorrendo focos de dispersão em direção ao interior do remanescente.

A alta taxa de crescimento da população de *L. leucocephala*, no ambiente considerado ($\lambda = 1,5\%$) e o baixo tempo de duplicação da população ($T_2 = 1,4$ anos) ocorreu graças ao grande recrutamento de plântulas e ao recrutamento expressivo na classe de adultos. Entretanto, a população sofre grande restrição no seu desenvolvimento decorrente das condições impostas pelo ambiente. Assim a vegetação nativa oferece resistência ao avanço da população de leucena, provavelmente pelo sombreamento, condicionando o seu crescimento e ampliação da faixa de ocupação à ocorrência de distúrbios no remanescente, propiciando a abertura do dossel.

Os dados obtidos indicam que a população de leucena na borda do Parque Florestal de Ibiporã avança lentamente em direção ao interior do remanescente que, entretanto, à logo prazo tem possibilidade de ampliar a área ocupada e interferir na permanência de espécies nativas no local.

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, V. et al. Relações alométricas para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 333-342, jun./set. 2008.
- BAGUETTE, M.; STEVENS, V. M. Local population and metapopulations area both natural and operational categories. **Oikos**, Buenos Aires, v. 101, n. 3, p. 661-663, jun. 2003.
- BARBOUR, M. G. et al. **Terrestrial plant ecology**. 3. ed. Menlo Park: Benjamin/Cummings, 1999.
- BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SANTOS, F. A. M. Spatial and temporal variation in the canopy cover in a tropical semi-deciduous forest. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 269-276, set. 2001.
- BIANCHINI, E. et al. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, sul do Brasil. **Acta Botanica Brazilica**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 405-419, 2003.
- BERRYMAN, A. A. Population: a central concept for ecology? **Oikos**, Buenos Aires, v. 97, n. 3, p. 439-442, jun. 2002.
- BERRYMAN, A. A. On principles, laws and theory in population ecology. **Oikos**, Buenos Aires, v. 103, n. 3, p. 695-701, dez. 2003.
- BONAN, G. B. The size structure of theoretical plant populations: spatial patterns and neighbour effects. **Ecology**, Durham, v. 69, n. 6, p. 1721-1730, dez. 1988.
- BRANDON, A. L.; GIBSON, D. J.; MIDDLETON, B. A. Mechanisms for dominance in an early successional old field by the invasive non-native *Lespedeza cuneata* (Dum. Cours.) G. Don. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 6, n. 4, p. 483-493, dez. 2004.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000.
- BRUNA, E. M.; MADAN, K. Demographic effects of habitat fragmentation on a tropical herbs: life-table response experiments. **Ecology**, Durham, v. 86, n. 7, p. 1816-1824, jul. 2005.

CAMUS, P. A.; LIMA, M. Populations, metapopulations, and the open-closed dilemma: the conflict between operational and natural population concepts. **Oikos**, Buenos Aires, v. 97, n. 3, p. 433-438, jun. 2002.

CARVALHO, C. J. B. Ferramentas atuais da biogeografia histórica para utilização em conservação. In: MILANO, M. S.; TAKAHASHI, L. Y.; NUNES, M. L. (org.). **Unidades de conservação: atualidades e tendências**. Curitiba: Fundação Boticário de Proteção à Natureza, 2004. p. 92-103.

CHAME, M. Espécies exóticas invasoras que afetam a saúde humana. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 61, n. 1, p. 30-34, jan./mar. 2009.

CLAUSSEN, J. W.; MAUCCOCK, R. Stem allometry in a North Queensland tropical rainforest. **Biotropica**, Washington, v. 27, n. 4, p. 421-426. 1995.

CLOUT, M. N.; POORTER, M. D. International initiative against invasive species. **Weed Technology**, Champaign, v. 19, n. 3, p. 523-527, mar. 2005.

COSTA, J. T. et al. Ocorrência de espécies exóticas no Parque Florestal de Ibiporã. **Cadernos da Biodiversidade**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 53-64, 2008.

COSTA, J. T. et al. **Composição florística das espécies vasculares e caráter sucessional da flora arbórea de um fragmento de Floresta Esstacioal semidecidual, no sul do Brasil**. 2010. No prelo.

DIETZ, H. Plant invasion patches-reconstructing patterns and process by means of herb-chronology. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 4, n. 3, p. 211-222, jun. 2002.

DOVCIK, M.; FRELICH, L. E.; REICH, P. B. Discordance in spatial patterns of white pine (*Pinus strobus*) size-classes in a patchy near-boreal forest. **Journal of Ecology**, Durham, v. 89 n. 2, p. 280-291, apr. 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Leucena** (*Leucaena* spp). Disponível em:

<<http://www.cnpqg.embrapa.br/cgi-bin;search/search.pl?match=1&Realm=all&Terms=Leucaena&image.x=2&im>>. Acesso em: 5 jan. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção e Informação, 1999.

ENGEL, V. L.; PONGGIONI, F. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, n. 43/44, p. 1-10, dez. 1990.

GOMES, E. P. C.; FISCH, S. T. V.; MANTOVANI, W. Estrutura e composição do componente arbóreo da reserva ecológica do Trabiju, Pindamonhangaba, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 451-464, 2005.

GOMES, E. P. C.; MANTOVANI, W.; KAGEYAMA, P. Y. Mortality and recruitment of tree a secondary montane rain Forest in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 63, n. 1, p. 47-60, feb. 2003.

GUREVITCH, J.; PADILLA, D. Are invasive species a major cause of extinctions? **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 19, n. 9., p. 470-474, set. 2004.

HANSKI, I.; GILPIN, M. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. **Biological Journal of the Linnean Society**, London, v. 42, n. 1/2, p. 3-16, 1991.

HARA, T.; KIMURA, M.; KIKUZAWA, K. Growing patterns of tree height and stem diameter in populations of *Abies veitchii*, *A. mariesii* and *Betula ermanii*. **Journal of Ecology**, Durham, v. 79, n. 4, p. 1085-1098, 1991.

HASTINGS, A. A. models of spatial spread: is the theory complete? **Ecology**, Durham, v. 77, n. 6, p. 1675-1679, set. 1996.

HIGGINS, S. I.; RICHARDSON, D. M. Pine invasions in the southern hemisphere: modelling interactions between organism, environment and disturbance. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 135, n. 1, p. 70-93, jan. 1998.

HIGGINS, S. I.; RICHARDSON, D. M.; COWLING, R. M.; TRINDER-SMITH, T. H. Predicting the landscape-scale distribution of alien plants and their threat to plant diversity. **Conservation Biology**, Boston, v. 13, n. 2, p. 303-312, apr. 1999.

HOBBS, R. J.; HUMPRHIES, S. E. An integrated approach to the ecology and management of plant invasions. **Conservation Biology**, Boston, v. 9, n. 4, p. 761-770, aug. 1995.

HUTCHINGS, M. J. The structure of plant populations. In: CRAWLEY, M. J. (ed.). **Plant ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1998. p. 325-358.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Sistema de monitoramento agro climático do Paraná**. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/mage/monitoramento/Medias_Historicas/bipora.htm>. Acesso em: 31 mar. 2010.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP. **Plano de manejo do parque florestal de Ibiporã**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 1988.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP. **Unidades de conservação**. Disponível em: <http://www.uc.pr.gov.br/arquivos/File/Tabelas_Ucs/Lista_Ucs_Geral_atualizada_22_01_10.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2010.

INSTITUTO HORUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL - INSTITUTO HORUS. **Base de dados de espécies exóticas invasoras**: ficha técnica. Disponível em: <<http://www.Institutohorus.org.br>>. Acesso em: 25 nov. 2005.

JESUS, R. M.; DIAS, G. B. N.; CARDOSO, E. M. *Eucaliptus/Leucaena* mixture experiment – growth and yied. **IPEF**, Piracicaba, n. 39, p. 41-46, ago. 1988.

KOX, R. G.; PEET, R. K.; CHRISTENSEN, N. L. Population dynamics in loblolly pine stands: changes in skewness and size inequality. **Ecology**, Durham, v. 70, n. 4, p. 1153-1166. aug. 1989.

LARSON, D. L. Native weeds and exotic plants: relationship to disturbance in mixed-grass prairie. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 169, n. 2, p. 317-333, dec. 2003.

LEGENDRE, P.; FORTIN, M. J. Spatial pattern and ecological analysis. **Vegetatio**, The Hague, v. 80, n. 2, p. 107-138, jun. 1989.

LIMA, J. A.; EVANGELISTA, A. R. *Leucaena leucocephala*. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/Boletim/pdfextensao;bol_50.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2010.

LOPES, M. A. Population structure of *Eschweilera coriacea* (DC.) S. A. Mori in forest fragments in eastern Brazilian Amazonia. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 509-519, jul./set. 2007.

LORTIE, C. J. et al. The small-scale spatiotemporal pattern of the seedbank and vegetation of highly invasive weed, *Centaurea solstitialis*: strength in numbers. **Oikos**, Buenos Aires, v. 119, n. 3, p. 428-436, mar. 2009.

MARTINEZ-RAMOS, M.; ALVAREZ-BUYLLA, E.; SARUKHÁN, J. Tree demography and gap dynamics in a rain tropical forest. **Ecology**, Durham, v. 70, n. 3, p. 555-558, jun. 1989.

MARTINS, P. S. Estrutura populacional, fluxo gênico e conservação “in situ”. **IPEF**, Piracicaba, n. 35, p. 71-78, abr. jan./mar. 1987.

MARTINS, K. et al. Estrutura genética populacional de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae – Caesalpinioideae) em fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 61-69, 2008.

MATOS, D. M. S.; PIVELLO, V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres: alguns casos brasileiros. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 61, n. 1, p. 27-30, jan./mar. 2009.

MCMAHON, T. Size and shape in biology. **Science**, Washington, v. 179, n. 4079, p. 1201-1204, 1973.

MIRANDA-MELO, A. A.; MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. 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**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 501-507, jun./set. 2007.

MOLLET, F. M. et al. Multiple growth-correlated life traits estimated simultaneously in individuals. **Oikos**, Buenos Aires, v. 119, n. 1, p. 10-26, jan. 2010.

MORAN, P. A. P. Notes on continuous stocastic phenomena. **Biometrika**, London, v. 37, n. 1/2, p. 17-23, jun. 1950.

MURRAY, B. R. On the relationship between seed mass and species abundance in plants communities. **Oikos**, Buenos Aires, v. 101, n. 3, p. 643-645, jun. 2003.

NABESHIMA, E.; KUBO, T.; HIURA, T. Variation in tree diameter growth in response to weather conditions and tree size in deciduous broad-leaved trees. **Forest Ecology and Management**, Amsteden, v. 259, n. 6, p. 1055-1066, mar. 2010.

NASCIMENTO, H. E. M. et al. Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 2, p. 329-342, may. 1999.

NOGUEIRA, E. M. et al. Estimates of Forest biomass in Brazilian Amazon: new allometric equations and adjustment to biomass from wood volume inventories. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 11, p. 1853-1867, nov. 2008.

ODEN, N. L. Assessing the significance of a spatial correlogram. **Geographical Analysis**, Columbus, v. 16, p. 1-16, 1984.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. 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**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 149-161, jan./mar. 2007.

OLIVEIRA, A. E. S.; MACHADO, J. S. A experiência brasileira diante das espécies exóticas invasoras e a perspectiva de formulação de uma política pública nacional. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 61, n. 1, p. 23-26, jan./mar. 2009.

PARANÁ. Decreto nº. 2.301, de 30 de abril de 1980. Fica criado o Parque Florestal de Ibiporã, no município de Ibiporã, com a área de 74. 0575 hectares. O Instituto de Terras e Cartografia do estado do Paraná – ITCF fica incumbido da guarda e administração do Parque. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, 6 maio 1980. p. 3.

PARANÁ. Portaria nº 157, de 13 de outubro de 2005. Normatiza o uso de espécies arbóreas exóticas na Reserva Legal. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, 13 out. 2005.

PARANÁ. Portaria IAP nº 095, de 22 de maio de 2007. Reconhece a lista oficial de espécies exóticas invasoras para o Estão do Paraná, estabelece normas de controle, ... e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, 22 maio 2007.

PIMENTEL, D. et al. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. **BioScience**, Washington, v. 50, n. 1, p. 53-65, Jan. 2000.

PINTO, J. R. R.; HAY, J. D. V. Mudanças florísticas e estruturais na comunidade arbórea de uma floresta de vale no parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 523-539, jul./set. 2005.

PRIMAVESI, A. C. P. A. et al. Avaliação de genótipos de *Leucaena* spp. nas condições edafoclimáticas de São Carlos, SP: I. Caracterização fenotípica e avaliação agrônômica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 47-52, jan./apr. 1994.

RAPOPORT, E. Las implicaciones ecológicas y económicas de la introducción de especies. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 3, n. 4, p. 69-83, jan./jun. 1992.

REJMÁNEK, M. A theory of seed plant invasiveness: the first sketch. **Biological Conservation**, Essex, v. 78, n. 1/2, p. 171-181. nov. 1996.

REJMÁNEK, M.; RICHARDSON, D. M. What attributes make some plant species more invasive? **Ecology**, Durham, v. 77, n. 6, p. 1655-1661, set. 1996.

RIBEIRO, W. C. **A ordem ambiental internacional**. São paulo: Contexto, 2001.

RICCIARDI, A. Assessing species invasions as a cause of extinction. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 19, n. 12, p. 619-620. dec. 2004.

RODERJAN, C. V.; MEDEIROS, M. L. C. M. Caracterização da vegetação do Horto Florestal de Ibiporã. **Plano de manejo do Parque Florestal de Ibiporã**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 1988.

RODRIGUES, P. J. F. P. et al. Population structure and one-year dynamic of the endangered tropical tree specie *Caesapinia echinata* Lam. (Brazilian red wood): the potencial importance of small fragments for conservation. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 1, p. 211-220, 2009.

ROSEMBERG, M. S. **Passage**: pattern analysis, spatial statistics, and geographic exegesis. Department of Biology. Tempe: Arizona state University, 2001.

ROUGET, M. R. et al. Predicting invasion dynamics of four alien *Pinus* species in a highly fragmented semi-arid shrubland in South Africa. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 152, n. 1, p. 79-92, jan. 2001.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Brazilian protected areas. **Conservation Biology**, Boston, v. 19, n. 3, p. 612-618, jun. 2005.

SÁ, J. P. G. **Leucena**: utilização na alimentação animal. Londrina: IAPAR, 1997.

SAMPAIO, E. et al. Tree biomass estimation in regenerating areas of tropical dry vegetation in northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 6, p. 1135-1140, mar. 2010.

- SCHERER, L. M. et al. Efeito alelopático do extrato aquoso de folha e fruto de leucena (*Leucaena leucocephala* Vit) sobre a germinação e crescimento de raiz da canafístula (*Peltophorum dubium* Spleng). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 161-166, abr./jun. 2005.
- SHEIL, D. Evaluating turnover in tropical forest. **Science**, Washington, v. 268, n. 12, p. 894-894, may. 1995.
- SHEIL, D.; MAY, R. M. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 84, n. 1, p. 91-100, 1996.
- SHEIL, D.; BURSLEM, D. F. R. P.; ALDERR, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rates measures. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 83, n. 1, p. 331-333, jan. 1995.
- SILVA, M. R.; ARAUJO, G. M. Dinâmica da comunidade arbórea de uma floresta semidecidual em Uberlândia, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 49-56, jan./mar. 2009.
- SILVA, M. G. C. P. C.; MARTINI A. M. Z.; ARAUJO, Q. R. Estrutura populacional de *Euterpes edulis* Mart. no sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 393-403, abr./jun. 2009.
- SILVA, A. C. et al. Florística e estrutura da comunidade arbórea em fragmentos de floresta aluvial em São Sebastião da Bela Vista, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 283-297, abr./jun. 2009.
- SILVERTOWN, J. W. The regulation of plant populations. In: SILVERTOWN, J. W. **Introduction to plant population ecology**. 2. ed. Essex: Longman Scientific & Technical, 1987. p. 51-75.
- SIMBERLOFF, D. How much information on population biology is needed to manage introduced speies? **Conservation Biology**, Boston, v. 17, n. 1, p. 83-92, feb. 2003.
- SOARES, M. L. G. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 3, p. 503-515, ago. 1999.
- STIPP, N. A. F. (org.). **Sociedade natureza e meio ambiente: a porção inferior da bacia hidrográfica do rio Tibagi**. Londrina: Eduel, 2000.

TABANEZ, A. J.; VIANA, V. M.; DIAS, A. S. Consequencias da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 47-60, 1997.

THÉBAUD, C.; FINZI, A. C.; AFFRE, L. Assessing why two introduced *Conyza* differ in their ability to invade mediterranean old fields. **Ecology**, Durham, v. 77, n. 3, p. 791-804, apr. 1996.

THONSON, D. Measuring the effects of invasive species on the demography of a rare endemic plant. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 7, n. 4, p. 615-624, jul. 2005.

TILMAN, D. Biodiversity: population versus ecosystem stability. **Ecology**, Durham, v. 77, n. 2, p. 350-363, mar. 1996.

TRABAQUINI, K; MIGLIORANZA, É.; FRANÇA, V.; VIEIRA, A. O. S. Análise espacial de fragmentos florestais com ocorrência de Jaracatiá no norte do Paraná – Brasil. **RA' E GA**, Curitiba, n. 14, p. 193-203, 2007.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M. HARPER, J. L. Natalidade, mortalidade e dispersão. In: _____. **Fundamentos em ecologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 183-219.

URQUIZA-HASS, T.; DOLMAN, P.; PERES, C. Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, México: effects of forest disturbance. **Forest Ecology and management**, Amsterdam, v. 247, n. 1/3, p. 80-90, aug. 2007.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VESTER, H. F. M. Modelos arquitectónicos en la flora arbórea de la Península de Yucatán. **Boletín de la Sociedad Botánica del México**, Ciudad de México, n. 71, p. 45-57, dez. 2002.

VERÓNICA, G.; LUIS, P. P.; GERARDO, R. Allometric relations for biomass partitioning of *Nothofagus antarctica* trees of different crown classes over a site quality gradient. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259; n. 6, p. 1118-1126, mar. 2010.

WHITMORE, T. C. Canopy and the two major groups of forest trees. **Ecology**, Durham, v. 70, n. 3, p. 536-538, jun. 1989.

WEINER, J.; SOLBRIG, O. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. **Oecologia**, Berlin, v. 61, n. 3, p. 334-336, mar. 1984.

ZAR, J. H. **Bioestatistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.

ZILLER, S. R. Espécies exóticas da flora invasora em unidades de conservação. In: CAMPOS, J. B.; TOSSULINO, M. G. P.; MÜLLER, C. R. C. (org.). **Unidades de conservação: ações de valorização da biodiversidade**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 2006. p. 34-52.

ZHU, Y. et al. Density dependence is prevalent in a heterogenous subtropical forest. **Oikos**, Buenos Aires, v. 119, n. 1, p. 109-119, jan. 2010.