



**unesp**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Campus de Botucatu



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“Julio de Mesquita Filho”**  
**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU**

**ECOLOGIA DO BANCO DE SEMENTES DE UM TRECHO DE  
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL E  
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Peltophorum dubium*  
(Spreng) TAUBERT (FABACEAE: CAESALPINIOIDEA) EM  
DIFERENTES CONDIÇÕES DE ALAGAMENTO**

**DÉBORA KESTRING KLEIN**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutor no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de concentração: Morfologia e Diversidade de Vegetal.

**BOTUCATU-SP**  
**2011**



**unesp**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**"Julio de Mesquita Filho"**  
**INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU**

ECOLOGIA DO BANCO DE SEMENTES DE UM TRECHO DE  
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL E GERMINAÇÃO  
DE SEMENTES DE *Peltophorum dubium* (Spreng) TAUBERT  
(FABACEAE: CAESALPINIOIDEA) EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE ALAGAMENTO

**DÉBORA KESTRING KLEIN**

**PROF<sup>O</sup> DR<sup>O</sup> MARCELO NOGUEIRA ROSSI**  
**ORIENTADOR**

**PROF<sup>A</sup> DR<sup>A</sup> RENATA CRISTINA BATISTA FONSECA**  
**CO-ORIENTADORA**

**PROF<sup>A</sup> DR<sup>A</sup> VERA LEX ENGEL**  
**CO-ORIENTADORA**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutor no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de concentração: Morfologia e Diversidade Vegetal.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE

Kestring-Klein, Débora.

Ecologia do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual e germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taubert (Fabaceae: Caesalpinioidea) em diferentes condições de alagamento / Débora Kestring-Klein. – Botucatu: [s.n.], 2011

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Marcelo Nogueira Rossi

Co-orientador: Renata Cristina Batista Fonseca, Vera Lex Engel

Capes: 20303033

1. Botânica. 2. Ecologia vegetal. 3. Bancos de sementes. 4. Germinação.

Palavras-chave: Banco de sementes; Condições de alagamento; Germinação; *Peltophorum dubium* (Spreng) Taubert (Fabaceae: Caesalpinioidea).

*“Aos que se tornaram familiares,  
aos que nasceram familiares e aos  
que conheci antes de ontem;*

*Aos que me deixaram louco e aos  
que enlouqueci;*

*Aos que me criticaram em tudo e  
a um ou outro que aturou minha  
“chatura”;*

*Aos amigos que passaram e aos  
que se estagnaram em mim;*

*Aos que me consideram muito e  
aos que com razão fizeram pouco;*

*Aos que conhecem o que penso e  
aos que só conhecem o que faço;*

*Aos que passam o dia todo  
comigo e aos que estão o tempo  
todo em mim.*

*Este trabalho é a soma de todos  
vocês. E se não é melhor, é por falta  
de memória, mas não por falta de  
amigos”.*

*(Efraim Rodrigues)*

## *Dedico*

*A minha filha Gabriela Kestríng Klein e ao meu esposo Jeferson Klein como demonstração de que, com força de vontade, persistência, e um pouco de abstinência, podemos atingir o topo.*

*Aos meus pais, Albertina Del Castanhel Kestríng e Valentin Kestríng, que lançaram sementes de sonhos e esperança na vida de suas filhas, e não mediram esforços para possibilitar que todos germinassem.*

## **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida de doutorado.

À Deus pela vida, pelas oportunidades, maravilhas, milagres, força nos momentos difíceis e por colocar pessoas especiais no meu caminho. Hoje tenho grandes amigos como consequência disso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Nogueira Rossi, muito obrigada pela orientação desde o mestrado, pela paciência, apoio e oportunidade. E, pela ajuda indispensável nas análises estatísticas e, principalmente, pelo exemplo como profissional.

As co-orientadoras Dra. Vera Lex Angel e Dra. Renata Cristina Batista Fonseca pelo apoio em campo, ensinamentos, sugestões, mas, especialmente, pela competência e exemplo profissional.

À minha filha Gabriela, pela paciência, compreensão, atenção e amor constante. Espero que um dia possas entender o seu importante papel em minha vida.

Ao meu esposo Jeferson, por estar sempre ao meu lado apoiando, torcendo e acreditando em todas as fases desse trabalho, em você eu encontro inspiração e a força para persistir.

À minha mãe e meu pai pela confiança, pelo apoio incondicional, por compreenderem os motivos de minha ausência e mesmo assim, estarem sempre presentes em todos os momentos. Agradeço a minha irmã e sua família, pelo apoio, pela amizade e pelo carinho.

Às minhas amigas do laboratório de Ecologia de Interações Tróficas: Maria Carolina (Isabela e Hélio), Maristela (Camila e Silvio), Ligia, Luciana e Paula pelo simples fato de existirem com suas luzes intensas e com suas palavras de apoio.

A todos os professores deste programa, por expandir meus conhecimentos, importantes ferramentas para a minha formação acadêmica e científica.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), do Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação Luciene, Luciana, Davi e Herivaldo, pelas solicitações atendidas e pela disponibilidade em resolver os problemas que surgiram.

Aos pesquisadores e professores, pela inestimável ajuda na identificação das plântulas, pelos ensinamentos taxonômicos, pelo carinho, alegria e atenção sempre presentes. Em especial agradeço à Profa. Rita de Cassia S. M. Rodella e o Prof. Dr. Roberto A. Rodella.

Ao Departamento de Bioestatística e principalmente à Profa. Dra. Martha Maria Mischan pelas análises estatísticas realizadas.

A todos os funcionários do Departamento de Botânica (Maria Helena, José Eduardo, Aurio e Marcos) e funcionários do Departamento de Recursos Naturais da FCA (Aparecido Agostinho-Dicão), Campus de Botucatu, pelo apoio na coleta, instalação e outras inúmeras colaborações, que foram de extrema importância em diversas etapas da realização deste trabalho.

Ao Viveiro Florestal do Departamento de Recursos Naturais pela gentileza em permitir usufruir das instalações.

Aos amigos que me auxiliaram na instalação das parcelas e na coleta das amostras de solo, sempre prestativos.

Às amigas prestativas que cuidaram com carinho da minha filha nos momentos em que eu estava totalmente envolvida na finalização deste trabalho: Suraya, Paula, Ligia, Inara e Maria Carolina .

A todos os colegas de mestrado e doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica) pelos agradáveis momentos de discussão e de descontração que muito me ajudaram a superar esta fase (Inara, Valdir, Letícia, Daniel, Sergio e Clívia).

Aos Professores Pesquisadores que aceitaram ler esse trabalho e participar da banca examinadora.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos que mesmo sem mencionar seus nomes, se reconhecem não apenas como co-autores desta obra, mas sim da obra inteira, que é a minha vida. Lembro que este é um dos frutos do apoio que recebi de todos.

## Sumário

Introdução Geral .....	1
1. Floresta tropical: processos sucessionais .....	1
2. Floresta Estacional Semidecidual .....	3
3. Regeneração natural .....	4
4. Banco de sementes do solo .....	4
5. Fatores que influenciam o banco de sementes .....	6
6. Similaridade entre o banco de sementes e a vegetação local .....	10
7. Germinação .....	11
8. Objetivos Gerais .....	14
9. Objetivos Específicos.....	14
10. Referências bibliográficas.....	15
Capítulo I - Ecologia do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual.....	29
Resumo .....	31
Abstract.....	32
Introdução .....	33
Material e Métodos .....	37
Resultados .....	42
Discussão .....	48
Referências bibliográficas .....	52
Tabelas.....	60
Figuras .....	68
Capítulo II – Padrão de embebição e germinação de <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng) Taubert (Fabaceae: Caesalpinioidea) em diferentes condições de alagamento.....	79
Resumo .....	81
Abstract.....	82
Introdução .....	83
Métodos .....	85
Resultados .....	88
Discussão .....	90



Referências .....	93
Tabelas.....	98
Figuras .....	99
Considerações finais .....	101

## Introdução Geral

### *Floresta tropical: processos sucessionais*

A floresta tropical tem sido descrita como sendo um mosaico vegetacional com graus de maturidade distintos e divergentes quanto à idade, tamanho e a composição de espécies (Brokaw, 1985; Whitmore, 1996). Em áreas de florestas, o processo sucessional é muito importante para a manutenção das comunidades, já que é o que mantém as comunidades. O processo de sucessão é um sistema dinâmico e contínuo afetado por vários fatores que determinam a estrutura das comunidades (Alvarez-Buylla & Garcia-Barríos, 1991). Isto se dá principalmente como consequência de perturbações naturais ocasionadas pela queda ou quebra de árvores do dossel sendo substituídas por outras; assim, o dossel de uma floresta muda continuamente a sua estrutura, provocando alterações que causam diferentes condições determinando o mosaico da floresta (Alvarez-Buylla & Martínez-Ramos, 1990; Gandolfi et al., 1995; Barbosa, 2000; Gandolfi, 2003).

Desta forma, a floresta é um mosaico composto de manchas de distintas fases ou estágios sucessionais, chamadas de clareira, construção e madura, colonizada por diferentes grupos de espécies. Na fase clareira, observam-se principalmente mudas e árvores jovens; à medida que elas crescem passam pela fase construção que é uma floresta jovem e que amadurece através de um crescimento contínuo de suas árvores (Whitmore, 1990). Estes estágios sucessionais podem ser interpretados tanto como fases de um ciclo de crescimento ou de regeneração florestal, quanto entendidos como diferentes fases do processo de sucessão (Whitmore, 1982; Clark, 1990; Fonseca & Rodrigues et al., 2000).

Cada espécie que ocupa o dossel de uma floresta, devido ao seu porte e a sua longa permanência num determinado local, pode exercer grande influência sobre o ambiente situado sob a sua copa, afetando, por exemplo, o padrão de luminosidade no sub-bosque ou sobre o solo (Vásquez-Yanez & Orozco-Segovia, 1990; Faccelli & Pickett, 1991; Gandolfi et al., 2009). Estes fatores, conseqüentemente, afetam a temperatura da superfície do solo (Molofsky & Augspurger, 1992). Uma vez modificado o ambiente, todo o processo de germinação de sementes, o recrutamento de plântulas, a deposição e decomposição da serrapilheira poderão ser influenciados (Cintra, 1997; Ponge et al., 1998; Amiotti et al., 2000).

Considerando o efeito produzido por cada árvore do dossel, Gandolfi et al. (2009) (2000) propuseram uma hipótese segundo a qual as árvores do dossel florestal funcionariam como “filtros da biodiversidade”, ou seja, atuariam como “filtros ecológicos” determinando, em maior ou menor extensão, a composição e a estrutura da comunidade de plantas que atualmente se desenvolvem sobre a projeção da copa, assim como poderiam determinar, parcialmente, a estrutura, a composição e a distribuição espacial das árvores do futuro dossel da floresta.

Neste contexto, a dinâmica das comunidades vegetais está relacionada a processos que causam a abertura no dossel (Swaine et al., 1987; Carvalho et al., 2006). Segundo Carvalho et al. (2006), com a modificação na cobertura arbórea, há alterações na intensidade luminosa que atinge os estratos inferiores, nas taxas de evapotranspiração, nas temperaturas do solo e atmosférica, no regime hídrico local, entre outras, caracterizando o processo conhecido como dinâmica de clareiras. O contínuo estado de mudanças da floresta em todas as fases do seu ciclo de reconstrução produz uma estrutura ambiental bastante heterogênea na disponibilidade de recursos, criando micro habitats específicos que podem atuar diferencialmente, promovendo ou excluindo o estabelecimento de espécies (Bazzaz, 1996; Sena et al., 2007).

Martins & Rodrigues (2002), relatam que os ambientes formados após a abertura de clareiras, possuem atributos físicos, químicos e estruturais próprios, influenciando as taxas de natalidade e mortalidade das sementes e propiciando, durante o processo de sucessão, a permanência de determinada espécie no ambiente e contribuindo para a diversidade florística.

As mudanças sucessionais na comunidade (ou ecossistema) são entendidas como consequências de processos populacionais das espécies presentes, os quais dependem dos atributos das mesmas, como a história de vida e as características fisiológicas. Segundo Peet (2002), os processos populacionais que direcionam a sucessão são os seguintes: estabelecimento de novos indivíduos, seu crescimento, a reprodução, perdas por predação durante o processo e a morte. Portanto, a regeneração florestal após a abertura do dossel ocorre principalmente por três vias: rebrota de indivíduos sobreviventes no sub-bosque e/ou de indivíduos adultos do dossel adjacente, regeneração avançada do sub-bosque, determinada pelo crescimento de plântulas ou indivíduos jovens pré-estabelecidos, e também por sementes (chuva e banco de sementes) (Brokaw, 1985; Martins & Engel, 2007; Calegari, 2009; Laurito, 2010; Rodrigues et al., 2010; Vinha et al., 2011).

Diversos autores têm estudado a sucessão florestal, tanto em áreas naturais como em áreas antropizadas, a partir do banco de sementes no solo para tentar compreender a dinâmica das florestas tropicais, mostrando caminhos importantes para aplicação na restauração (Martins & Silva, 1994; Siqueira et al., 2004; Martins & Engel, 2007; Silva et al., 2009; Calegari, 2009; Martins, 2009; Laurito, 2010; Rodrigues et al., 2010; Rodrigues et al., 2011). Além disso, o estudo da regeneração natural, partindo do banco de sementes, permite a realização de previsões sobre o desenvolvimento e comportamento da futura floresta, pois fornece a composição e a quantificação e distribuição das espécies na área, podendo ser um indicador de avaliação e monitoramento da restauração ecológica (Rodrigues & Gandolfi, 1998; Carvalho et al., 2004; Rodrigues et al., 2004; Silva et al., 2007). Porém, são necessários mais trabalhos que objetivem estudar a relação entre o banco de sementes e o estabelecimento dos diferentes grupos envolvidos na regeneração da floresta, determinando a real contribuição do banco de sementes nesse processo (Baider et al., 1999; Martins & Engel, 2007).

#### *Floresta Estacional Semidecidual*

A Floresta Estacional Semidecidual, também denominada Mata Atlântica de Interior ou Floresta Estacional Semicaducifólia, entre outras denominações, é um dos subtipos florestais que compõem o bioma Mata Atlântica, especialmente nas regiões a oeste da Serra do Mar, com áreas expressivas nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Paraná e manchas em alguns países vizinhos, como o Paraguai e a Argentina. A caracterização deste tipo de vegetação e o que dá origem a sua denominação é o fato de que as árvores que compõem são, em grande parte, compostas de espécies caducifólias, ou seja, suas folhas são decíduas (caducas), que caem na estação seca, como resposta à escassez de água, peculiar dos meses de inverno em boa parte do interior do Brasil (Ramos et al., 2008). O termo “estacional” expressa as transformações de aspectos ou comportamentos da comunidade conforme as estações do ano (IBGE, 1993; Ramos et al., 2008). A formação vegetal dessa floresta está então condicionada pela dupla estacionalidade climática, caracterizada pela constante chuva de verão seguida por estiagem acentuada (Kronka et al., 2005).

A Floresta Estacional Semidecidual sofreu muito com as intervenções antrópicas, estando atualmente restrita a pequenos fragmentos remanescentes localizados em áreas

de difícil acesso, consideradas como inaptas para práticas agrícolas ou protegidas na forma de reservas e parques ecológicos por ação institucional e de propriedades rurais (Ivanauskas et al., 1999; Silva & Soares, 2002).

### *Regeneração natural*

Para Martins & Engel (2007) a regeneração natural da vegetação pode ocorrer por disseminação de sementes de áreas vizinhas, tendo como agentes disseminadores o vento, as aves, os morcegos e outros animais; outros agentes como o banco de plântulas pré-existentes que começam a se desenvolver com o aumento da luminosidade (com a abertura de uma clareira), a brotação e o banco de sementes do solo, contribuem para este processo. Assim, a regeneração da floresta pode ser influenciada pelo banco de sementes. Além de um potencial de regeneração, o banco de sementes representa uma carga genética em potencial, contribuindo para a manutenção ou aumento da diversidade (Oliveira & Constantin, 2001; Freitas & Pivello, 2005).

As condições microclimáticas e edáficas, a localização de fontes de sementes e as características fenológicas de cada espécie condicionam a dinâmica do processo de regeneração da vegetação (Sartori et al., 2002). Portanto, o conhecimento da riqueza e da abundância de espécies presentes no banco de sementes pode fornecer informações importantes sobre o potencial de regeneração de uma comunidade (Williams-Linera, 1993). Estas informações constituem elementos importantes para a conservação, para a recuperação e para o manejo de áreas naturais (Freitas & Pivello, 2005).

### *Banco de sementes do solo*

O banco de semente pode ser definido como populações de sementes viáveis, existentes no solo desde a superfície (serrapilheira) até as camadas mais profundas (Garwood, 1989; Leck et al., 1989; Viana, 1990; Swaine, 2001; Almeida-Cortez, 2004; Walck et al., 2005). Em floretas, o banco de sementes está envolvido em pelo menos quatro processos no nível de população e de comunidade: 1) estabelecimento de populações; 2) manutenção da diversidade de espécies; 3) estabelecimento de grupos ecológicos; e 4) restauração da riqueza de espécies durante a regeneração da floresta após distúrbios naturais ou antrópicos (Gardwood, 1989, Whitmore, 1991).

As sementes que compõem o banco de sementes podem ser autóctones ou alóctones. Autóctones são sementes de espécies presentes na vegetação atual e também de espécies de etapas sucessionais anteriores. Já as alóctones, são sementes de espécies que nunca estiveram presentes na área, originárias de outros locais, que chegaram de localidades vizinhas através da chuva de sementes, sendo um dos mecanismos de dispersão atuantes (Almeida–Cortez, 2004).

Segundo Almeida (2000) e Araujo et al. (2001) a formação do banco de sementes do solo é um mecanismo eficiente na recuperação do ambiente alterado, principalmente no caso de regeneração de clareiras, de bordas de matas e de áreas desmatadas. Grombone-Guarantini & Rodrigues (2002), também enfatizam a importância do banco de sementes como recurso potencial para o recrutamento de novos indivíduos e espécies para a reestruturação da vegetação após um distúrbio. Figliolia et al. (2004) argumentam que o conhecimento do banco de sementes pode dar informações sobre a densidade, composição florística e viabilidade das sementes estocadas no solo e também sobre o potencial de regeneração de uma área. Portanto, o conhecimento do banco de sementes é essencial para o entendimento dos processos de regeneração natural ocorrentes em comunidades vegetais (Vieira et al., 2003). Além disso, é importante para compreender a dinâmica da vegetação após um distúrbio, pois a estrutura da vegetação será condicionada, num primeiro momento, pelas sementes das espécies presentes no solo (Murdoch & Ellis, 1992; Campos & Souza, 2003).

Quando o estoque de sementes no solo é analisado, são encontradas armazenadas principalmente sementes de espécies de sucessão inicial ou pioneiras e secundárias iniciais (Hall & Swaine, 1980; Fenner, 1985; Garwood, 1989; Dalling et al., 1998; Baider et al., 1999). As espécies pioneiras têm mecanismos efetivos de dispersão à longa distância e uma produção de sementes precoce e em grande escala, o que incrementa a densidade de sementes no solo (Rodrigues et al., 2000). Em geral, essas espécies, como estratégia de estabelecimento, apresentam além da produção abundante de sementes, dormência e longevidade elevada das sementes (Piña-Rodrigues & Fortes, 1996).

Como já mencionado anteriormente, geralmente as espécies pioneiras são responsáveis pela colonização na fase inicial de regeneração pós-distúrbio (natural ou antrópico), ao contrário da maioria das espécies não pioneiras que compõem os bancos de plântulas responsáveis pela regeneração avançada no processo de sucessão. Tem-se postulado que cada uma das etapas da dinâmica florestal é caracterizada por grupos ou

classes de espécies. Isso se deve ao sucesso no estabelecimento e desenvolvimento dessas espécies em cada uma das fases (Kageyama & Viana, 1991). Enquanto algumas espécies podem crescer somente em clareiras, respondendo positivamente ao aumento da intensidade luminosa, outras apresentam graus variados de tolerância ao sombreamento (Denslow, 1987).

Sabe-se que o banco de sementes pode ser classificado em três categorias, com base apenas na longevidade das sementes, sendo elas: 1) transitório, formado por sementes viáveis por até um ano; 2) pouco persistente, com sementes viáveis por mais de um ano e menos de 5 anos; e 3) persistente, formado por sementes viáveis por pelo menos cinco anos (Thompson et al., 1997; Csontos & Tamás, 2003). No entanto, Walck et al. (2005) propõem classificar as espécies conforme o número de sementes germinadas durante um dado período, ao invés de ano. As sementes que normalmente compõem os bancos transitórios são tidas como recalcitrantes, ou seja, que precisam germinar prontamente e que não toleram armazenamento por médio e longo período (Piña-Rodrigues et al., 1993). Este tipo de banco de sementes predomina nas florestas tropicais, onde as condições adequadas à germinação ocorrem durante a maior parte do ano (Csontos & Tamás, 2003). Também é possível constatar o banco transitório em todas as fases de sucessão (Martins & Silva, 1994). Já os bancos persistentes são aqueles que permanecem com suas sementes viáveis por anos. São sementes caracteristicamente ortodoxas, ou seja, sementes que toleram armazenamento por médios e longos períodos de tempo sem o comprometimento de sua viabilidade (Piña-Rodrigues et al., 1993).

As espécies pioneiras enriquecem o banco de sementes persistentes, devido ao fato de apresentarem longo período de frutificação e produzirem elevado número de sementes; estas espécies são as primeiras a se instalarem nos estágios iniciais de sucessão. Com o avanço dos estágios há um predomínio de banco de sementes transitórias, que apresentam curto período de frutificação e sementes de curta longevidade. Com isso o número de sementes armazenadas no solo tende a ser menor (Csontos & Tamás, 2003).

#### *Fatores que influenciam o banco de sementes*

Por ser um sistema dinâmico o banco de sementes é influenciado pelo estoque acumulado que é variável de acordo com o balanço entre as entradas e saídas (Harper,

1977; Almeida-Cortez, 2004; Fornara & Dalling, 2005; Gasparino et al., 2006). A fonte de entrada ocorre pela chuva de sementes, sobre a qual atuam mecanismos de dispersão. Dentro de um ecossistema florestal, segundo Martínez-Ramos & Soto-Castro (1993) há o predomínio de dispersão local proveniente da liberação direta de sementes dos frutos, enriquecida com a dispersão de propágulos de áreas vizinhas e mesmo de áreas mais distantes (Morellato et al., 1990; Martins & Engel, 2007). A contribuição destas diferentes fontes de sementes contribui para a estruturação da comunidade florestal (Costa & Araujo, 2003; Espíndola et al., 2003; Almeida-Cortez, 2004).

As saídas do banco de sementes, por sua vez, podem ocorrer por respostas fisiológicas, geneticamente controladas, ligadas a estímulos ambientais, tais como luz, temperatura e umidade, que induzem a germinação, como também por outros processos bióticos e abióticos, como predação e contaminação por patógenos, com consequente diminuição na densidade do banco (Brokan, 1985; Leck et al., 1989; Wunderle, 1997; Hyatt & Casper, 2000; Wijdeven & Kuzee, 2000; Costa & Araujo, 2003; Almeida-Cortez, 2004). Apesar dos predadores e dos microrganismos explorarem o banco de sementes constantemente, uma grande proporção ainda sobrevive, pois o solo abriga uma enorme quantidade e diversidade de sementes (Silvertown & Charlesworth, 2001).

A evolução das sementes permitiu que se adaptassem no sentido de permanecerem ou não no banco de sementes. Algumas sementes, por exemplo, podem permanecer no banco por tempo indeterminado. Para permanecerem, as sementes desenvolveram a característica de serem dormentes, ou seja, de não germinar e manter sua viabilidade. Isto pode ocorrer devido a vários fatores, tais como: tegumento impermeável (as sementes não conseguem absorver água e/ou oxigênio), embrião fisiologicamente imaturo ou rudimentar (o embrião não se encontra totalmente formado, necessitando de condições favoráveis para o seu desenvolvimento), presença de substâncias inibidoras da germinação, embrião dormentes, ou pela combinação de vários fatores (Baskin & Baskin, 2004). No entanto, a duração da dormência varia entre as espécies, sendo que normalmente as sementes de espécies florestais de grupos ecológicos mais tardios apresentam viabilidade curta, frequentemente menor que um ano.

Batista Neto (2007), analisando o banco de sementes de uma Floresta Estacional Semidecidual em Minas Gerais, constatou a predominância de espécies pioneiras, não registrando a presença de espécies secundárias tardias. O autor explica este resultado à capacidade das sementes entrarem em dormência e permanecerem viáveis por um longo



período, podendo variar entre espécies e condições ambientais. A capacidade destas espécies em permanecerem dormentes no banco de sementes tem implicações importantes para a ecologia de suas populações (Aguiar et al., 1993), uma vez que a vantagem da dormência está em reduzir a possibilidade das sementes germinarem durante um período com condições ambientais inadequadas ao seu desenvolvimento (Maia, 2004).

Variações de luz e temperatura na superfície do solo também podem afetar o banco de sementes; o aumento da temperatura, por exemplo, faz com que a taxa de respiração das sementes aumente, diminuindo a dormência (Carvalho et al., 2001). A disponibilidade de água é outro fator que pode exercer papel importante sobre o banco de sementes, limitando a germinação e o desenvolvimento das plântulas (Melo et al., 2004). Por exemplo, Martins & Engel (2007), ao estudarem um fragmento de floresta Estacional Semidecídua localizado em Botucatu-SP, encontraram um maior número de sementes no fim da estação seca do que no fim da estação chuvosa. O mesmo foi encontrado por Laurito (2010), ao estudar a densidade e a composição florística do banco de semente em um fragmento de floresta Estacional Semidecídua em São Carlos-SP. Assim, fatores ambientais como luz, temperatura e quantidade de água afetam diretamente o número de sementes no solo e a taxa de germinação (Calegari, 2009).

Estas flutuações sazonais encontradas nos estoques de sementes, entre as estações secas e chuvosas, podem ser explicadas pelo fato de mais da metade do número de sementes total anual concentrar-se nos dois meses em torno do fim da estação seca e início da chuvosa (Grombone-Guaratini & Rodrigues, 2002). Além disso, no verão quente e chuvoso pode ocorrer um aumento na mortalidade das sementes devido à infestação por fungos (Janzen & Vásquez-Yanes, 1991; Dalling et al., 1998).

Estudando a caatinga, Araujo (2003) registrou uma baixa densidade de sementes no banco do solo e concluiu que pode existir uma relação direta entre os totais de chuva durante o ano e a densidade de sementes. Desta forma, o número de sementes viáveis no banco de sementes estaria relacionado com os totais pluviométricos em locais secos como a caatinga, que é caracterizada por um total pluviométrico reduzido. Além disso, as chuvas são irregularmente distribuídas, o que influencia muito as respostas à floração/frutificação, a dispersão de sementes e a germinação, determinando a riqueza e a diversidade do banco de sementes no solo (Araujo & Ferraz, 2003; Lima et al., 2007; Santos et al., 2009; Lima et al., 2010; Silva et al., 2010). Outro fator que pode influenciar na densidade de sementes viáveis do banco de sementes é a idade da

formação vegetal, tendendo a um decréscimo no número de sementes com o avanço da regeneração (Leal Filho & Borges, 1992; Baider et al., 2001; Taberelli & Peres, 2002).

O banco de sementes, em determinada área, apresenta variações espaciais tanto no sentido horizontal como no sentido vertical (profundidade do solo), podendo ser um fator influenciador do banco de sementes. Porém, quanto à distribuição das sementes no perfil do solo, muitos trabalhos mostram que ocorre uma queda acentuada na quantidade de sementes com o aumento da profundidade, sendo que a maior parte das sementes é encontrada nos cinco centímetros superficiais (Harper, 1977; Baider et al., 1999; Martins, 2001; Costa & Araujo, 2003; Ning et al., 2007).

Na camada da serrapilheira, a densidade de sementes é extremamente variável, podendo ser alta (Costa & Araujo, 2003) ou baixa (Silva et al., 2007; Mamede & Araujo, 2008), quando comparada com a densidade de sementes encontradas no solo. Em relação ao tamanho, as sementes maiores são encontradas principalmente na serrapilheira, pela dificuldade de incorporação ao solo, sendo este um reservatório de grandes sementes (Chambers & Maemahon, 1994).

A incorporação de novas sementes ao banco varia amplamente ao longo do ano e sua permanência no solo é muito variável. Os mecanismos de incorporação de sementes não são bem conhecidos, sendo que a incorporação pode ocorrer lentamente pelo soterramento abaixo da serrapilheira, ou através de fatores bióticos e abióticos (Garwood, 1989; Chambers & Macmahon, 1994; Willens & Huijsmans, 1994; Swanton et al., 2000). Por exemplo, vetores biológicos como mamíferos e aves podem facilitar o processo de germinação por meio do enterramento das sementes e pela escarificação durante a manipulação (Melo et al., 2004).

As diferenças de profundidade do banco de sementes no perfil do solo são atribuídas às diferenças na textura do solo, à história de cultivo, às mudanças de estágio sucessional, aos tipos de incorporação e à longevidade da semente (Oliveira, 2007). Considerando que as sementes raramente ultrapassam cinco milímetros, este tamanho pequeno pode ser considerado uma vantagem adaptativa que favorece a dispersão e aumenta a probabilidade e a velocidade de incorporação no solo, diminuindo as chances de predação (Harper, 1977; Garwood, 1989; Oliveira, 2007). Portanto, nota-se uma grande diversidade de fatores que podem influenciar o banco de sementes, indo desde a fase de formação/dispersão até a germinação (Calegari, 2009).

### *Similaridade entre o banco de sementes e a vegetação local*

A similaridade entre o banco de sementes e a composição de espécies de floresta tropical está relacionada ao estágio de sucessão, onde há um predomínio de árvores pioneiras nos estágios iniciais da sucessão e no banco de sementes (Chambers & Macmahon, 1993). Nos estágios mais avançados, com o dossel fechado, as sementes das espécies pioneiras permanecem dormentes, enquanto as sementes de espécies tardias germinam prontamente (Tabarelli & Mantovani, 1999).

Resultados obtidos por Baider et al. (2001) também evidenciaram que a contribuição do banco de sementes na regeneração da floresta depende da idade do fragmento, pois o banco não armazena por muito tempo sementes de tamanho médio a grande, que são normalmente espécies tardias que são tolerantes a sombra. A baixa ocorrência dessas espécies está diretamente ligada ao seu curto período de viabilidade e incapacidade de entrarem em dormência, já que germinam logo após sua chegada no solo (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1993).

A similaridade florística entre estoque de sementes e a vegetação local raramente é verificada, uma vez que o banco expressa a composição potencial de uma floresta após distúrbio (Thompson, 1978; Baider et al. 2001). Siqueira et al. (2004) observaram que existe um estoque de sementes bastante reduzido com relação a espécies arbustivas-arbóreas, havendo um predomínio de espécies herbáceas invasoras, o que determina a baixa similaridade encontrada entre a flora do banco e as espécies estabelecidas no dossel.

Ao realizar amostragem do banco de sementes em uma floresta estacional, Sherrer & Jarenkow (2006) verificaram baixa similaridade entre o levantamento fitossociológico do componente arbóreo e o banco de sementes. Portanto, das 44 espécies amostradas no levantamento fitossociológico realizado na área apenas germinaram nas amostras do banco de sementes 12 espécies comuns a este levantamento.

Martínez-Ramos & Soto-Castro (1993), afirmaram que esta baixa similaridade se deve a não inclusão no banco de sementes da maioria das espécies florestais estabelecidas. Estes resultados também foram encontrados por Garwood (1989), ao salientar que as espécies que germinam provenientes de amostras do banco de sementes, geralmente estão ausentes ou são raras na vegetação local, e provém de diferentes locais e épocas, justificando assim a importância da presença de dispersores para o transporte

dessas sementes. Dessa forma, a dispersão por animais tem uma importante contribuição para a regeneração florestal, uma vez que cerca de 90% das espécies são dispersas por estes agentes (Martínez-Ramos & Soto-Castro, 1993).

### *Germinação*

Sabe-se que as florestas tropicais são auto-sustentáveis, mediante processos locais de mortalidade, regeneração e crescimento. Isso só ocorre através de um equilíbrio dinâmico, no qual a morte de uma árvore é continuamente substituída através do recrutamento de novos indivíduos. Por sua vez, o estabelecimento de novos indivíduos (recrutamento), bem como a mudança de classe de tamanho (crescimento), são influenciados por vários fatores, sejam eles bióticos ou abióticos, como a oferta de sementes e sua dispersão, a disponibilidade de locais para a germinação e para o estabelecimento, a abertura de clareiras, entre outros (Calegari, 2009).

Uma situação comumente observada em florestas tropicais é a germinação rápida e simultânea das sementes logo após a dispersão, muito embora a rápida germinação possa ser uma forma de escapar da predação (Vásquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1993). No entanto, nem todas as sementes têm este comportamento. A presença de uma casca dura nas sementes possibilita a sua manutenção por um período prolongado no solo, diminuindo o risco de predação.

Para Santos et al., (2007) a germinação em si é considerada uma etapa crítica no ciclo do vegetal, por estar associada a vários fatores de natureza intrínsecos e extrínsecos. Desta forma, a germinação envolve processos seqüenciais e sincronizados, de tal maneira que as reações catabólicas e anabólicas ocorrem simultaneamente. Primeiramente, o processo é controlado por uma interação de sinais ambientais e endógenos, ocorrendo assim alterações do estado fisiológico da semente que resultam na retomada do desenvolvimento do embrião (Moraes et al., 2001). No entanto, este processo só ocorre quando a atividade metabólica da semente é ativada, tendo assim a reidratação e a quebra e utilização de materiais de reserva, antes do real crescimento (Bradford, 1995; Copeland & McDonald, 1995; Pereira et al., 2007). O processo germinativo ocorre em três etapas: I) absorção dirigida pelo gradiente de potencial hídrico entre a semente e o meio, etapa que é considerada completamente física; II) intervalo para o preparo da ativação metabólica; e III) a real germinação e crescimento (Castro & Hilhorst, 2004).

Segundo Custódio et al. (2002), o processo germinativo é controlado por fatores externos que podem bloquear ou ativar a germinação (ex. água, temperatura e luz) e fatores internos como a imaturidade do embrião e a presença de inibidores (Aguilar et al., 1993; Schimidt, 2000). Dentre os fatores externos, a água é um dos fatores que mais influencia na germinação, uma vez que a germinação se inicia com a entrada de água na semente (embebição); é o primeiro passo na sucessão de eventos que termina com a emissão da raiz primária (Sousa-Silva et al., 2001; Pereira, 2007). Apesar de a água proporcionar o início da germinação, pois a semente deve absorver um determinado conteúdo de água para poder germinar, as sementes respondem diferentemente a hidratação, podendo tanto aumentar como reduzir a germinação, dependendo do nível de água (Borges & Rena, 1993; Motta & Silva, 1997; Cardoso, 2004).

A embebição é um dos primeiros eventos fisiológicos, a qual varia de acordo com a espécie, permeabilidade do tegumento, disponibilidade de água, temperatura, pressão hidrostática, área de contato semente-água, forças intermoleculares, condições fisiológicas e composição química (Borges & Rena, 1993). Neste sentido, para algumas espécies a água em excesso, ocasionada pela inundação, pode induzir a dormência da semente, resultando em uma baixa germinação (Mollard et al., 2007). Por exemplo, Lopez et al. (2004) submeteram sementes de *Adesmia lantifolia* (Fabaceae) ao alagamento por diferentes períodos, observando uma queda na germinação com o aumento do período de alagamento, sendo que o período de oito horas de alagamento provocou danos irreversíveis. Resultado semelhante também foi encontrado por Corbineau-Côme (1995), em que algumas sementes não dormentes, quando submetidas ao alagamento, perderam a capacidade de germinar, entrando em dormência.

Castan et al. (2007), investigando a viabilidade das sementes de *Talauma ovata* (Magnoliaceae) quando submersas em água por até 40 dias, observaram uma redução drástica na integridade das sementes, sendo que ocorreu uma progressiva queda na taxa de germinação e um aumento da porcentagem de sementes dormentes entre 10 e 15 dias de submersão. Os autores concluíram que esta espécie não tolera condições de alagamento por um período superior a cinco dias.

No entanto, algumas espécies são bem tolerantes a inundações temporárias (Souza et al., 1999, Dantas et al., 2000; Wuelker et al., 2001; Custódio et al., 2009). Por exemplo, ao estudar a germinação de sementes de *Mimosa bimucronata* (Fabaceae: Mimosoideae), planta que geralmente ocorre às margens de rios e lagos, Kestring et al., (2009) verificaram que as sementes apresentaram um desempenho germinativo

satisfatório mesmo após permaneceram em condições de alagamento por um período de 120 dias. No caso de *Parkia pendula* (Fabaceae: Mimosoideae), espécie típica da Amazônia, suas sementes não germinam enquanto encontram-se submersas. No entanto, estas sementes permanecem viáveis durante um período de sete meses de alagamento e, posteriormente a este período, germinam quando encontram condições propícias (Scarano & Crawford, 1992).

Além de ter importante papel no desenvolvimento e sobrevivência das sementes, a água também é fundamental para a dispersão de algumas espécies, principalmente em relação aquelas que se desenvolvem as margens de rios. Isto só é possível porque estas espécies possuem sementes com adaptações que possibilitam a tolerância ao alagamento temporário ou de longos períodos (Parolin et al., 2004; Maia et al., 2006; Kestring et al., 2009; Parolin & Wittmann, 2010).

Nas formações florestais sujeitas ao alagamento, processos como a dispersão de sementes, a germinação e o subsequente estabelecimento das plântulas estão sujeitos aos efeitos de alagamento, tanto em função da frequência e duração, como também da intensidade (Kozłowski, 1997; Lytle & Poff, 2004; Silva & Carvalho, 2008). Assim, a distribuição espacial das espécies, bem como a composição e estrutura da vegetação são influenciados pelo regime de inundação (Lobo & Joly, 2000).

Espécies que ocorrem em locais propensos a alagamentos devem apresentar mecanismos que possibilitem a adaptação a essas condições (Jackson & Colmer, 2005; Dias-Filho, 2006; Zenzen et al., 2006). Existem inúmeras diferenças entre espécies quanto à resistência ao alagamento, ocorrendo uma tendência de as espécies com maior porcentagem de sementes com um revestimento mais rígido (duras) suportarem melhor essas condições (Brançalion et al., 2010). Também o que é determinante são as variáveis frequência, extensão e duração do alagamento (Guo et al., 1998; Bunn & Arthington, 2002; Scarano et al., 2003; Gomes et al., 2006).

## **Objetivos gerais**

Este estudo teve como objetivo conhecer a composição florística do banco de sementes do solo em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual e investigar alguns processos que podem provocar variações na estrutura do banco de sementes. Além disso, o desempenho germinativo de *Peltophorum dubium* (Fabaceae: Caesalpinioidea) foi investigado em diferentes condições de alagamento.

## **Objetivos específicos**

- 1) Conhecer a composição florística do banco de sementes do solo em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual.
- 2) Verificar se o número de plântulas, a riqueza, a diversidade e a composição de espécies diferem entre áreas em diferentes estágios sucessionais, bem como entre diferentes profundidades do solo e estações do ano.
- 3) Investigar a similaridade entre o banco de sementes e a vegetação local, verificando se as sementes das espécies florestais estabelecidas na área estão incluídas no banco de sementes.
- 4) Estudar a germinação de *P. dubium* em diferentes condições de alagamento já que suas sementes apresentam dormência por impermeabilidade do tegumento à água.
- 5) Comparar o padrão de absorção de água de sementes escarificadas e não escarificadas de *P. dubium*.

## Referências bibliográficas

- AGUIAR, I.B., PINÃ-RODRIGUES, F.C.M. & FIGLIOLIA, M.B. (coords.) 1993. **Sementes florestais tropicais**. Brasília, ABRATES. 350p.
- ALMEIDA, D.S. Recuperação ambiental da mata atlântica. Ilhéus, Editus. AGUIAR, I.B.; PINÃ-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 2000. 350p.
- ALMEIDA-CORTEZ, J.S. Dispersão e banco de sementes. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.225-236.
- ALVAREZ-BUYLLA, E.R.; GARCIA-BARRIOS, R. Seed and Forest dynamics: a theoretical framework and an example from the neotropics. **The American Naturalist**, v.137, n.2, p.133-154, 1991.
- ALVAREZ-BUYLLA, E.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Seed bank versus seed rain in the regeneration of a tropical pioneer tree. **Oecologia**, v.84, p.314-325, 1990.
- AMIOTTI, N.; ZALBA, P.; SÁNCHEZ, L.; PEINEMANN, N. The impact of single trees on properties of loess-derived grassland soils in Argentina. **Ecology**, v.81, n.12, p.3283-3290, 2000.
- ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N. Processos ecológicos mantenedores da diversidade vegetal na caatinga: estado atual do conhecimento. In: SALES, V. (Org.). **Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2003. p.115-128.
- ARAÚJO, E.L. Diversidade de herbáceas na vegetação da Caatinga. In: JARDIM, M.A.G.; BASTOS, M.N.C.; SANTOS, J.U.M. (Org.). **Desafios da Botânica brasileira no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal**. Belém: Sociedade Brasileira de Botânica, 2003. Cap.1, p. 82-84.
- ARAÚJO, M.M.; OLIVEIRA, F.A.; VIEIRA, I.C.G.; BARROS, P.L.C.; LIMA, C.A. T. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de florestas sucessionais na região do Baixo Rio Guamá, Amazônia Oriental. **Scientia Forestalis**, v.59, n.1, p.115-130, 2001.
- BAIDER, C.; TAABARELLI, M.; MANTOVANI, W. The soil seed bank during Atlantic forest regeneration in southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.61, n.1, p.35-44, 2001.



- BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. O banco de sementes de um trecho de uma Floresta Atlântica Montana (São Paulo - Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, v.59, n.2, p.319-328, 1999.
- BARBOSA, L.M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000. p.289-312.
- BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v.14, n.1, p.1-16, 2004.
- BATISTA NETO, J.P. REIS, M.G.F. REIS, G.G., SILVA, A.F. CACAU, F. V. Banco de sementes do solo de uma floresta estacional semidecidual, Viçosa, Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3/4, p. 311-320, 2007.
- BAZZAZ, F.A. **Plants in changing environments: linking physiological, population, and community ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 320p.
- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de Sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1993. p.83-135.
- BRADFORD, K. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker Inc, 1995. p.351-396.
- BRANCALION, P.H.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; RODRIGUES, R.R.; MARCOS FILHO, J. Dormancy as exaptation to protect mimetic seeds against deterioration before dispersal. **Annals of Botany**, v.105, p.991-998, 2010.
- BROKAW, N.V.L. Gap - Phase Regeneration in a Tropical Forest. **Ecology**, v.66, n.3, p. 682-687, 1985.
- BUNN, S.E.; ARTHINGTON, A.H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental Management**, v.30, n.4, p.492-507, 2002.
- CALEGARI, L. 2009. Estudo sobre o banco de sementes do solo, resgate de plântulas e dinâmica da paisagem para fins de restauração florestal, Carandaí, MG. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, 158 p.
- CAMPOS, J.B.; SOUZA, M.C. Potencial for natural forest regeneration from seed bank in an Upper Paraná River Floodplain, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.46, n.4, p.625-639, 2003.

- CASTAN, G. S., GUIMARÃES, C. C. GUIMARÃES, D. M. BARBOSA, J. M. 2007. Sobrevivência de Sementes de *Talauma ovata* St. Hill. (Magnoliaceae) quando Submetida à Condição de Submersão em Água. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 822-824, 2007.
- CARDOSO, V.J.M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F.E. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.95-108.
- CARVALHO, J.C.B.; MACHADO, J.C.; VIEIRA, G.M. Crescimento micelial de *Colletotrichum lindemuthianum* em relação à restrição hídrica do substrato agarizado. **Ciência Agrotécnica**, v.25, n.4, p.999-1005, 2001.
- CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M.; LOPES, J.C.A. Growth rate of terra firme rain forest in brazilian amazon over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazônica**, v.34, n.2, p.209-217, 2004.
- CARVALHO, L.R.; SILVA, E.A.A.; DAVIDE, A.C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.2, p.15-25, 2006.
- CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Eds.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 149-162.
- CHAMBERS, J.C.; MACMAHON, J.A. A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.25, p.263-292, 1994.
- CINTRA, R. A test the Janzen-Connell model with two common tree species in Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.13, p.641-658, 1997.
- CLARK, D.B. The role of disturbance in the regeneration of neotropical rain forests. In: BAWA, K.S.; HADLEY, M. (Eds.). **Reproductive ecology of tropical forest plants**. Paris: UNESCO/IUBS and Parthenon Publishing, 1990. p.291-315. (Man and the Biosphere, 7).
- CORBINEAU, F.; CÔME, D. **Control of seed germination and dormancy by the gaseous environment**. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds.). Seed development and germination. New York: Marcel Dekker, 1995. p.397-424.
- COSTA, R.C.; ARAÚJO, F.S. Densidade, germinação e flora do banco de sementes do solo no final da estação seca, em uma área de Caatinga, Quixadá, CE. **Acta Botanica Brasilica**, v.17, n.2, p.259-264, 2003.

- COPELAND, L.O.; MCDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 3.ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p.
- CSONTOS, P.; TAMAS, J. Comparisons of soil seed bank classification systems. **Seed Science Research**, v.13, n.2, p.101-111, 2003.
- CUSTÓDIO, C.C.; MACHADO NETO, N.B.; ITO, H.M.; VIVAN, M.R. Efeito da submersão em água de sementes de feijão na germinação e no vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.2, p.49-54, 2002.
- CUSTÓDIO, C.C.; SALOMÃO, G.R.; MACHADO NETO, N.B. Water submersion of bean seeds in the vigour evaluation. **Revista Ciência Agronômica**, v.4, n.3, p.261-266, 2009.
- DALLING, J.W.; SWAINE, M.D.; GARWOOD, N.C. Dispersal patterns and seed bank dynamics of Pioneer trees in moist tropical forest. **Ecology**, v.79, n.2, p.564-578, 1998.
- DANTAS, B.F.; ARAGÃO, C.A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J.; RODRIGUES, J.D. Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p. 88-96, 2000.
- DENSLOW, J.S. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.18, p.431-451, 1987.
- DIAS-FILHO, M.B. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R.A. (Ed.). **Morte de Pastos de Braquiárias**. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2006. p.83-101.
- ESPÍNDOLA, E.L.G.; BRANCO, M.B.C.; FRACÁCIO, R.; GUNTZEL, A.M.; MORETTO, E.M.; PEREIRA, R.H.G.; RIETZLER, A.C.; ROCHA, O.; RODGHER, S.; SMITH, W.S.; TAVARES, K.S. Organismos aquáticos. In: MARÇAL, D.; OLIVEIRA, D.A.S. (Orgs.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003. p.201-238.
- FACELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v.57, n.1, p.1-32, 1991.
- FENNER, M. **Seed ecology**. New York: Chapman and Hall, 1985. 145 p.

- FIGLIOLIA, M.B.; FRANCO, G.A.D.C.; BIRUEL, R.P. Banco de sementes do solo e potencial de regeneração de área ripária alterada, em Paraguaçu Paulista, SP. In: \_\_\_\_\_. **Pesquisas e conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo: Instituto Florestal, 2004. p.181-197.
- FONSECA, R.C.B.; RODRIGUES, R.R. Análise estrutural e aspectos do mosaico sucessional de uma floresta semidecídua em Botucatu, SP. **Scientia Forestalis**, v.57, p.27-43, 2000.
- FORNARA, D.A.; DALLING, J.W. Seed bank dynamics in five Panamanian forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.21. n.2, p.223-226, 2005.
- FREITAS, G.K.; PIVELLO, V.R. A ameaça das gramíneas exóticas à biodiversidade. In: PIVELLO, V.R.; VARANDA, E.M. (Eds.). **O cerrado Pé-de-Gigante: ecologia e conservação – Parque Estadual de Vassununga**. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente, 2005. p.240-270.
- GANDOLFI, S.; JOLY, C.A.; LEITÃO FILHO, H.F. Gaps of deciduousness: cyclical gaps in Tropical Forests. **Scientia Agricola**, v.66, p.280-284, 2009.
- GANDOLFI, S. Regimes de luz em florestas estacionais semidecíduais e suas possíveis conseqüências. In: SALES, V.C. (Org.). **Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2003. p.305-311.
- GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L.F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.55, n.4, p.753-767, 1995.
- GARWOOD, N.C. Tropical soil seed banks: a review. In: LECK, M.A.; PARKER, V.T.; SIMPSON, R.L. (Eds.). **Ecology of soil seed banks**. San Diego: Academic Press, 1989. p.149-209.
- GASPARINO, D.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M.; SOUZA, I. Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.1-9, 2006.
- GOMES, P.B.; VÁLIO, I.F.M.; MARTINS, F.R. Germination of *Geonoma brevispatha* (Arecaceae) in laboratory and its relation to the palm spatial distribution in a swamp forest. **Aquatic Botany**, v.85, n.1, p.16-20, 2006.

- GROMBONE-GUARATINI, M.T.; RODRIGUES, R.R. Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, n.1, p.759-774, 2002.
- GUO, Q.; RUNDEL, P.W.; GOODALL, D.W. Horizontal and vertical distribution of desert seed banks: patternscauses and implications. **Journal of Arid Environments**, v.38, n.3, p.465-478, 1998.
- HALL, J.B.; SWAINE, M.D. Seed stocks in: Ghanaian forest soils. **Biotropica**, v.12, p. 256-263, 1980.
- HARPER, J.L. **Population biology of plants**. New York: Academic Press, 1977. 892p.
- HYATT, L.A.; CASPER, B.B. Seed bank formation during early secondary succession in temperate deciduous forest. **Journal of Ecology**, v.31, n.2, p.229-242, 2000.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 92p.
- IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. Fitossociologia de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Itatinga, São Paulo, Brasil **Scientia Forestalis**, v.56, p.83-99, 1999.
- JACKSON, M.B.; COLMER, T.D. Response and adaptation by plants to flooding stress. **Annals of Botany**, v.95, n.4, p.501-505, 2005.
- JANZEN, D.H.; VÁSQUEZ-YANES, C. Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested Wildlands. In: GOMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. (Eds.). **Rain forest regeneration and management**. Paris and Parthenon: Carnforth; Paris: UNESCO, 1991. p.137-157.
- KAGEYAMA, P.Y.; BRITO, M.A.; BAPTISTON, I.C. Estudo do mecanismo de reprodução de espécies da mata natural. In: KAGEYAMA, P.Y. (Coord.). **Estudo para implantação de matas ciliares de proteção na bacia hidrográfica do Passa Cinco, Piracicaba, SP**. Piracicaba: DAEE/USP/FEALQ, 1986. p.236.
- KESTRING, D.; KLEIN, J.; MENEZES, L.C.C.R.; ROSSI, M.N. Imbibition phases and germination response of *Mimosa bimucronata* (Fabaceae: Mimosoideae) to water submersion. **Aquatic Botany**, v.91, p.105-109, 2009.
- KRONKA, F.J.N.; MATSUCUMA, C.K.; NALON, M.A.; CALI, I.H.D.; ROSSI, M.; MATTOS, I.F.A.; SHIN-IKE, M.S.; PONTINHAS, A.A.S., 2005. Inventário florestal do estado de São Paulo. Instituto Florestal, SP.
- KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, v.1, n.1, p.1-29, 1997.

- LAURITO, S.F. **Estudo do potencial de regeneração de uma floresta estacional semidecídua, São Paulo, Brasil.** 2010. 71f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- LEAL-FILHO, N.; BORGES, E.E.L. Influência da temperatura e da luz na germinação de sementes de canudo de pito (*Mabea fistulifera* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.14, n.1, p.57-60, 1992.
- LECK, M.A.; PARKER, V.T.; SIMPSON, R. Seed Banks: General Concepts and Methodological Issues. In: LECK, M.A.; PARKER, V.T.; SIMPSON, R.L. (Eds.). **Ecology of soil seed banks.** San Diego: Academic Press, 1989. p.3-8.
- LIMA, E.M.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SILVA, K.A.; PIMENTEL, R.M.M. Fenologia e dinâmica de duas populações herbáceas da Caatinga. **Revista de Geografia**, v.249, n.1, p.124-141, 2007.
- LIMA, E.N.; SILVA, K.A.; SANTOS, J.M.F.F.; ANDRADE, J.R.; SANTOS, D.M.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L. Influência da sazonalidade na fenologia e na dinâmica populacional da *Euphorbia insulana* Vell. (Euphorbiaceae) em uma área de caatinga, Pernambuco. In: ALBUQUERQUE, U.P.; MOURA, A.N.; ARAÚJO, E.L. (Orgs.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos.** Bauru: Canal6, 2010. p.365-384.
- LOBO, P.C.; JOLY, C.A. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: EDUSP, 2000. p.143-157.
- LOPES, R.R.; LATTUADA, D.S.; FRANKE, L.B. Efeito do período de alagamento na germinação de sementes de *Adesmia latifolia* (Spreng.) Vog. (Fabaceae). In: REUNION DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EN MEJORAMIENTO Y UTILIZACION DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL ÁREA TROPICAL Y SUBTROPICAL, 20., 2004, Salto/Uruguai. **Memorias...**Salto: Grupo Campos - Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas, 2004. p.136-137.
- LYTLE, D.A.; POFF, N.L. Adaptation to natural flow regimes. **Trends in Ecology and evolution**, v.16, n.2, p.94-100, 2004.
- MAIA, F.C.; MEDEIROS, R.B.; PILLAR, V.P.; FOCHT, T. Soil seed bank variation patterns according to environmental factors in a natural grassland. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.2, p.126-137, 2004.

- MAIA, M.S.; MAIA, F.C.; PÉREZ, M.A. Banco de sementes en el suelo. **Agriscientia**, v.23, n.1, p.33-44, 2006.
- MAMEDE, M.A.; ARAÚJO, F.S. Effects of slash and burn practices on a soil seed bank of caatinga vegetation in Northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.72, p.458-470, 2008.
- MARTÍNEZ-RAMOS, M.; SOTO-CASTRO, A. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. **Vegetatio**, v.107/108, p.299-318, 1993.
- MARTINS, A.M.; ENGEL, V.L. Soil seed banks in tropical forest fragments with different disturbance histories in southeastern Brazil. **Ecological Engineering**, v.31, n.3, p.165-174, 2007.
- MARTINS, C.C.; SILVA, W.R. Estudos de bancos de sementes do solo. **Informativo Abrates**, v.4, n.1, p.49-56, 1994.
- MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R. Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. **Plant Ecology**, v.163, n.1, p.51-62, 2002.
- MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 146p.
- MARTINS, S.V. Soil seed bank as indicator of forest regeneration potential in canopy gaps of a semideciduous forest in Southeastern Brazil. In: FOURNIER, M.V. (Ed.) **Forest regeneration: ecology, management and economics**. New York: Nova Science Publishers, 2009. p.113-128.
- MELO, F.P.L.; NETO, A.V.A.; SIMABUKURU, E.A.; TABARELLI, M. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.237-250.
- MOLOFSKY, J.; AUGSPURGUER, C.K. The effect of leaf litter on early seedling establishment in a tropical Forest. **Ecology**, v.73, n.1, p.68-77, 1992.
- MORAES, C.A.; MÓDOLO, V.A.; CASTRO, P.R.C. Fisiologia da germinação e dominância apical. In: CAMARGO, P.R.; CASTRO, J.O.A.S.; KLUGE, R.A. (Orgs.). **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2001. p.159-178.
- MORELLATO, L.P.C.; LEITAO-FILHO, H.F.; RODRIGUES, R.R.; JOLY, C.A. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em florestas de altitude na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v.50, n.1, p.149-162, 1990.

- MOTTA, C.A.P.; SILVA, W.R. Efeito de hidratação e desidratação no desempenho fisiológico de sementes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.4, p.379-390, 1997.
- MURDOCH, A.J.; ELLIS, R.H. Longevity, Viability and Dormancy. In: FENNER, M. **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CAB International, 1992. p.193-229.
- NING, L.; GU, F.; CHANGYAN, T. Characteristics and dynamics of the soil seed bank at the north edge of Taklimakan Desert. **Science in China Series D: Earth Sciences**, v.50, n.1, p.122-127, 2007.
- OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas, seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 362p.
- OLIVEIRA, S.F. **Comparação do banco de sementes do solo de três fitofisionomias do bioma cerrado em áreas perturbadas**. 2007. 44f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- PAROLIN, P.; WALDHOFF, D.; ZERM, M. Photochemical capacity after submersion in darkness: How Amazonian floodplain trees cope with extreme flooding. **Aquatic Botany**, v.93, p.83-88, 2010.
- PAROLIN, P.; FERREIRA L.V.; ALBERNAZ, A.L.M.; ALMEIDA, S.S. Tree species distribution in várzea forests of Brazilian Amazonia. **Folia Geobotanica**, v.39, p.371-383, 2004.
- PEET, R.T. Community structure and ecosystem function. In: GLENN-LEWIN, D.C. PEET, R.T.; VEBLEN, T.T. **Plant succession: theory and prediction**. London: Chapman & Hall, 1992. 352p. (Population and community biology series, 11).
- PEREIRA, M.D.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; ARAÚJO, E.F. Hydration of carrot seeds in relation to osmotic potential of solution and conditioning method. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.144-150, 2007.
- PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; PIRATELLI, A.J. Aspectos ecológicos da produção de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coords.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.47-82.
- PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FORTES, A.L. Banco de sementes de espécies florestais da Mata Atlântica. **Floresta & Ambiente**, v.3, n.1, p.171-177, 1996.



- PONGE, J.F.; ANDRÉ, J.; ZACKRISSOM, O.; BERNIER, N.; NILSSON, M.C.; GALLET, C. The forest regeneration puzzle. **BioScience**, v.48, n.7, p.523-530, 1998.
- RAMOS, V.S.; DURIGAN, G.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F.; RODRIGUES, R.R. **Árvores da Floresta Estacional Semidecidual: guia de identificação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008. 320p.
- RODRIGUES, B.D.; MARTINS, S.V.; LEITE, H.G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.65-73, 2010.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, SOBRADE, 1998. p.203-215.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ARONSON, J.; BARRETO, T. E.; VIDAL, C.Y.; BRANCALION, P.H.S. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.261, p.1605-1613, 2011.
- RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; BARROS, L.C. Tropical Rain Forest regeneration in an area degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.190, n.2, p.323-333, 2004.
- RODRIGUES, R.R.N.; NAVE, A.G. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da universidade de São Paulo, 2000. p.45-71.
- SANTOS, J.M.F.F.; ANDRADE, J.R.; LIMA, E.N.; SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L. Dinâmica populacional de uma espécie herbácea em uma área de floresta tropical seca no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p. 855-857, 2007.
- SANTOS, J.M.F.F.; SILVA, K.A.; LIMA, E.N.; SANTOS, D.M.; PIMENTEL, R.M. M.; ARAÚJO, E.L. Dinâmica de duas populações herbáceas de uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. **Revista de Geografia**, v.26, p.142-160, 2009.
- SARTORI, M.S.; POGGIANI, F.; ENGEL, V.L. Regeneração da vegetação arbórea no sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith localizado no estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v.62, p.86-103, 2002.

- SCARANO, F.R.; CRAWFORD, R.M.M. Ontogeny and the concept of anoxia-tolerance: the case of the Amazonian leguminous tree *Parkia pendula*. **Journal of Tropical Ecology**, v.8, n.3, p.349-352, 1992.
- SCARANO, F.R.; PEREIRA, T.S.; RÔÇAS, G. Seed germination during floatation and seedling growth of *Carapa guianensis* a tree from flood-prone forests of the Amazon. **Plant Ecology**, v.168, n.2, p.291-296, 2003.
- SCHIMDT, L. **Guide to handling of tropical and subtropical forest seed**. Denmark: Danida Forest Seed Centre, 2000. 511p.
- SENA, J.S.; LEAL FILHO, N.; EZAWA, H.K.H. Variações temporais e espaciais no banco de sementes de uma floresta tropical úmida amazônica. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, supl.1, p.207-209, 2007.
- SHERER, C.; JARENKOW, J.A. Banco de sementes de espécies arbóreas em floresta estacional no Rio Grande do Sul. Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, n.1, p. 67-77, 2006.
- SILVA, B.M.S.; CARVALHO, N.M. Efeitos do estresse hídrico sobre o desempenho germinativo da semente de faveira (*Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. - Fabaceae) de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.55-65, 2008.
- SILVA, C.J.; SANCHES, L.; BLEICH, M.E.; LOBO, F.A.; NOGUEIRA, J.S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazônica**, v.37, n.4, p.543-548, 2007.
- SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L.; ALBUQUERQUE, U.P.; FERRAZ, E.M.N. Fatores bióticos e ambientais que afetam a dinâmica de populações herbáceas de diversos tipos vegetacionais do mundo e na caatinga. In: ALBUQUERQUE, U.P.; MOURA, A.N., ARAÚJO, E.L. (Org.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Bauru: Canal6, 2010. p.65-95.
- SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N. Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de caatinga do embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia- PE. **Acta Botanica Brasilica**, v.23, n.1, p. 100-110, 2009.
- SILVA, L.A.; SOARES, J.J. Análise sobre o estado sucessional de um fragmento florestal e sobre suas populações. **Revista Árvore**, v.26, n.2, p. 229-236, 2002.

- SILVA, W.C.; MARANGON, L.C.; FERREIRA, R.L.C.; FELICIANO, A.L.P.; COSTA JUNIOR, R.F. Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento Floresta Ombrófila Densa, Mata das Galinhas, no município de Catende, Zona da mata sul de Pernambuco. **Revista Ciência Florestal**, v.17, n.4, p.321-331, 2007.
- SILVERTOWN, J.; CHARLESWORTH, D. **Introduction to plant population biology**. 4.ed. Oxford: Blackwell Science, 2001. p.291-320.
- SIQUEIRA, L.P.; MATOS, M.B.; SILVA MATOS, D.M.; PORTELA, R.C.Q.; BRAZ, M.I.G.; SILVA-LIMA, L. Using the variances of microclimate variables to determine edge effects in small forest fragments of Atlantic Rain Forest, South-eastern Brazil. **Ecotropica**, v.10, n.1, p. 59-64, 2004.
- SOUZA, A.F.; ANDRADE, A.C.S.; RAMOS, F.N.; LOUREIRO, M.B. Ecophysiology and morphology of seed germination of the neotropical lowland tree *Genipa americana* (Rubiaceae). **Journal of Tropical Ecology**, v.15, n.5, p. 667-680, 1999.
- SOUZA-SILVA, J.C.; RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.; ANTUNES, N.B. Germinação de sementes e emergência de plântulas de espécies arbóreas e arbustivas que ocorrem em matas de galeria. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.; SOUSA-SILVA, J.C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.379-422.
- SWAINE, M. Protocol for assay of soil seed banks. In: EUROWORKSHOP ON FUNCTIONAL GROUPS IN TROPICAL FOREST TREES, 2001. **Proceedings...** Disponível em: <[http://www.nbu.ac.uk/tropical/SSBprotocol\\_Swaine.doc](http://www.nbu.ac.uk/tropical/SSBprotocol_Swaine.doc)>. Acesso em: 10 abr. 2011.
- SWAINE, M.D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F.E. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, v.3, n.4, p.359-366, 1987.
- SWANTON, C.J.; SHRESTHA, A.; KNEZEVIC, S.Z.; ROY, R.C.; BALL-COELHO, B.R. Influence of tillage type on vertical weed seed bank distribution in a sandy soil. **Canadian Journal of Plant Science**, v.80, p.455-457, 2000.
- TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical Montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, v.59, n.2, p.239-250, 1999.
- TABARELLI, M.; PERES, C. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implication for forest regeneration. **Biological Conservation**, v.106, n.2, p.65-176, 2002.

- THOMPSON, K. The occurrence of buried viable seeds in relation to environmental gradients. **Journal of Biogeography**, v.5, p.435-430, 1978.
- THOMPSON, K.; BAKKER, J.; BEKKER, R. **The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 276p.
- VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the Tropical Rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.24, n.1, p.69-87, 1993.
- VÁZQUEZ-YANEZ, C.; OROSCO-SEGOVIA, A. Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. **Oecologia**, v.83, n.2, p.171-175, 1990.
- VIANA, V.M. Seed and seedling availability as a basis for management of natural Forest regeneration. In: ANDERSON, A.B. **Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon Rain Forest**. New York: Columbia University Press, 1990. p. 99-115.
- VIEIRA, N.K.; ESPÍNDOLA, M.B.; REIS, A. **Avaliação de técnicas alternativas de restauração ambiental: reflorestamento e recuperação ambiental**. Ijuí: s.n., 2003. p.223-224.
- VINHA, D.; ALVES, L.F.; ZAIDAN, L.B.P.; GROMBONE-GUARATINI, M.T. The potential of the soil seed bank for the regeneration of a tropical urban forest dominated by bamboo. **Landscape and Urban Planning**, v.99, n.2, p.178-185, 2011.
- WALCK, J.L.; BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C.; HIDAYATI, S.N. Defining transient and persistent seed banks in species with pronounced seasonal dormancy and germination patterns. **Seed Science Research**, v.15, p.189-196, 2005.
- WHITMORE, T.C. On pattern and process in forests. In: NEWMAN, E.I. **The plant community as a working mechanism**. Oxford: Blackwell, 1982. p.45-59.
- WHITMORE, T.C. **An introduction to tropical rain forest**. Oxford: Clarendon Press, 1990. 226 p.
- WHITMORE, T.C. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. In: GÓMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. (Eds.). **Rain forest regeneration and management**. Paris and Parthenon: Carnforth; Paris: UNESCO, 1991. p. 67-89. (Man and the biosphere series, 6).

- WHITMORE, T.C. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry. In: SWAINE, M.D. (Eds.). **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: UNESCO; Parthenon: Carnforth, 1996. p.3-39.
- WIJDEVEN, S.M.J.; KUZEE, M.E. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. **Restoration Ecology**, v.8, n.4, p.414-424, 2000.
- WILLEMS, J.H.; HUIJSMANS, K.G.A. Vertical seed dispersal by earthworms: a quantitative approach. **Ecography**, v.17, n.2, p.124-130, 1994.
- WILLIAMS-LINERA, G. Soil seed banks in four lower montane forests of México. **Journal of Tropical Ecology**, v.9, p.321-337, 1993.
- WUEBKER, E.F.; MULLEN, R.E.; KOEHLER, K. Flooding and temperature effects on soybean germination. **Crop Science**, v.41, n.1, p.1857-1861, 2001.
- WUNDERLE JR., M.J. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v.99, p.223-235, 1997.
- ZENZEN, I.L.; AMARANTE, L.; COLARES, D.S.; OLIVEIRA, M.L.; BERNARDI, E.; GUIMARÃES, E.L.; NASCIMENTO, J.S. Área Foliar e Volume do Sistema Radicular em Plantas de Soja Inoculadas com Estirpes de *Bradyrhizobium* e Submetidas ao Alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.2, p.1092-1094, 2007.

## Capítulo I

# **Ecologia do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual**

Redigido de acordo com as normas do periódico científico *Ecological Engineering*

**Ecologia do banco de sementes de um trecho de floresta  
estacional semidecidual**

Débora Kestring <sup>a,\*</sup>, Marcelo Nogueira Rossi <sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Universidade Estadual Paulista (Unesp) “Júlio de Mesquita Filho”, IB,  
Departamento de Biociências, Botucatu 18618-000, SP, Brasil*

<sup>b</sup> *Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Departamento de Ciências Biológicas,  
Diadema 09941-510, SP, Brasil*

\* Autor para correspondência. Tel.: +55 14 3811 6265; fax: +55 14 3815 3744.  
E-mail: [kestring@ibb.unesp.br](mailto:kestring@ibb.unesp.br) (D. Kestring).

## RESUMO

Para um melhor entendimento dos processos que determinam a dinâmica das florestas tropicais, estudos que investigam tanto a vegetação (parte aérea) como o banco de sementes do solo, são necessários. Através de estudos de banco de semente pode-se avaliar, por exemplo, a capacidade de regeneração natural de uma dada vegetação, a viabilidade das sementes existentes no solo e sua influência na estrutura da vegetação. No entanto, pouco se sabe sobre os processos que podem provocar variações na estrutura do banco de sementes, especialmente em florestas semidecíduais. O presente estudo teve como objetivo conhecer a composição do banco de sementes do solo em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual, bem como investigar possíveis processos capazes de gerar variações em sua estrutura. Além disso, determinou-se o grau de similaridade entre a parte aérea e o banco de sementes. Primeiramente, a densidade (número de plântulas), a riqueza, a diversidade e a composição de espécies foram comparadas entre áreas em diferentes estágios sucessionais, bem como entre diferentes profundidades do solo e estações do ano (chuvosa e seca). Em seguida, a similaridade entre o banco de sementes e a vegetação local foi comparada. Constatou-se que a principal fonte de variação do número de plântulas, da riqueza e da diversidade de espécies presentes no banco de sementes foi a profundidade na qual as sementes foram amostradas. De forma geral, as amostras obtidas da serrapilheira continham, significativamente, um maior número de plântulas, uma maior riqueza e maior diversidade de espécies do que as amostras provenientes das profundidades de 0-10cm e 10-20cm, tanto na estação chuvosa como seca. Comparações da riqueza e da diversidade de espécies entre a estação seca e chuvosa demonstraram que ambas diferiram significativamente entre as estações, e que os maiores valores foram observados na estação chuvosa. O número de plântulas entre as estações não diferiu estatisticamente. A composição de espécies foi mais similar entre as profundidades mais próximas, ou seja, as profundidades de 0-10cm e 10-20cm continham mais espécies em comum do que a serrapilheira em ambas as estações. Apesar de ter sido observada uma semelhança na composição de espécies provenientes do estágio sucessional clareira na estação chuvosa, os diferentes estágios sucessionais não interferiram na estrutura geral do banco de sementes. Por fim, constatou-se uma predominância de plantas daninhas herbáceas (>50%), com as espécies *Gnaphalium coarctatum*, *Gallesia integrifolia*, *Talinum paniculatum*, *Cardamine bonariensis* e *Pereskia aculeata* sendo dominantes, e uma baixa similaridade entre a parte aérea e o banco de sementes.

*Palavras-chave:* Estágio sucessional; floresta tropical; germinação; profundidade; sazonalidade.



## ABSTRACT

For a better understanding of the processes that determine tropical forest dynamics, studies that investigate vegetation both above and below ground are needed. By studying seed banks it is possible to determine, for example, the natural regeneration capacity of vegetation, the viability of the soil seed bank as well as its influence at structuring plant communities. However, little is known about the processes that can generate variation in the seed bank structure, particularly in semideciduous forests. The main aim of this study was to know the soil seed bank composition in a semideciduous seasonal forest fragment, and also to investigate some processes that may generate variations in this structure. Besides, it was determined below (seed bank) and above ground (vegetation) similarity. Firstly, the density (seedling numbers), the richness, and the diversity and species composition were compared among areas of different successional stages, and among different soil depths and season (rainy and dry season). After that, the similarity between the soil seed bank and local vegetation was compared. It was observed that the main source of variation of seedling numbers, richness, and species diversity was the depth at which seed samples were obtained. In overall, samples from the litterfall had significantly higher seedling numbers, species richness and diversity than the other depths (0-10cm and 10-20cm); this difference occurred at both in the rainy and dry season. Comparisons of species richness and diversity between the rainy and dry season showed that both significantly differed between seasons, and higher values were observed in the rainy season. Seedling numbers did not differ between seasons. Species composition was more similar between pairs of samples from depths near to each other; for example, for both seasons samples from the 0-10cm depth were more similar in species composition to those from the 10-20cm depth than to those from the litterfall. The different successional stages did not interfere in the seed bank structure, even though it was observed a little similarity in species composition in the clearing stage in the rainy season. Finally, it was observed that herbaceous weeds predominated (>50%), the most abundant species were *Gnaphalium coarctatum*, *Gallesia integrifolia*, *Talinum paniculatum*, *Cardamine bonariensis* and *Pereskia aculeata*, and the vegetation and the soil seed bank presented low similarity.

*Keywords:* Depth; germination; seasonality; successional stage; tropical forest.

## 1. Introdução

A floresta tropical tem sido descrita como sendo um mosaico vegetacional com graus de maturidade distintos e divergentes quanto à idade, tamanho e a composição de espécies (Brokaw, 1985; Whitmore, 1996). O processo sucessional é o que mantém as comunidades, assim, a floresta é um mosaico composto de manchas de distintas fases ou estágios sucessionais, resultante de um processo dinâmico de abertura e cicatrização de clareiras (Whitmore, 1982; Clark, 1990; Fonseca & Rodrigues, 2000). Conseqüentemente, as florestas estão em contínuo estado de mudanças em todas as fases do seu ciclo de reconstrução o que produz uma estrutura bastante heterogênea na disponibilidade de recursos, criando microhabitats específicos que podem atuar diferencialmente, promovendo ou excluindo o estabelecimento de espécies (Bazzaz, 1996, Leal Filho, 1992, Carvalho et al., 2006).

As aberturas no dossel da floresta ocorrem naturalmente devido à queda espontânea de partes de árvores, árvores ou grupos de árvores, ou pela ação antrópica, através da exploração de bens que a floresta oferece ao longo do espaço e do tempo (Gandolfi, 2003). Após a abertura do dossel a regeneração florestal ocorre principalmente por três vias: rebrota de indivíduos sobreviventes no sub-bosque e/ou de indivíduos adultos de dosséis adjacentes; regeneração avançada do sub-bosque determinada pelo crescimento de plântulas ou indivíduos jovens pré-estabelecidos e também por sementes através da chuva e do banco de sementes (Brokaw, 1985; Martins & Engel, 2007; Vinha, 2008; Calegari, 2009; Soares, 2009; Laurito, 2010).

A identificação da flora e a determinação da abundância de sementes estocadas no solo fornecem indicações do potencial de regeneração de uma determinada comunidade em um determinado tempo (Oliveira & Constantin, 2001; Freitas & Pivello, 2005; Martins, 2009). O banco de sementes do solo é definido como populações de sementes viáveis existentes no solo desde a superfície (serrapilheira) até as camadas mais profundas, que podem substituir plantas adultas anuais ou perenes que desaparecem por causas naturais, doenças, distúrbios e consumo por animais (Leck, et al., 1989; Garwood, 1989; Viana, 1990; Swaine, 2001; Almeida-Cortez, 2004; Walck et al., 2005).

Essas sementes podem permanecer por períodos de tempo breves, formando o banco transitório (sementes viáveis por até um ano), pouco persistente, onde as sementes permanecem viáveis por mais de um ano e menos de cinco anos, ou por

tempos longos (sementes viáveis pelo menos cinco anos), constituindo um banco persistente, neste caso, considera-se a longevidade e a viabilidade das sementes (Thompson et al., 1997; Csontos & Tamás, 2003; Souza, 2006). No entanto, Walck et al. (2005) propõem classificar as espécies conforme o número de sementes germinadas durante um período em vez de ano. Em ecossistemas tropicais, a variação sazonal nos ritmos de frutificação pode alterar a quantidade de sementes e espécies no solo, sendo significativo na heterogeneidade temporal e espacial ao longo do ano e entre anos (Grombone-Guaratini, 1999).

A evolução pode ter favorecido a formação de sementes adaptadas a permanecerem ou não no banco de sementes. Para permanecerem, desenvolveram a característica de serem dormentes, ou seja, não germinar e manter sua viabilidade (Maia, 2004). A habilidade destas espécies em permanecerem dormentes no banco é uma importante estratégia biológica para a dinâmica de suas populações (Aguilar et al., 1993). A vantagem ecológica da dormência seria reduzir a possibilidade das sementes germinarem durante um período do ano com condições ambientais inadequadas ao seu desenvolvimento (Maia, 2002).

Além deste fator, a composição e a densidade do banco de sementes do solo são influenciados pelo padrão de dispersão de sementes e pelos fatores pós-dispersão, respostas fisiológicas, geneticamente controladas, ligadas a estímulos ambientais, tais como luz, temperatura e umidade, que induzem a germinação, como também por outros processos bióticos e abióticos, como predação, patógenos e a chuva de sementes que tornam a densidade do banco muito variável no tempo e no espaço, pois as sementes são continuamente excluídas ou adicionadas ao solo (Harper, 1977; Costa & Araújo, 2003; Almeida-Cotez, 2004).

A idade da formação vegetal também pode influenciar na densidade do banco de sementes, que tende a diminuir com o avanço da regeneração sendo que sementes oriundas de outras fontes são necessárias para a regeneração, já que o banco de sementes não armazena por muito tempo sementes de tamanho médio a grande de espécies lenhosas tolerantes a sombra (Leal Filho, 1992; Baider et al., 2001). Já a riqueza de espécies em florestas maduras aumenta significativamente com o aumento da área amostrada, enquanto em floresta em regeneração ou em campos agrícolas abandonados, o número não aumenta muito à medida que se aumenta a área amostral (Alvarez-Aquino et al., 2005; Luzuriaga et al., 2005).

A luz e a temperatura da superfície do solo podem tornar o ambiente bastante variável, afetando o banco de sementes, pois o aumento da temperatura, por exemplo, faz com que a taxa de respiração aumente, diminuindo a dormência das sementes (Carvalho & Nakagawa, 2000). Segundo Felfili et al. (2007) a luz é um dos determinantes da composição de espécies. Em função da intensidade luminosa as plantas podem ser classificadas em dois grupos: as plantas heliófitas (plantas de sol), que inclui as espécies pioneiras mais agressivas, até mesmo espécies não pioneiras, mas que apresentam características de espécies heliófitas para o seu pleno desenvolvimento; e as plantas esciófitas, que são as espécies de plantas adaptadas à sombra ou de sol facultativo (Daws et al., 2002; Lawlor, 2002; Felfili, 2004).

A disponibilidade de água é outro fator que pode exercer papel importante sobre o banco de sementes limitando a germinação e o desenvolvimento das plântulas (Melo et al., 2004). Portanto, fatores como luz, temperatura e quantidade de água, como mencionado anteriormente, afetam diretamente o número de sementes no solo e sua germinação (Pearson et al., 2003; Calegari, 2009). No que diz respeito a flutuação sazonal, perante a disponibilidade de água no ambiente, Martins & Engel (2007), em um fragmento de floresta Estacional Semidecídua, localizado em Botucatu-SP, encontraram maior número de sementes ao fim da estação seca do que ao fim da estação chuvosa.

Com a finalidade de investigar se o banco de sementes do solo oferecia potencial de regeneração ao ecossistema, Laurito (2010) estudou a densidade e a composição florística do banco de semente de um fragmento de floresta Estacional Semidecidual (São Carlos-SP), nas estações seca e chuvosa, encontrando maior riqueza e diversidade de espécies pioneiras ao fim da estação seca. Este autor concluiu que o banco dessa área de estudo tinha então potencial para regeneração da floresta.

O banco de sementes apresenta variações espaciais tanto no sentido horizontal como no sentido vertical, ou seja, varia entre locais, dentro da mesma área e também se modifica em relação à profundidade do solo, podendo ser um fator importante para determinar a composição do banco de sementes. Quanto à distribuição das sementes no mesmo perfil do solo, os trabalhos evidenciam que ocorre uma queda acentuada na quantidade de sementes, com o aumento da profundidade, sendo que a maior parte das sementes é encontrada nos cinco centímetros superficiais (Harper, 1977; Baider et al., 1999; Martins, 2001; Costa & Araújo, 2003; Ning et al., 2007). Na camada da serrapilheira, a densidade de sementes é extremamente variável, podendo ser maior

(Costa & Araújo, 2003) ou menor (Mamede & Araújo, 2008; Santos et al., 2010) quando comparada com a densidade de sementes encontradas no solo.

Em relação ao tamanho das sementes, as sementes maiores são encontradas principalmente na serrapilheira pela dificuldade de incorporação ao solo, sendo este um reservatório de grandes sementes (Chambers & MaeMahon, 1994). De modo geral, o banco de sementes é composto, em sua maior parte, por sementes pequenas, raramente maiores que 5 mm. O tamanho pequeno da semente pode ser uma vantagem adaptativa que favorece a dispersão e aumenta a probabilidade e a velocidade de incorporação no solo, diminuindo as chances de predação (Garwood, 1989; Sherer & Jarenkow, 2006).

Geralmente verifica-se uma baixa similaridade entre o banco de sementes e a vegetação local (Sherer & Jarenkow, 2006). Segundo Martínez-Ramos & Soto-Castro (1993) as sementes da maioria das espécies florestais estabelecidas não estão incluídas no banco de sementes. As espécies que germinam provenientes de amostras do banco de sementes geralmente estão ausentes ou são raras na vegetação local, e provém de diferentes locais e épocas (Garwood, 1989). Provavelmente existe um estoque de sementes bastante reduzido com relação a espécies arbustivas-arbóreas, havendo um predomínio de espécies herbáceas invasoras, o que determina a baixa similaridade encontrada entre a flora do banco e as espécies estabelecidas no dossel (Siqueira et al., 2004).

Primeiramente, o presente estudo teve como objetivo conhecer a composição florística do banco de sementes do solo em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual, inferindo sobre o potencial deste banco para a regeneração deste ecossistema. Para determinar alguns processos que podem provocar variações na estrutura do banco de sementes, a densidade (número de plântulas), a riqueza, a diversidade e a composição de espécies foram comparadas entre áreas em diferentes estágios sucessionais, bem como entre diferentes profundidades do solo e estações do ano. Por fim, com o objetivo de investigar se as sementes das espécies florestais estabelecidas na área estão incluídas no banco de sementes, a similaridade entre o banco de sementes foi comparada com a vegetação local.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1. Área de estudo

Este estudo foi realizado em um fragmento de aproximadamente 60 ha de floresta secundária tardia alta, denominado “Mata da Bica”, localizado na Fazenda Experimental Edgardia (22° 48’ 55” S; 48° 23’ 39.3” W; 577m), pertencente à Universidade Estadual Paulista (UNESP-FCA), campus de Botucatu, Estado de São Paulo. Jorge & Sartori (2002) constataram que a Fazenda Experimental Edgardia está localizada na bacia do Rio Capivara e apresenta precipitação média anual em torno de 1300 mm, variando de 650 mm (período seco) a 1850 mm (período úmido). A estação chuvosa vai de novembro a fevereiro, com média de 1100 mm; em contrapartida a estação seca vai de julho a novembro, com cerca de 250 mm (Ortega & Engel, 1992). A temperatura média anual é de 19,4°C ( $\pm$  5,6°C) e baseando-se na classificação de Köeppen, o clima é do tipo Cfa, temperado (Mesotérmico), típico de região úmida, com quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 22°C (Cunha & Martins, 2009), e há uma combinação de solos podzólicos e litólicos.

A Fazenda Edgardia, com 1.152 hectares, possui cinco fragmentos de vegetação natural, num total de aproximadamente 747 ha, com as tipologias de floresta estacional semidecidual e transição de floresta-cerradão (Jorge & Sartori, 2002). A área da fazenda representa um dos poucos remanescentes de vegetação natural de maior área da região. A vegetação enquadra-se na unidade fitogeográfica classificada como Tropical de Floresta Estacional Semidecidual (Jorge & Sartori, 2002), ocorrendo na área de transição Periférica para Cuesta Basáltica, sendo um fragmento de floresta secundária tardia. Os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual representam o maior percentual de cobertura do solo da Fazenda Edgardia. Esses fragmentos fazem limite com áreas de cerradão, cultura de arroz, pastagem e várzea, resultando em uma diversidade biológica alta, aliada a uma vegetação densa e conservada.

Os principais distúrbios antropogênicos que ocorreram neste fragmento foram devido ao desmatamento para a extração da madeira, sendo deixados poucos indivíduos para estoque de madeira e ou sombreamento de culturas. Atualmente este fragmento apresenta-se estruturado e recuperado, apresentando um dossel de até 30m e áreas com grandes clareiras dominadas por lianas e bambusóides do gênero *Chusquea* (Fonseca &

Rodrigues, 2000). Em levantamento florístico realizado na área por estes autores, indica uma riqueza de 1104 indivíduos pertencentes a 31 famílias, 50 gêneros e 61 espécies.

## 2.2. *Amostragem*

Para a separação da área de estudo em unidades que representassem diferentes estágios sucessionais (fases de desenvolvimento) clareira, construção e madura (Whitmore, 1990), foi realizada uma análise de agrupamento baseada nas características estruturais de cada parcela (Fonseca & Fonseca, 2004). No interior do fragmento foram estabelecidas nove áreas, sendo três para cada estágio sucessional. Baseando-se em estudo fitossociológico e de composição florística previamente realizado neste fragmento (Fonseca & Rodrigues, 2000), foram estabelecidas parcelas de 100m<sup>2</sup> em cada área. Para comparações feitas posteriormente da similaridade entre a parte aérea (vegetação) e o banco de sementes, foram utilizadas informações já obtidas de estudos que foram feitos por grupo de pesquisa liderado pela Profa. Dra. Renata C. B. Fonseca (dados não publicados).

Em cada área foram selecionadas cinco novas parcelas (subparcelas) de aproximadamente 1m<sup>2</sup>; quatro delas foram colocadas próximas a borda (limite da área) e outra no centro da área. Em cada subparcela foram retiradas duas camadas de solo, uma na profundidade de 0-10 cm e outra na de 10-20 cm, coletando-se também toda a serrapilheira. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos identificados e transportadas para casa de vegetação localizada no Departamento de Recursos Naturais da Universidade Estadual Paulista. Para investigar a variação sazonal, amostras de solo e serrapilheira foram coletadas duas vezes por ano, em agosto de 2009 (final da estação seca) e março de 2010 (final da estação chuvosa). Estes meses foram escolhidos para coleta, pois coincidem com os picos de dispersão de sementes do local (Martins & Engel, 2007).

## 2.3. *Emergência de plântulas*

A determinação da composição do banco de sementes seguiu os métodos recomendados pela Swaine (2001), em que a estimativa da densidade e quantificação das sementes viáveis é realizada através do método de germinação sob condições de casa de vegetação.

Cada amostra de solo ou serrapilheira de cada subparcela foi homogeneizada e colocada em bandejas de isopor (36 cm x 25 cm x 5 cm) previamente furadas e revestidas com uma camada de areia lavada e esterilizada (segundo recomendações de Dalling et al. (1999) e Martins (2009)) e com suas respectivas identificações (local, profundidade de coleta e período). As bandejas foram dispostas aleatoriamente em bancadas com revestimento de sombrite capaz de filtrar 20% da incidência dos raios solares, e receberam irrigação várias vezes por dia, mediante o uso de aspersores programados. Desta forma, as mesmas condições para a germinação das sementes viáveis foram fornecidas para todas as amostras por um período de 90 dias. Para o controle de contaminação de sementes externas, dez bandejas contendo areia lavada e esterilizada foram mantidas como testemunhas, as quais foram distribuídas aleatoriamente entre as demais bandejas.

A análise do banco de sementes foi realizada através do monitoramento da emergência das plântulas e identificação das espécies. A contagem das plântulas ocorreu semanalmente. Exemplares das espécies não identificadas foram transplantados para vasos plásticos para facilitar seu crescimento e posterior identificação até o menor nível taxonômico possível, de acordo com o sistema de classificação APG-II (*Angiosperm Phylogeny Group*). No entanto, para alguns exemplares a identificação não foi possível, mesmo no nível de família, e foram classificados como morfoespécies. A identificação dos espécimes foi feita por comparação em herbário, consulta a literatura especializada e com auxílio de especialistas.

Após a identificação das espécies amostradas, foram elaborados gráficos mostrando a porcentagem observada de plantas em cada categoria sucessional e forma de vida, bem como tabelas apresentando a listagem de todas as espécies amostradas tanto no banco de sementes (Tabela 1 – ANEXO) como na parte aérea (Tabela 2 – ANEXO), contendo o número de plântulas e indivíduos adultos, respectivamente.

#### 2.4. Análise de dados

Primeiramente, considerando que os dados apresentavam uma estrutura hierárquica, com cinco amostras retiradas de cada profundidade em cada área, análises de componentes da variância (repartição da variância) seguindo esquema hierárquico (Crawley, 2007) foram aplicadas considerando as estações de coleta chuvosa e seca. Estas análises serviram para remover o efeito de pseudoreplicação e para verificar quais



eram as variáveis explanatórias que mais contribuíam para a variância dos dados para uma determinada variável de resposta. Para tanto, todas as variáveis explanatórias foram consideradas de efeito randômico, com agrupamento da menor para a maior escala (*nested design*). As análises foram feitas utilizando-se a função (comando) “lmer” (*generalized linear mixed-effects model* = modelo de efeito misto linear generalizado) para o ajuste do modelo através do método de Laplace, estimando-se os parâmetros via REML (*restricted maximum likelihood* = máxima verossimilhança restrita), fornecendo os valores da variância e do desvio padrão das variáveis randômicas. Em seguida, as variâncias foram convertidas em porcentagem.

Após a realização das análises de componentes da variância, constatando-se quais variáveis contribuíam de forma relativamente expressiva para a variação dos dados, comparou-se o modelo contendo apenas variáveis randômicas com um modelo de efeito misto (*mixed-effects model*), contendo tanto as variáveis randômicas agrupadas hierarquicamente (efeito randômico) como a variável explanatória de efeito fixo (caráter informativo) que contribuía de forma relevante para a variância. A comparação dos modelos foi feita via análise de variância (Crawley, 2007). Quando os modelos eram diferentes estatisticamente, a escolha do melhor modelo foi feita através do critério de informação de Akaike (*Akaike's Information Criterion-AIC*), em que o menor valor de AIC representava o melhor modelo. O AIC é útil neste tipo de comparação, pois penaliza qualquer parâmetro supérfluo no modelo, sendo apropriado em etapas de simplificação de modelos estatísticos. A função “lme” (*linear mixed-effects model*) foi utilizada como juste em cada modelo para a comparação pela análise de variância. Como os modelos comparados possuíam efeitos fixos diferentes em suas estruturas, o método de ajuste foi mudado de REML para ML (*maximum likelihood*) (Crawley, 2007).

Quando o melhor modelo era aquele contendo uma variável explanatória de efeito fixo, análises de variância foram aplicadas com a estrutura do erro contendo múltiplos termos, seguindo-se uma estrutura de esquema hierárquico para as variáveis randômicas. Por exemplo, se a variável de resposta investigada era “riqueza de espécies” e o melhor modelo que poderia ser utilizado continha a variável explanatória “profundidade” como efeito fixo, então esta variável de resposta era comparada, verificando se existia diferença significativa entre as diferentes profundidades, seguindo-se uma estrutura hierárquica para as variáveis randômicas, ou seja, com

“profundidade” agrupada em “área”, que por sua vez era agrupada em “estágio sucessional” (maior escala).

Para as análises descritas acima, as variáveis de resposta investigadas foram número de plântulas emergentes, riqueza e diversidade de espécies. No caso da riqueza de espécies, as análises foram feitas considerando-se duas escalas espaciais. Na primeira delas todas as amostras em cada profundidade foram consideradas, ou seja, a variabilidade foi investigada na menor escala; na outra escala, as cinco amostras de cada profundidade em cada área foram unidas, formando uma única amostra por profundidade por área, representando a variabilidade na maior escala. O número de plântulas e a diversidade foram analisados considerando apenas a menor e a maior escala, respectivamente. O número de plântulas foi transformado em raiz quadrada e o índice de Shannon-Weaver (Shannon and Weaver, 1949; Magurran, 2003) foi utilizado para o cálculo da diversidade de cada amostra. Na menor escala a hierarquia das variáveis randômicas seguiu, da menor para a maior escala, com “profundidade” agrupada em “área” que por sua vez foi agrupada em “estágio sucessional” (maior escala); o resíduo representou a variabilidade dentro de cada profundidade; já na maior escala, a profundidade passou a não existir explicitamente, e sua variabilidade passou a ser determinada pelo resíduo, portanto, a hierarquia das variáveis randômicas seguiu, da menor para a maior escala, com “área” agrupada em “estágio sucessional” (maior escala). Todas as análises foram feitas separadamente para cada estação, seca e chuvosa.

Para verificar se a coleta de sementes na estação seca e chuvosa influenciou significativamente no número de plântulas, na riqueza e na diversidade de espécies, novas análises foram feitas, seguindo o esquema de seleção de modelos descrito anteriormente. Neste caso, no entanto, a hierarquia das variáveis randômicas seguiu, da menor para a maior escala, com “profundidade” agrupada em “área” que por sua vez foi agrupada em “Estação” (maior escala).

Após a investigação da repartição da variância, seleção de modelos e análises de variância, testes-*t* para amostras dependentes (teste-*t* pareado) foram aplicados (Zar, 1999) quando resultados significativos eram encontrados para uma determinada variável explanatória, verificando-se quais tratamentos diferiam estatisticamente (i.e., 0 a 10cm x 10 a 20cm; 0 a 10cm x Serrapilheira; 10 a 20cm x Serrapilheira). Neste caso, sempre utilizou-se a média das amostras de cada área, obtendo-se um único valor (réplica) por área.

Para verificar se as comunidades eram dominadas por poucas espécies ou se as proporções das espécies eram mais igualmente distribuídas (maior equabilidade), curvas de ranque de abundância (Cain et al., 2011) para as comunidades provenientes dos diferentes estágios sucessionais clareira, construção e madura, foram feitas considerando a estação chuvosa e seca, sem discriminar a profundidade de coleta das amostras. Curvas de ranque de abundância também foram feitas para as comunidades provenientes das profundidades de 0 a 10cm, 10 a 20cm e serrapilheira, considerando a estação chuvosa e seca, sem discriminar o estágio sucessional. Estas curvas também possibilitaram observar a diferença no número de espécies em cada comunidade.

Comparações da similaridade de espécies do banco de sementes foram feitas através de análises de agrupamento hierárquico (*hierarchical clustering analysis*) considerando a distância Euclidiana entre duas amostras (Crawley, 2007). As análises foram elaboradas primeiramente considerando diferentes profundidades e estágios sucessionais em cada estação (seca e chuvosa); em seguida a similaridade foi investigada entre a estação chuvosa e seca. Neste último caso, a profundidade e estágio sucessional não foram considerados. As similaridades foram demonstradas via elaboração de dendogramas (Stiling, 1999). Por fim, a semelhança entre o banco de sementes e a vegetação da parte aérea também foi investigada comparando-se a porcentagem de espécies comuns entre os ambientes.

Todas as análises foram feitas utilizando-se o Sistema R para Windows, versão 2.10.1 (Crawley, 2007, R Development Core Team, 2009).

### 3. Resultados

De forma geral, o banco de sementes amostrado, considerando ambas as estações e todas as profundidades, apresentou 1886 plântulas emergentes, distribuídas em 70 espécies e 34 famílias, com uma predominância de plantas daninhas (Fig. 1) e espécies herbáceas (Fig. 2). Nove espécies foram identificadas apenas como morfoespécies, sem identificação de família. Espécies não lenhosas e lenhosas representaram 54,35% e 45,65% do banco de sementes, respectivamente. As cinco espécies mais abundantes foram *Gnaphalium coarctatum* Willd. (24,50%), *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms (21,10%), *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn. (14,16%), *Cardamine bonariensis* Pers. (7,69%) e *Pereskia aculeata* Mill. (3,76%), pertencentes, respectivamente, as famílias Asteraceae, Phytolacaceae, Portulacaceae, Brassicaceae e Cactaceae. Uma listagem de

todas as espécies amostradas com suas respectivas famílias, contendo o número de plântulas emergentes, encontra-se na Tabela 1 do Anexo.

As análises de componentes da variância mostraram que a maior parte da variância foi explicada pela profundidade em cada área em cada estágio sucessional e pelo resíduo, tanto para o número de plântulas como para a riqueza de espécies. Estes resultados foram obtidos para ambas as estações (Tabela 1). O resíduo foi o que mais contribuiu para a variância, ou seja, grande parte da variabilidade ocorria entre as amostras (Tabela 1). A influência das diferentes profundidades na variabilidade dos dados foi maior na estação seca, contribuindo com 39,2% e 43,5% para o número de plântulas e riqueza de espécies, respectivamente (Tabela 1). As áreas em cada estágio sucessional contribuíram muito pouco para a variância e a variável menos representativa foi os diferentes estágios sucessionais, pois a contribuição para a variância foi praticamente nula na maioria dos casos (Tabela 1).

Como a profundidade foi a variável explanatória que mais contribuiu para a variância após o resíduo, os modelos com apenas variáveis explanatórias de efeito randômico, utilizados para a determinação dos componentes da variância, foram comparados com os modelos contendo a variável explanatória profundidade como de efeito fixo. Os resultados mostraram, tanto para o número de plântulas como para a riqueza de espécies, que os modelos contendo a profundidade como de efeito fixo foram melhores, com resultados significativos e menores valores de AIC (Tabela 2). A análise de variância aplicada em seguida mostrou que houve diferença significativa no número de plântulas e na riqueza de espécies entre as diferentes profundidades, tanto na estação seca como chuvosa (Tabela 3).

Quando a riqueza de espécies foi investigada na maior escala, novamente o que mais contribuiu para a variância foi o resíduo, sendo a variabilidade entre os diferentes estágios sucessionais praticamente nula (Tabela 4). Apesar de a área ter contribuído com 23,2% para a variância (Tabela 4), esta variável é pouco informativa de acordo com os objetivos propostos neste estudo. É importante salientar que neste caso, a variabilidade do resíduo representou a variabilidade entre as profundidades. Na comparação dos modelos com apenas variáveis explanatórias de efeito randômico com os modelos contendo a variável explanatória profundidade como de efeito fixo, verificou-se que os modelos com efeito fixo foram significativamente melhores (Tabela 5). As análises de variância revelaram diferenças significativas entre as diferentes profundidades para ambas as estações (Tabela 6). Resultados semelhantes foram

encontrados quando a diversidade de espécies foi investigada. A maior contribuição para a variância ocorreu no resíduo, ou seja, entre as profundidades (Tabela 7), sendo os modelos com efeito fixo os melhores (Tabela 8) e diferenças significativas foram observadas entre as diferentes profundidades pela análise de variância em ambas as estações (Tabela 9).

Para as comparações entre a estação chuvosa e seca, considerando o número de plântulas e a riqueza de espécies, os resultados de componentes da variância novamente mostraram que o resíduo foi o que mais contribuiu para a variância, seguido pela profundidade em cada área em cada estágio sucessional (Tabela 10). No entanto, para a riqueza de espécies verificou-se que a variável estação teve uma representação relativamente expressiva para a variância, com 16,6% (Tabela 10). Quando os modelos com apenas variáveis randômicas foram comparados com os modelos contendo a estação como de efeito fixo, constatou-se que no caso do número de plântulas o melhor modelo foi aquele contendo apenas variáveis randômicas (Tabela 11). No entanto, no caso da riqueza de espécies, o melhor modelo foi aquele que incluía a estação como efeito fixo (Tabela 11). Na maior escala a contribuição para a variância mais expressiva ocorreu entre as estações, seguida pelo resíduo, considerando tanto a riqueza como a diversidade de espécies (Tabela 12); para ambas as variáveis de resposta, o melhor modelo foi aquele com a inclusão da estação como efeito fixo (Tabela 13). Comparações através das análises de variância mostraram que a riqueza (em ambas as escalas) e a diversidade de espécies diferiram entre a estação chuvosa e seca (Tabela 14).

As comparações pareadas do número médio de plântulas entre as diferentes profundidades de amostragem revelaram, para a estação chuvosa, diferença significativa entre as profundidades de 10-20cm e serrapilheira ( $t = 2,67$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,028$ ), o que não ocorreu nas comparações entre as profundidades de 0-10cm e 10-20cm ( $t = 1,92$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,091$ ), bem como entre 0-10cm e Serrapilheira ( $t = 0,81$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,443$ ) (Fig. 3). Para a estação seca, diferenças significativas foram observadas entre as profundidades de 10-20cm e serrapilheira ( $t = 2,90$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,020$ ) e entre a profundidade de 0-10cm e serrapilheira ( $t = 2,91$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,020$ ), o que não ocorreu na comparações entre as profundidades de 0-10cm e 10-20cm ( $t = 0,31$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,763$ ) (Fig. 3). Considerando os valores médios do número de plântulas entre as estações em cada profundidade, não foram verificadas diferenças significativas (Prof. 0-10cm:  $t = 1,29$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,234$ ; Prof. 10-20cm:  $t = 0,388$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,708$ ; Serrapilheira:  $t = 1,43$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,192$ ) (Fig. 3).

No caso das comparações da riqueza de espécies entre as profundidades, tanto na menor (Fig. 4) como na maior escala (Fig. 5), os resultados mostraram que na estação chuvosa os valores médios diferiram entre todas as combinações pareadas (MENOR ESCALA: 0-10cm x 10-20cm:  $t = 2,93$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,019$ ; 0-10cm x serrapilheira:  $t = 3,17$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,013$ ; 10-20cm x serrapilheira:  $t = 11,04$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$  – MAIOR ESCALA: 0-10cm x 10-20cm:  $t = 4,05$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,004$ ; 0-10cm x serrapilheira:  $t = 4,93$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,001$ ; 10-20cm x serrapilheira:  $t = 9,50$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ); para a estação seca diferenças significativas foram observadas entre as profundidades de 10-20cm e serrapilheira (Menor escala:  $t = 7,72$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ; Maior escala:  $t = 6,53$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ) e entre a profundidade de 0-10cm e serrapilheira (Menor escala:  $t = 5,84$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ; Maior escala:  $t = 7,72$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ), e não entre as profundidades de 0-10cm e 10-20cm (Menor escala:  $t = 1,97$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,084$ ; Maior escala:  $t = 1,51$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,169$ ) (Figs. 4 e 5).

Os valores médios da riqueza de espécies entre as estações em cada profundidade também diferiram estatisticamente tanto na menor (Prof. 0-10cm:  $t = 5,19$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ; Prof. 10-20cm:  $t = 4,40$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,002$ ; Serrapilheira:  $t = 2,32$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,0492$ ) como na maior escala (Prof. 0-10cm:  $t = 5,99$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ; Prof. 10-20cm:  $t = 5,56$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ; Serrapilheira:  $t = 5,71$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ) (Fig. 4 e 5). Resultados idênticos foram observados para a diversidade, pois diferenças significativas foram observadas entre as profundidades de 10-20cm e serrapilheira ( $t = 10,22$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ), entre a profundidade de 0-10cm e serrapilheira ( $t = 4,13$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,003$ ) e entre as profundidades de 0-10cm e 10-20cm ( $t = 3,07$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,015$ ) para a estação chuvosa (Fig. 6); para a estação seca diferenças significativas foram observadas entre as profundidades de 10-20cm e serrapilheira ( $t = 5,45$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ), entre a profundidade de 0-10cm e serrapilheira ( $t = 6,66$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ), mas não entre as profundidades de 0-10cm e 10-20cm ( $t = 1,63$ ;  $gl = 8$ ;  $P = 0,141$ ) (Fig. 6). Os valores médios da diversidade também diferiram entre as estações em cada profundidade (Prof. 0-10cm:  $t = 6,67$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ; Prof. 10-20cm:  $t = 5,93$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ; Serrapilheira:  $t = 7,47$ ;  $gl = 8$ ;  $P < 0,001$ ) (Fig. 6).

Constatou-se que as comunidades provenientes de diferentes estágios sucessionais foram dominadas por poucas espécies, tanto na estação chuvosa como seca, com muitas espécies consideradas raras (Figs. 7 e 8), o mesmo sendo observado para as diferentes profundidades (Fig. 9 e 10). Na estação chuvosa, as espécies *T. paniculatum*, *G. coarctatum*, *C. bonariensis*, *P. aculeata* e *Buddleja stachyoides* Cham. & Schltdl.

predominaram no estágio sucessional clareira; para o estágio construção as espécies *C. bonariensis*, *G. coarctatum*, *P. aculeata*, *Aloysia virgata* (Ruiz & Pav.) Pers. e *T. paniculatum* foram dominantes e, para o estágio madura, as espécies que predominaram foram *G. coarctatum*, *T. paniculatum*, *C. bonariensis*, *B. stachyoides* e *Erechtites hieraciifolius* (L.) Raf. ex DC.. Na estação seca, as espécies predominantes foram *G. integrifolia*, *G. coarctatum*, *T. paniculatum*, *A. virgata* e *Ficus guaranitica* Chodat para o estágio sucessional clareira; para o estágio construção as espécies predominantes foram *G. coarctatum*, *G. integrifolia*, *T. paniculatum*, *Roupala brasiliensis* Klotzsch e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan e, para o estágio madura predominaram as espécies *G. integrifolia*, *G. coarctatum*, *T. paniculatum*, *Chamaesyce hirta* (L.) Millsp. e *P. rigida* (Tabela 1 – Anexo).

No caso das diferentes profundidades, para a estação chuvosa as espécies que predominaram na profundidade de 0-10cm foram *G. coarctatum*, *C. bonariensis*, *T. paniculatum*, *B. stachyoides* e *Solanum americanum* Mill.; as espécies que predominaram na profundidade de 10-20cm foram *T. paniculatum*, *C. bonariensis*, *G. coarctatum*, *B. stachyoides* e *Trema micrantha* (L.) Blume e, para a serrapilheira, as espécies que predominaram foram *P. aculeata*, *G. coarctatum*, *C. bonariensis*, *A. virgata* e *E. hieraciifolius*. Na estação seca, as espécies que predominaram na profundidade de 0-10cm foram *G. coarctatum*, *T. paniculatum*, *C. bonariensis* e *Solanum mauritianum*; na profundidade de 10-20cm as espécies que predominaram foram *G. coarctatum*, *T. paniculatum* e *C. hirta* e, na serrapilheira, predominaram as espécies *G. integrifolia*, *G. coarctatum*, *A. virgata*, *P. rigida* e *R. brasiliensis* (Tabela 1 – Anexo).

A ausência de diferença significativa na diversidade de espécies entre os diferentes estágios sucessionais se deu, provavelmente, devido à grande semelhança na abundância proporcional entre as comunidades em ambas as estações, apesar de ocorrerem diferenças no número de espécies (Figs. 7 e 8). Por exemplo, na estação chuvosa foram amostradas 43, 38 e 30 espécies para os estágios sucessionais clareira, madura e construção, respectivamente (Fig. 7); na estação seca foram amostradas 19 espécies para os estágios sucessionais clareira e construção e 16 espécies para o estágio madura (Fig. 8). Estas diferenças no número de espécies entre as estações justificam as diferenças significativas observadas na riqueza e na diversidade de espécies entre as estações (Figs. 4 a 6). No que diz respeito às diferentes profundidades, verificou-se um maior número de espécies na serrapilheira em ambas as estações (Figs. 9 e 10),

corroborando com as diferenças significativas observadas anteriormente (Figs. 4 a 6). Na estação chuvosa foram amostradas 47, 34 e 27 espécies para as profundidades serrapilheira, 0-10cm e 10-20cm, respectivamente (Fig. 9); na estação seca foram amostradas 20, 14 e 8 espécies para as profundidades serrapilheira, 0-10cm e 10-20cm, respectivamente (Fig. 10). Como acima, diferenças no número de espécies entre as estações explicam as diferenças significativas observadas na riqueza e na diversidade de espécies entre as estações (Figs. 4 a 6).

A composição do banco de sementes foi mais similar entre as profundidades mais próximas, ou seja, as profundidades de 0-10cm e 10-20cm continham mais espécies em comum do que a serrapilheira em ambas as estações, embora diferenças na composição não tenham sido muito marcantes (Fig. 11). No entanto, na estação chuvosa, houve uma tendência de dois grandes agrupamentos (*clusters*) terem surgido em virtude da maior semelhança na composição de espécies provenientes do estágio sucessional clareira, pois sete das nove amostras pertencentes a este estágio sucessional ocorreram em um grande agrupamento (Fig. 11a). Na estação seca, não foi verificada a formação de agrupamentos caracterizando similaridades entre os estágios sucessionais. As diferenças mais marcantes, geradas pela formação de pequenos agrupamentos distintos, ocorreram devido à maior similaridade entre as profundidades mais próximas, com serrapilheira sendo menos similar às demais (Fig. 11b). Considerando a comparação da composição do banco de sementes entre as estações, constatou-se uma maior similaridade dentro de cada estação, uma vez que oito das nove amostras provenientes da estação chuvosa foram incluídas em um grande agrupamento distinto (Fig. 12).

As espécies que foram comuns a parte aérea e ao banco de sementes foram *Acacia polyphylla*, *Diatenopteryx sorbifolia*, *Gallesia integrifolia*, *Jacaratia spinosa*, *Parapiptadenia rigida* e *Urera baccifera*, representando 20,7% das espécies presentes na parte aérea, mas apenas 8,6% das espécies ocorrentes no banco de sementes. Conseqüentemente, a sobreposição da parte aérea com o banco de sementes foi baixa. A espécie *G. integrifolia*, que foi segunda mais abundante no banco de sementes (398 indivíduos), foi representada na parte aérea por apenas um indivíduo, reforçando a baixa semelhança entre os dois ambientes.



#### 4. Discussão

Entre as plantas encontradas a forma de vida predominante foi à herbácea. A predominância deste grupo, em ambos as estações, e a reduzida contribuição de espécies lenhosas no banco de sementes, também foram relatados por outros autores (Siqueira, 2002; Grombone-Guaratini et al., 2004; Araújo et al., 2004). Segundo Christoffoleti & Caetano (1998), plantas oportunistas podem acelerar seu ciclo de reprodução liberando um maior número de sementes em um menor período, proporcionando um acúmulo de sementes no local, além de responderem positivamente às mais diversas alterações ambientais (distúrbio e estresse). Conforme Araújo et al. (2001), a distribuição das formas de vida no banco reflete a pressão exercida no ambiente, em escala microregional, pelas atividades realizadas no entorno dos fragmentos florestais. Desta forma, a predominância de sementes de espécies herbáceas no banco de sementes é comum em áreas fragmentadas que sofreram distúrbios antrópicos intensos no passado ou em fragmentos ainda susceptíveis a tais situações (Butler & Chazdon, 1998; Baidier et al., 2001; Araújo et al., 2004; Martins & Engel, 2007; Neto et al., 2007). O número elevado de espécies herbáceas pode acarretar problemas com o passar dos anos para reocupação de pequenas clareiras que surgem por morte natural dos indivíduos de espécies pioneiras, dificultando a “cicatrização” dessas áreas ou causando inibição na sucessão, pois essas espécies apresentam rápido desenvolvimento e grande agressividade (Gubert-Filho, 1993).

Siqueira (2002), estudando banco de sementes em duas áreas restauradas no Estado de São Paulo, constatou que de um total de 1077 indivíduos germinados do banco de sementes amostrado em Piracicaba, 81,3% eram espécies herbáceas e apenas 18,7% eram representadas por espécies arbóreas. Em Iracemápolis, de um total de 2122 indivíduos amostrados, 81,9% eram plantas herbáceas e 17,1% eram arbóreas. A predominância de plantas herbáceas estaria relacionada com o tipo de história de vida destas plantas, que podem produzir grandes quantidades de sementes, à facilidade de dispersão, sendo pontos que podem facilitar a entrada e a incorporação ao solo. Segundo Vinha (2008) muitas dessas espécies possuem sementes pequenas com maior facilidade de incorporação no solo e costumam proliferar rapidamente, apresentando vantagens adaptativas por sofrerem menor pressão de predação; são aptas a suportar condições adversas, tolerar variações consideráveis de temperatura, suportam tanto ambientes úmidos e secos, são rústicas, heliófitas e pouco exigentes quanto às condições edáficas

(Souza et al., 2006). No presente estudo, o banco de sementes foi representado principalmente por espécies herbáceas, corroborando com estes estudos.

Por outro lado, no caso das comparações da riqueza e a diversidade de espécies com as profundidades e entre estações, independentemente da escala utilizada menor ou maior, os resultados mostraram diferenças entre os valores médios. Diferenças na densidade de sementes entre as estações também foram relatadas por Martins & Engel (2007), Grombone-Guaratini et al. (2004) e Flores & Dezzeo (2005), sendo maiores na estação seca. Porém os resultados encontrados por Siqueira (2002) para pastagens degradadas, não foram os mesmos, tendo uma maior riqueza e diversidade na estação chuvosa. Williams et al. (2005), em uma área de floresta seca no Nordeste da Austrália, observaram que a densidade de plântulas e a riqueza de espécies foram maiores no final da estação seca e reduziram-se significativamente na estação chuvosa. A maior taxa de dispersão das sementes durante a época seca provavelmente explica a maior abundância de sementes nesta época. Outra explicação seria a predominância de condições ambientais favoráveis para a germinação durante o verão quente e chuvoso, reduzindo a quantidade de sementes no solo (Garwood, 1989; Daws et al., 2005), ou também devido a uma maior mortalidade das sementes por fungos na estação chuvosa (Janzen & Vázquez-Yanes, 1990; Dalling et al., 1998).

Apesar de diversos estudos terem constatado uma maior abundância de sementes durante a estação seca, no presente estudo maiores valores de abundância de plântulas, riqueza e diversidade de espécies ocorreu na estação chuvosa. A área utilizada neste estudo está localizada associada a áreas abertas ou em início de sucessão, estando, portanto, sujeita a invasão constante de espécies herbáceas, que são capazes de frutificar precocemente e de forma abundante, aumentando o número de sementes no banco e sendo mais freqüentes que as espécies pioneiras. De acordo com Janzen & Vázquez-Yanes (1990), áreas localizadas perto de áreas abertas ou início de sucessão estão geralmente mais sujeitas a sofrerem invasões dessas espécies. É possível que a predominância de espécies herbáceas pioneiras ocorrentes no entorno do fragmento estudado tenha servido como fonte de sementes, principalmente durante a estação chuvosa, quando estas plantas encontram condições favoráveis para o desenvolvimento, já que apresentam ciclo de vida curto, alta produção de sementes e mecanismos eficientes de dispersão (Morellato et al., 2000). Além disso, por ser floresta semidecídua, em que a maioria das espécies vegetais perde as folhas durante a estação seca, o aumento da luminosidade nos níveis inferiores do dossel nesta época poderia

criar condições favoráveis para a germinação, reduzindo o número de sementes no banco (Gandolfi, 2000; Martins, 2010).

A maior abundância e riqueza de espécies encontradas na estação chuvosa justificam a maior diversidade de espécies encontrada nesta estação, uma que vez que as comunidades foram dominadas por poucas espécies, contendo muitas espécies raras, com baixa abundância relativa. Este padrão foi evidenciado pelas curvas de rank abundância, que demonstraram grande sobreposição entre os estágios sucessionais e entre as diferentes profundidades. Neste último caso, a serrapilheira apresentou um maior número de plântulas, maior riqueza e diversidade, tanto na estação seca como chuvosa, corroborando com outros estudos que mostram um maior número de indivíduos e espécies entre a superfície e até 5 cm de profundidade (Roizman, 1993; Sheres & Jarenkow, 2006).

Geralmente, grande parte da riqueza de espécies da flora regional difere, em parte, da riqueza encontrada no banco de sementes (Tabarelli & Mantovani, 1999). Segundo Soares (2009) a riqueza de espécies da família Asteraceae no banco de sementes pode ser positivo, pois são importantes para a regeneração da vegetação. As asteráceas também exercem outras funções importantes, como atração de insetos polinizadores e servem de alimento para herbívoros, mas o seu principal papel ecológico está na formação da serrapilheira e acumulação de matéria orgânica (Bechara et al., 2007). No presente estudo, a espécie predominante pertence a família Asteraceae (*G. coarctatum*), indicando que esta espécie pode então ser fundamental para a regeneração da vegetação, pois ocorreu nas diferentes profundidades investigadas. A presença dos gêneros *Aloysia* e *Cecropia* na composição do banco de sementes do solo também sugerem que são relevantes para a regeneração, pois são citados como característicos de processos sucessionais e também são freqüentemente encontrados em estudos de banco de sementes em florestas neotropicais (Roizman, 1993; Baider et al., 1999, 2001; Araújo et al., 2001; Nave, 2005).

Apesar da presença de algumas espécies arbóreas pioneiras no banco de sementes, que são importantes na sucessão florestal (Roizman, 1993; Baider et al., 1999; Nave, 2005), este estudo corrobora com os resultados de Martins & Engel (2007), pois houve predominância de espécies herbáceas provenientes de fontes externas ao fragmento e baixa representatividade de espécies pioneiras, havendo, portanto, evidências de perda de resiliência deste ecossistema. Estratégias de regeneração deste ecossistema seriam então fundamentais para a recuperação do banco de sementes, que possibilitariam,

futuramente, a manutenção das florestas semidecíduais, já que o banco de sementes não mostrou ser um mecanismo eficiente para o processo de regeneração (Grombone-Guaratini et al., 2004; Martins & Engel, 2007).

Os diferentes estágios sucessionais contribuíram muito pouco para a variação no banco de sementes. Esta ausência de diferença pode ter ocorrido porque as sementes da maioria das espécies encontradas são pequenas, sendo capazes de penetrarem por pequenas aberturas na vegetação, mesmo com baixa incidência de ventos (Martins 2010). Esta capacidade poderia explicar, por exemplo, a presença da *Thypha angustifolia* no banco de sementes, cujo diásporo, muito delicado e leve, é disperso pelo vento. Devido ao predomínio de espécies daninhas herbáceas, diferentes estágios sucessionais não interferiram no processo de formação do banco de sementes, o que foi evidenciado pela ausência de similaridade na composição de espécies, embora tenha ocorrido uma tendência de similaridade no estágio de clareira. A similaridade no banco de sementes foi, na verdade, determinada pela profundidade de amostragem, ou seja, as profundidades de 0-10cm e 10-20cm continham mais espécies em comum do que a serrapilheira em ambas as estações.

Como esperado, o grau de similaridade encontrado entre a vegetação local e o banco de sementes foi baixa, corroborando com outros estudos (Figliolia et al., 2004; Siqueira et al., 2004; Sherer & Jarenkow, 2006; Martins, 2009; Laurito, 2010). As áreas utilizadas para amostragem do banco de sementes apresentaram predominância de espécies que não ocorrem na vegetação local, o que foi comprovado pela baixa sobreposição de espécies entre os ambientes. Teoricamente, estas espécies poderiam competir com algumas espécies arbóreas, pois estão presentes no banco de sementes de forma significativa e apresentam potencial invasivo.

## Referências Bibliográficas

- Aguiar, I.B., Piña-Rodrigues, F.C.M., Figliolia, M.B., 1993. Sementes florestais tropicais. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes/Comitê Técnico de Sementes Florestais, Brasília. 312-320.
- Almeida-Cortez, J.S., 2004. Dispersão e Banco de Sementes. In: Ferreira, A.G., Borghetti, F. (Orgs.) Germinação do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 225-236.
- Alvarez-Aquino, C., Williams-Linera, G., Newton, A.C., 2005. Disturbance effects on the seed bank of Mexican Cloud Forest Fragments. *Biotropica*, 37, 337-342.
- Araujo, M.M., Longhi, S.J., Barros, P.L.C., Brena, D.A., 2004. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes no solo e banco de plântulas em floresta estacional decidual ripária Cachoeira do Sul, RS, Brasil. *Sci. For.* 66, 128-141.
- Araujo, M.M., Oliveira, F.A., Vieira, I.C.G, Barros, P.L.C., Lima, C.A.T., 2001. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de florestas sucessionais na região do Baixo Rio Guamá, Amazônia Oriental. *Sci. For.* 59, 115-130.
- Baider, C., Taabarelli, M., Mantovani, W., 2001. The soil seed bank during Atlantic forest regeneration in southeast Brazil. *Rev. Bras. Biol.* 61, 35-44.
- Baider, C., Tabarelli, M., Mantovani, W., 1999. O banco de sementes de um trecho de uma Floresta Atlântica Montana (São Paulo - Brasil). *Rev. Bras. Biol.* 59, 319-328.
- Bazzaz, F.A., 1996. Plants in changing environments: linking physiological, population, and community ecology. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bechara, F.C., Campos Filho, E.M., Barretto, K.D., Gabriel, V.A., Antunes, A.Z., Reis, A., 2007. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. *Rev. Bras. Bioc.* 5, 9-11.
- Brokaw, N.V.L., 1985. Gap - Phase Regeneration in a Tropical Forest. *Ecology*. 66, 682-687.
- Butler, B.J., Chazdon, R.L., 1998. Species richness, spatial variation, and abundance of soil seed bank of a secondary tropical rain forest. *Biotropica*. 30, 214-222.
- Cain, M.L., Bowman, W.D., Hacker, S.D., 2008. *Ecology*. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

- Calegari, L., 2009. Estudo sobre o banco de sementes do solo, resgate de plântulas e dinâmica da paisagem para fins de restauração florestal, Carandaí, MG. Tese (Doutorado), UFV, Viçosa.
- Carvalho, L.R., Silva, E.A.A., Davide, A.C., 2006. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. *Rev. Bras. Sem.* 28, 15-25.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J., 2000. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4ed. Jaboticabal: FUNEP.
- Chambers, J.C., MacMahon, J.A., 1994. A Day in the Life of a Seed: Movements and Fates of Seeds and Their Implications for Natural and Managed Systems. *Ann. Rev. Eco. Syst.* 25: 263-292.
- Christoffoleti, P.J., Caetano, R.S.V., 1998. Soil seed Banks. *Sci. Agríc.* 55. 74-78.
- Clark, D.B., 1990. The role of disturbance in the regeneration of neotropical rain forests. In: Bawa, K. S. & Hadley, M. (eds.). *Reproductive ecology of tropical forest plants. Man and the Biosphere Series.* UNESCO, The Parthenon Publishing Group, Paris.
- Costa, R.C., Araújo, F.S., 2003. Densidade, germinação e flora do banco de sementes do solo no final da estação seca, em uma área de Caatinga, Quixadá, CE. *Acta Bot. Bras.* 17, 259-264.
- Crawley, M.J., 2007. *The R book.* Chichester: J. Wiley, 950 p.
- Csontos, P., Tamas, J., 2003. Comparisons of soil seed bank classification systems. *Seed Sci. Res.* 13, 101-111.
- Cunha, A.R., Martins, D., 2009. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel - SP. *Irriga* 14, 1-11.
- Dalling, J.W., Swaine, M.D., Garwood, N.C., 1998. Dispersal patterns and seed bank dynamics of Pioneer trees in moist tropical forest. *Ecology.* 79, 564-578.
- Dalling, J.W., Lovelock, C.E., Hubbell, S.P., 1999. Growth responses of seedling of two neotropical Pioneer species to simulated forest gap environments. *J. Trop. Ecol.* 15: 827-839.
- Daws, M., Pearson, T.R.H., Burslem, D.F.R.P., Mullins, C.E., Dalling, J.W., 2005. Effects of topographic position, leaf litter and seed size on seedling demography in a semi-deciduous tropical forest in Panamá. *Plant Ecol.* 179, 93-105.

- Daws, M.I., Burslem, D.F.R.P., Crabtree, L.M., Kirkman, P., Mullins, C.E., Dalling, J.W., 2002. Deference in seed germination responses may promote coexistence of four sympatric *Piper* species. *Func. Ecol.* 16, 258-267.
- Felfili, J.M., Silva-Júnior, M.C., Sevilha, A.C., Fagg, C.W., Walter, B.M.T., Nogueira, P.E. & Rezende, A.V., 2004. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in central Brazil. *Plant Ecol.* 175, 37-46.
- Felfili, J.M., Nascimento, A.T., Fagg, C.W., Meirelles, E.M., 2007. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. *Rev. Bras. Bot.* 30, 611-621.
- Flores, S., Dezzeo, N., 2005. Variaciones temporales en cantidad de semillas en el suelo y en lluvia de semillas en un gradiente bosque-sabana en la gran sabana, Venezuela. *Inci.* 30, 39-43.
- Figliolia, M.B., Fanco, G.A.D.C., Biruel, R.P., 2004. Banco de sementes do solo e potencial de regeneração de Área Ripária alterada, em Paraguaçu Paulista, SP. In: Vilas Boas, O., Durigan, G. (Org.). Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultado da cooperação Brasil/Japão. São Paulo: IF, Jica, 181-197.
- Fonseca, R.C.B., Rodrigues, R.R., 2000. Análise estrutural e aspectos do mosaico sucessional de uma floresta semidecídua em Botucatu, SP. *Sci. For.* 57, 27-43.
- Fonseca, R.C.B., Fonseca, I.C.B., 2004. Utilização de métodos estatísticos multivariados na caracterização do mosaico sucessional em floresta semidecidual. *Rev. Árvore* 28, 351-359.
- Freitas, G.K., Pivello, V.R., 2005. A ameaça das gramíneas exóticas à biodiversidade. In: Pivello, V.R., Varanda, E.M. (Ed.). O cerrado Pé-de-Gigante: ecologia e conservação – Parque Estadual de Vassununga. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente, 240-270.
- Gandolfi, S., 2000. História natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil). 2000. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas.
- Gandolfi, S., 2003. Regimes de luz em florestas estacionais semidecíduais e suas possíveis conseqüências. In *Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação* (V.C. Sales, org.). Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, 305-311.

- Garwood, N.C., 1989. Tropical soil seed banks: a review. In: Ecology of soil seed banks (M.A. Leck, V.T. Parker & R.L. Simpson, eds.). Academic Press, San Diego, 149-209.
- Grombone-Guaratini, M.T. 1999. Dinâmica de uma floresta estacional semidecidual: o banco, a chuva de sementes e o estrato de regeneração. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas.
- Grombone-Guaratini, M.T., Leitão-Filho, H.F., Kageyama, P.Y., 2004. The seed bank of a gallery forest in Southeastern Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 47, 793–797.
- Gubert-Filho, F.A., 1993. O desflorestamento do estado do Paraná em um século. *Anais da Conferencia do Mercosul sobre Meio Ambiente e Aspectos Transfronteiriços*. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná. p. 61-69.
- Harper, J.L., 1977. Population biology of plants. New York, Academic Press.
- Janzen, D.H., Vázquez-Yanes, C., 1990. Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wildlands. In: Gómez-Pompa, A., Whitmore, T.C., Hadley, M. (Eds.), *Rain Forest Regeneration and Management*. UNESCO, The Parthenon Publishing Group, Paris.
- Jorge, L.A.B., Sartori, M.S., 2002. Uso do solo e análise temporal da ocorrência de vegetação natural na Fazenda Experimental Edgardia, em Botucatu-SP. *Rev. Árvore* 26, 585-592.
- Laurito, S.F., 2010. Estudo Do potencial de regeneração de uma floresta estacional semidecídua, São Paulo, Brasil. Tese (doutorado) Universidade Federal de São Carlos.
- Lawlor, D.W., 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Ann. Bot.* 89, 871-885.
- Leal-Filho, N., Borges, E.E.L., 1992. Influência da temperatura e da luz na germinação de sementes de canudo de pito (*Mabea fistulifera* Mart.). *Rev. Bras. Sem.* 14, 57-60.
- Leck, M.A., Parker, V.T., Simpson, R.L., 1989. *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, London, 462p.
- Luzuriaga, A.L., Escudero, A., Olano, J.M., Loidi, J., 2005. Regenerative role of seed banks following an intense soil disturbance. *Acta Oecologica* 27, 57-66.
- Magurran, A.E. 2003. *Measuring biological diversity*. Cornwall, UK: Blackwell.



- Maia, F.C., 2002. Padrões de variação do banco de sementes do solo em função de fatores edáficos e da vegetação de um campo natural. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Maia, G.N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades, São Paulo: Leitura e Arte, 2004. 413p.
- Mamede, M.A., Araújo F.S., 2008. Effects of slash and burn practices on a soil seed bank of caatinga vegetation in Northeastern Brazil. *J. Arid Environ.* 72, 458–470.
- Martínez-Ramos, M., Soto-Castro, A., 1993. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. *Vegetatio*, 107/108: 299-318.
- Martins, A.M., Engel, V.L., 2007. Soil seed banks in tropical forest fragments with different disturbance histories in southeastern Brazil. *Ecological Engineering*. 31: 165-174.
- Martins, S.V., 2001. Recuperação de matas ciliares. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 146p.
- Martins, S.V., 2009. Soil seed bank as indicator of forest regeneration potential in canopy gaps of a semideciduous forest in Southeastern Brazil. In: Fournier, M.V (Ed.) *Forest regeneration: ecology, management and economics*. New York, Nova Science Publishers. 113-128.
- Martins, L.A., 2010. Estrutura e dinâmica sucessional de um fragmento de floresta estacional semidecidual com diferentes históricos de perturbação. Dissertação- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
- Melo, F.P.L., Neto, A.V.A., Simabukuru, E.A., Tabarelli, M., 2004. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. In: Ferreira, A.G., Borghetti, F. (orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed: Porto Alegre. 237-250.
- Morellato, L.P.C., Talora, D.C., Takahasi, A., Bencke, C.C., Romera, E.C., 2000. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica* 32, 811-823.
- Nave, A.G., 2005. Banco de sementes autóctone e alóctone, resgate de plantas e plantio de vegetação nativa na Fazenda Intermontes, Município de Ribeirão Grande, SP. Tese (Doutorado em Recursos Florestais)- Universidade de São Paulo-USP, Piracicaba.
- Neto, J.P.B., Reis, M.G.F., Reis, G.G., Silva, A.F., Cacau, F.V., 2007. Banco de sementes do solo de uma Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, Minas Gérias. *Ci. Fl.* 17, 311-320.

- Ning, L., G., F., Changyan, T., 2007. Characteristics and dynamics of the soil seed bank at the north edge of Taklimakan Desert. *Science in China Series D: Earth Sciences*. 50, 122-127.
- Oliveira Junior, R.S., Constantin, J., 2001. Plantas daninhas, seu manejo. Guaíba, Agropecuária.
- Ortega, V.R., Engel, V.L., 1992. Conservação da biodiversidade em remanescentes de mata atlântica na região de Botucatu, SP. *Rev. Inst. Florestal* 4, 834-852.
- Pearson, T.R.H., Burslem, D.F.R.P., Mullins, C.E., Dalling, J.W., 2003. Functional significance of photoblastic germination in neotropical pioneer trees: a seed's eye view. *Functional Ecology* 17, 394-402.
- R Development Core Team. R, A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2009. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 10 set. 2011.
- Roizman, L.G., 1993, Fitossociologia e dinâmica do banco de sementes de populações arbóreas de floresta secundária em São Paulo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, São Paulo, SP.
- Santos, D.M., Silva, K.A., Santos, J.M.F.F., Lopes, C.G.R., Pimentel, R.M.M., Araújo, E.L., 2010. Variação espaço-temporal do banco de sementes em uma área de floresta tropical seca (caatinga) – Pernambuco. *Rev. Geografia*. 27, 234-253.
- Shannon, C., Weaver, W. The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press, 1998. (primeira edição: 1949).
- Sherer, C., Jarenkow, J.A., 2006. Banco de sementes de espécies arbóreas em floresta estacional no Rio Grande do Sul. Brasil. *Rev. Bras. Bot.* 29, 67-77.
- Siqueira, L.P., 2002. Monitoramento de áreas restauradas no interior do Estado de São Paulo, Brasil. Dissertação (Dissertação em Recursos Florestais)- Universidade de São Paulo-USP, Piracicaba.
- Siqueira, L.P., Matos, M.B., Silva Matos, D.M., Portela, R.C.Q., Braz, M.I.G., Silva-Lima, L., 2004. Using the variances of microclimate variables to determine edge effects in small forest fragments of Atlantic Rain Forest, South-eastern Brazil. *Ecotropica* 10, 59-64.

- Soares, S.M.P., 2009. Banco de sementes, chuva de sementes e o uso de técnicas de nucleação na restauração ecológica de uma clareira dominada por *Melinis minutiflora* P. Beauv. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada à Conservação e Manejo de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
- Souza, P.A., Venturin, N., Griffith, J.J., Martins, S.V., 2006. Avaliação do banco de sementes contido na serrapilheira de um fragmento florestal visando a recuperação de áreas degradadas. *Cerne* 12, 56-67.
- Stiling, P.D., 1999. Ecology: theories and applications. Prentice Hall, New Jersey, NJ.
- Swaine, M., 2001. Protocol for assay of soil seed banks. In: Proceedings of the Euroworkshop on Functional Groups in Tropical Forest Trees. Available at [http://www.nbu.ac.uk/tropical/SSBprotocol\\_Swaine.doc](http://www.nbu.ac.uk/tropical/SSBprotocol_Swaine.doc) (accessed April 10, 2011).
- Tabarelli, M.; Mantovani, W., 1999. A regeneração de uma floresta tropical Montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). *Rev. Bras. Biol.* 59: 239-250.
- Thompson, K., Bakker, J., Bekker, R., 1997. The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge.
- Viana, V.M., 1990. Seed and seedling availability as a basis for management of natural Forest regeneration. In: A.B. Anderson. Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon Rain Forest. New York, Columbia University Press. 99-115.
- Vinha, D., 2008. Banco de sementes em áreas com diferentes graus de perturbação no Parque Estadual das fontes do Ipiranga, em São Paulo, SP. Dissertação de mestrado, Instituto de Botânica as Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo.
- Walck, J.L., Baskin, J.M., Baskin, C.C., Hidayati, S.N., 2005. Defining transient and persistent seed banks in species with pronounced seasonal dormancy and germination patterns. *Seed Sci. Res.* 15, 189-196.
- Williams, P.R., Congdon, R.A, Grice, A.C, Clarke, P.J., 2005. Germinable soil seed banks in a tropical savanna: seasonal dynamics and effects of fire. *Austral Ecol.* 30, 79–90.
- Whitmore, T.C., 1982. On pattern and process in forests. In: Newman, E.I. – The plant community as a working mechanism. Oxford, Blackwell, 45-59.
- Whitmore, T.C., 1990. An introduction to tropical rain forest. Oxford, Clarendon Press.

- Whitmore, T.C., 1996. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry. In: Swaine, M.D. (ed.). The ecology of tropical forest tree seedlings. UNESCO/Parthenon, Paris/Carnforth. 3-39.
- Zar, J.H., 1999. Bioestatistical Analysis. 4. Ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 663p.

Tabela 1. Análise de componentes da variância seguindo esquema hierárquico, com agrupamento da menor para a maior escala, considerando as estações de coleta chuvosa e seca. Todas as variáveis explanatórias foram consideradas de efeito randômico (Profundidade, Área e Estágio Sucessional), com o número de plântulas e a riqueza de espécies como variáveis de resposta.

Estação	Variável de resposta	Agrupamento hierárquico*†	Desvio padrão	Variância	Variância (%)
Chuvosa	Nº de plântulas	Prof/Área/Suc	0,281	0,079	7,416
		Área/Suc	0,183	0,034	3,160
		E. Sucessional	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
		Resíduo	0,974	0,949	89,424
	Riqueza de espécies	Prof/Área/Suc	$7,050 \times 10^{-1}$	$4,970 \times 10^{-1}$	15,033
		Área/Suc	$4,015 \times 10^{-1}$	$1,612 \times 10^{-1}$	4,876
		E. Sucessional	$5,077 \times 10^{-8}$	$2,578 \times 10^{-15}$	$7,796 \times 10^{-14}$
		Resíduo	1,627	2,648	80,091
Seca	Nº de plântulas	Prof/Área/Suc	0,863	0,744	39,205
		Área/Suc	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
		E. Sucessional	0,260	0,068	3,573
		Resíduo	1,042	1,086	57,221
	Riqueza de espécies	Prof/Área/Suc	0,878	0,770	43,504
		Área/Suc	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
		E. Sucessional	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
		Resíduo	1,0	1,0	56,496

\*O símbolo “/” significa um agrupamento: Prof/Área/Suc=“Profundidade” está dentro de “Área” que por sua vez está dentro de “Estágio Sucessional”.

†Nº of observações: 135; grupos: Suc/Área/Prof=27; Suc/Área=9; Suc=3.

Tabela 2. Análise de variância, comparando os modelos com apenas variáveis explanatórias de efeito randômico com os modelos contendo a variável explanatória profundidade como de efeito fixo (modelo de efeito misto). Em ambos os modelos, seguiu-se esquema hierárquico para as variáveis randômicas (Profundidade, Área e Estágio Sucessional), com agrupamento da menor para a maior escala, considerando as estações de coleta chuvosa e seca. As variáveis de resposta investigadas em ambos os modelos foram o número de plântulas e a riqueza de espécies.

Estação	Modelo*	GL	AIC <sup>†</sup>	BIC	logLik	L.Ratio	<i>P</i>
Chuvosa	SEF (1)	5	397,224	411,750	-193.612		
	CEF (1)	7	394,410	414,747	-190.205	6.814	0,033
	SEF (2)	5	544,870	559,396	-267,435		
	CEF (2)	7	527,228	547,565	-256,614	21,642	<0,001
Seca	SEF (1)	5	444,640	459,166	-217,320		
	CEF (1)	7	434,810	455,147	-210,405	13,830	0,001
	SEF (2)	5	434,728	449,254	-212,364		
	CEF (2)	7	399,998	420,335	-192,999	38,730	<0,001

\*SEF=Sem Efeito Fixo; CEF=Com Efeito Fixo. (1)=Nº de plântulas como variável de resposta; (2)= Riqueza de espécies como variável de resposta.

<sup>†</sup>O modelo que apresenta o menor valor de AIC (Akaike's Information Criterion) é o melhor modelo. A comparação dos modelos foi feita usando-se o método de ajuste "ML" (maximum likelihood).

Tabela 3. Análise de variância, com a estrutura do erro contendo múltimos termos, comparando-se o número de plântulas e a riqueza de espécies entre as diferentes profundidades (variável de efeito fixo). No erro, seguiu-se uma estrutura de esquema hierárquico para as variáveis randômicas (Profundidade, Área e Estágio Sucessional), com agrupamento da menor para a maior escala, considerando as estações de coleta chuvosa e seca.

Estação	Variável de resposta*	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Seca	NP	Profundidade	2	50.512	25.256	7.111	0.006
		Resíduo	16	56.825	3.552		
	RE	Profundidade	2	96,1	48,0	36,35	<0,001
		Resíduo	16	21,1	1,3		
Chuvosa	NP	Profundidade	2	7.623	3.812	3.687	0.0482
		Resíduo	16	16.543	1.034		
	RE	Profundidade	2	69,5	34,8	24,32	<0,001
		Resíduo	16	22,9	1,4		

\*NP=Nº de plântulas; RE=Riqueza de espécies.

Tabela 4. Análise de componentes da variância seguindo esquema hierárquico, com agrupamento da menor para a maior escala, considerando as estações de coleta chuvosa e seca. Todas as variáveis explanatórias foram consideradas de efeito randômico (Área e Estágio Sucessional), com a riqueza de espécies como variável de resposta. Para a estimativa da riqueza, considerou-se uma única amostra por profundidade por área (maior escala).

Estação	Variável de resposta	Agrupamento hierárquico*†	Desvio padrão	Variância	Variância (%)
Chuvosa	Riqueza de espécies	Área/Suc	1,911	3,651	23,164
		E. Sucessional	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
		Resíduo	3,480	12,111	76,836
Seca	Riqueza de espécies	Área/Suc	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
		E. Sucessional	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
		Resíduo	2.7211	7.4046	100

\*O símbolo “/” significa um agrupamento: Área/Suc=“Área” está dentro de “Estágio Sucessional”. †Nº of observações: 27; grupos: Suc/Área=9; Suc=3.

Tabela 5. Análise de variância, comparando os modelos com apenas variáveis explanatórias de efeito randômico com os modelos contendo a variável explanatória profundidade como de efeito fixo (modelo de efeito misto). Em ambos os modelos, seguiu-se esquema hierárquico para as variáveis randômicas (Área e Estágio Sucessional), com agrupamento da menor para a maior escala, considerando as estações de coleta chuvosa e seca. A riqueza de espécies foi a variável de resposta investigada. Para a estimativa da riqueza, considerou-se uma única amostra por profundidade por área (maior escala).

Estação	Modelo*	GL	AIC <sup>†</sup>	BIC	logLik	L.Ratio	<i>P</i>
Chuvosa	SEF	4	156,702	161,885	-74,351		
	CEF	6	127,450	135,225	-57,725	33,251	<0,001
Seca	SEF	4	137,660	142,844	-64,830		
	CEF	6	105,260	113,035	-46,630	36,401	<0,001

\*SEF=Sem Efeito Fixo; CEF=Com Efeito Fixo.

<sup>†</sup>O modelo que apresenta o menor valor de AIC (Akaike's Information Criterion) é o melhor modelo. A comparação dos modelos foi feita usando-se o método de ajuste "ML" (maximum likelihood).

Tabela 6. Análise de variância, com a estrutura do erro contendo múltiplos termos, comparando-se a riqueza de espécies entre as diferentes profundidades (variável de efeito fixo). No erro, seguiu-se uma estrutura de esquema hierárquico para as variáveis randômicas (Área e Estágio Sucessional), com agrupamento da menor para a maior escala, considerando as estações de coleta chuvosa e seca. Para a estimativa da riqueza, considerou-se uma única amostra por profundidade por área (maior escala).

Estação	Variável de resposta*	Fonte de variação	GL	SQ	QM	<i>F</i>	<i>P</i>
Seca	RE	Profundidade	2	142,5	71,3	31,54	<0,001
		Resíduo	16	36,1	2,3		
Chuvosa	RE	Profundidade	2	183,6	91,8	42,74	<0,001
		Resíduo	16	34,4	2,1		

\*RE=Riqueza de espécies.



Tabela 7. Análise de componentes da variância seguindo esquema hierárquico, com agrupamento da menor para a maior escala, considerando as estações de coleta chuvosa e seca. Todas as variáveis explanatórias foram consideradas de efeito randômico (Área e Estágio Sucessional), com a diversidade de espécies como variável de resposta. Para a estimativa da diversidade, considerou-se uma única amostra por profundidade por área.

Estação	Variável de resposta	Agrupamento hierárquico*†	Desvio padrão	Variância	Variância (%)
Chuvosa	Diversidade de espécies	Área/Suc	0,087	0,008	25,443
		E. Sucessional	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
		Resíduo	0,149	0,022	74,557
Seca	Diversidade de espécies	Área/Suc	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
		E. Sucessional	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
		Resíduo	0,269	0,072	100

\*O símbolo “/” significa um agrupamento: Área/Suc=“Área” está dentro de “Estágio Sucessional”.

†Nº of observações: 27; grupos: Suc/Área=9; Suc=3.

Tabela 8. Análise de variância, comparando os modelos com apenas variáveis explanatórias de efeito randômico com os modelos contendo a variável explanatória profundidade como de efeito fixo (modelo de efeito misto). Em ambos os modelos, seguiu-se esquema hierárquico para as variáveis randômicas (Área e Estágio Sucessional), com agrupamento da menor para a maior escala, considerando as estações de coleta chuvosa e seca. A diversidade de espécies foi a variável de resposta investigada. Para a estimativa da diversidade, considerou-se uma única amostra por profundidade por área.

Estação	Modelo*	GL	AIC†	BIC	logLik	L.Ratio	P
Chuvosa	SEF	4	-12,904	-7,721	10,452		
	CEF	6	-36,796	-29,021	24,398	27,892	<0,001
Seca	SEF	4	12,643	17,827	-2,322		
	CEF	6	-11,114	-3,339	11,557	27,758	<0,001

\*SEF=Sem Efeito Fixo; CEF=Com Efeito Fixo.

†O modelo que apresenta o menor valor de AIC (Akaike's Information Criterion) é o melhor modelo. A comparação dos modelos foi feita usando-se o método de ajuste “ML” (maximum likelihood).

Tabela 9. Análise de variância, com a estrutura do erro contendo múltiplos termos, comparando-se a diversidade de espécies entre as diferentes profundidades (variável de efeito fixo). No erro, seguiu-se uma estrutura de esquema hierárquico para as variáveis randômicas (Área e Estágio Sucessional), com agrupamento da menor para a maior escala, considerando as estações de coleta chuvosa e seca. Para a estimativa da diversidade, considerou-se uma única amostra por profundidade por área.

Estação	Variável de resposta*	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Seca	DIV	Profundidade	2	1,21	0,60	18,49	<0,001
		Resíduo	16	0,52	0,03		
Chuvosa	DIV	Profundidade	2	0,32	0,16	29,68	<0,001
		Resíduo	16	0,09	0,01		

\*DIV=Diversidade de espécies.

Tabela 10. Análise de componentes da variância seguindo esquema hierárquico, com agrupamento da menor para a maior escala, considerando variações entre as estações de coleta chuvosa e seca. Todas as variáveis explanatórias foram consideradas de efeito randômico (Profundidade, Área e Estação), desconsiderando o estágio sucessional, com o número de plântulas e a riqueza de espécies como as variáveis de resposta.

Variável de resposta	Agrupamento hierárquico*†	Desvio padrão	Variância	Variância (%)
Nº de plântulas	Prof/Área/Estação	0,666	0,444	30,364
	Área/Estação	$4,890 \times 10^{-6}$	$2,391 \times 10^{-11}$	$1,637 \times 10^{-9}$
	Estação	$1,585 \times 10^{-5}$	$2,512 \times 10^{-10}$	$1,720 \times 10^{-8}$
	Resíduo	1,009	1,017	69,636
Riqueza de espécies	Prof/Área/Estação	0,841	0,708	23,305
	Área/Estação	$\approx 0,0$	$\approx 0,0$	$\approx 0,0$
	Estação	0,711	0,506	16,647
	Resíduo	1,351	1,824	60,047

\*O símbolo “/” significa um agrupamento: Prof/Área/Estação=“Profundidade” está dentro de “Área” que por sua vez está dentro de “Estação”.

†Nº of observações: 270; grupos: Estação/Área/Prof=54; Estação/Área=18; Estação=2.

Tabela 11. Análise de variância, comparando os modelos com apenas variáveis explanatórias de efeito randômico com os modelos contendo a variável explanatória estação como de efeito fixo (modelo de efeito misto). Em ambos os modelos, seguiu-se esquema hierárquico para as variáveis randômicas (Profundidade, Área e Estação), com agrupamento da menor para a maior escala, considerando variações entre as estações de coleta chuvosa e seca. As variáveis de resposta investigadas em ambos os modelos foram o número de plântulas e a riqueza de espécies.

Var. resposta*	Modelo <sup>†</sup>	GL	AIC <sup>‡</sup>	BIC	logLik	L.Ratio	<i>P</i>
NP	SEF	5	842,351	860,343	-416,175		
	CEF	6	843,873	865,463	-415,936	0,478	0,489
RE	SEF	5	1000,61	1018,606	-495,307		
	CEF	6	996,723	1018,313	-492,362	5,891	0,015

\*NP=Nº de plântulas; RE=Riqueza de espécies.

<sup>†</sup>SEF=Sem Efeito Fixo; CEF=Com Efeito Fixo.

<sup>‡</sup>O modelo que apresenta o menor valor de AIC (Akaike's Information Criterion) é o melhor modelo. A comparação dos modelos foi feita usando-se o método de ajuste "ML" (maximum likelihood).

Tabela 12. Análise de componentes da variância seguindo esquema hierárquico, com agrupamento da menor para a maior escala, considerando variações entre as estações de coleta chuvosa e seca. Todas as variáveis explanatórias foram consideradas de efeito randômico (Área e Estação), desconsiderando o estágio sucessional, com a riqueza e a diversidade de espécies como variáveis de resposta. Para as estimativas da riqueza e da diversidade, considerou-se uma única amostra por profundidade por área.

Variável de resposta	Agrupamento hierárquico* <sup>†</sup>	Desvio padrão	Variância	Variância (%)
Riqueza de espécies	Área/Estação	$8,587 \times 10^{-10}$	$7,374 \times 10^{-19}$	$2,541 \times 10^{-18}$
	Estação	4,192	17,576	60,567
	Resíduo	3,383	11,443	39,433
Diversidade de espécies	Área/Estação	≈ 0,0	≈ 0,0	≈ 0,0
	Estação	0,300	0,090	64,031
	Resíduo	0,225	0,051	35,969

\*O símbolo "/" significa um agrupamento: Área/Estação="Área" está dentro de "Estação". <sup>†</sup>Nº of observações: 54; grupos: Estação/Área=18; Estação=2.

Tabela 13. Análise de variância, comparando os modelos com apenas variáveis explanatórias de efeito randômico com os modelos contendo a variável explanatória estação como de efeito fixo (modelo de efeito misto). Em ambos os modelos, seguiu-se esquema hierárquico para as variáveis randômicas (Área e Estação), com agrupamento da menor para a maior escala, considerando variações entre as estações de coleta chuvosa e seca. As variáveis de resposta investigadas em ambos os modelos foram a riqueza e a diversidade de espécies. Para as estimativas da riqueza e da diversidade, considerou-se uma única amostra por profundidade por área.

Var. resposta*	Modelo <sup>†</sup>	GL	AIC <sup>‡</sup>	BIC	logLik	L.Ratio	<i>P</i>
RE	SEF	4	298,897	306,853	-145,449		
	CEF	5	292,826	302,771	-141,413	8,071	0,005
DI	SEF	4	6,626	14,582	0,687		
	CEF	5	0,188	10,133	4,906	8,438	0,004

\*RE=Riqueza de espécies; DIV=Diversidade de espécies.

<sup>†</sup>SEF=Sem Efeito Fixo; CEF=Com Efeito Fixo.

<sup>‡</sup>O modelo que apresenta o menor valor de AIC (Akaike's Information Criterion) é o melhor modelo. A comparação dos modelos foi feita usando-se o método de ajuste "ML" (maximum likelihood).

Tabela 14. Análise de variância, com a estrutura do erro contendo múltiplos termos, comparando-se a riqueza e a diversidade de espécies entre a estação chuvosa e seca (variável de efeito fixo). No erro, seguiu-se uma estrutura de esquema hierárquico para as variáveis randômicas (Área e Estação), com agrupamento da menor para a maior escala. As análises foram feitas considerando tanto a menor como a maior escala (esta última considerando uma única amostra por profundidade por área).

Variável de resposta*	Fonte de variação	GL	SQ	QM	<i>F</i>	<i>P</i>
RE (1)	Estação	1	73,63	73,63	16,00	<0,01
	Resíduo	16	69,32	4,33		
RE (2)	Estação	1	486,00	486,00	39,20	<0,001
	Resíduo	16	198,37	12,40		
DIV (2)	Estação	1	2,49	2,49	134,76	<0,001
	Resíduo	16	0,51	0,03		

\*RE=Riqueza de espécies; DIV=Diversidade de espécies. (1)=Menor escala; (2)=Maior escala.

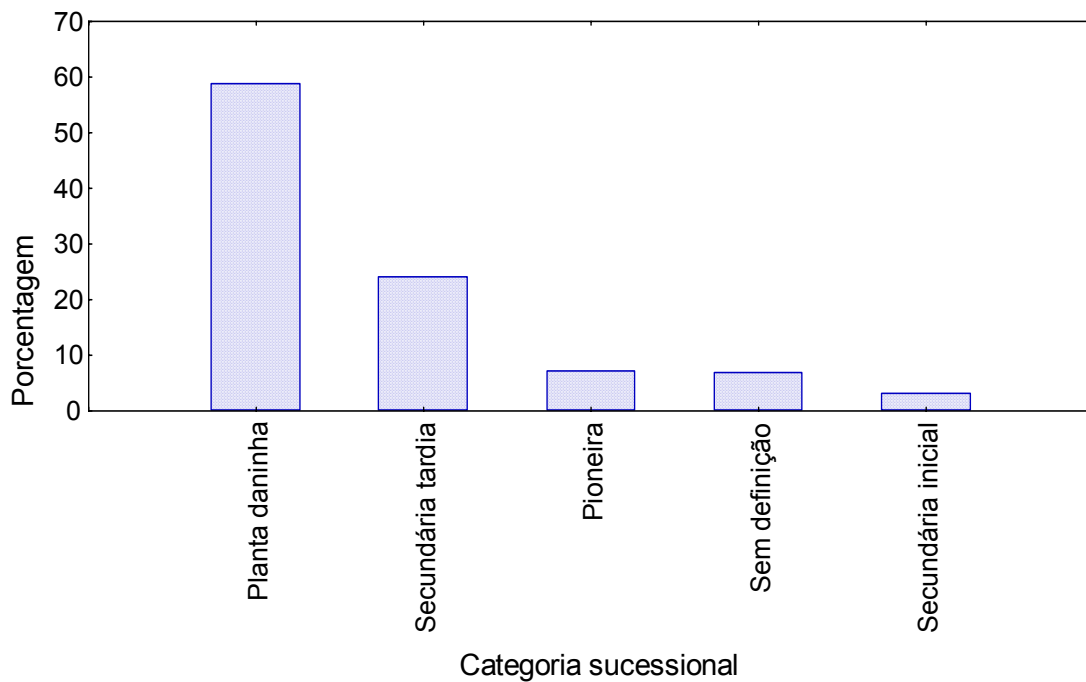


Fig. 1. Porcentagem de ocorrência das categorias sucessionais amostradas no banco de sementes. A categoria sem definição corresponde, na maioria dos casos, a espécies identificadas apenas como morfoespécies.

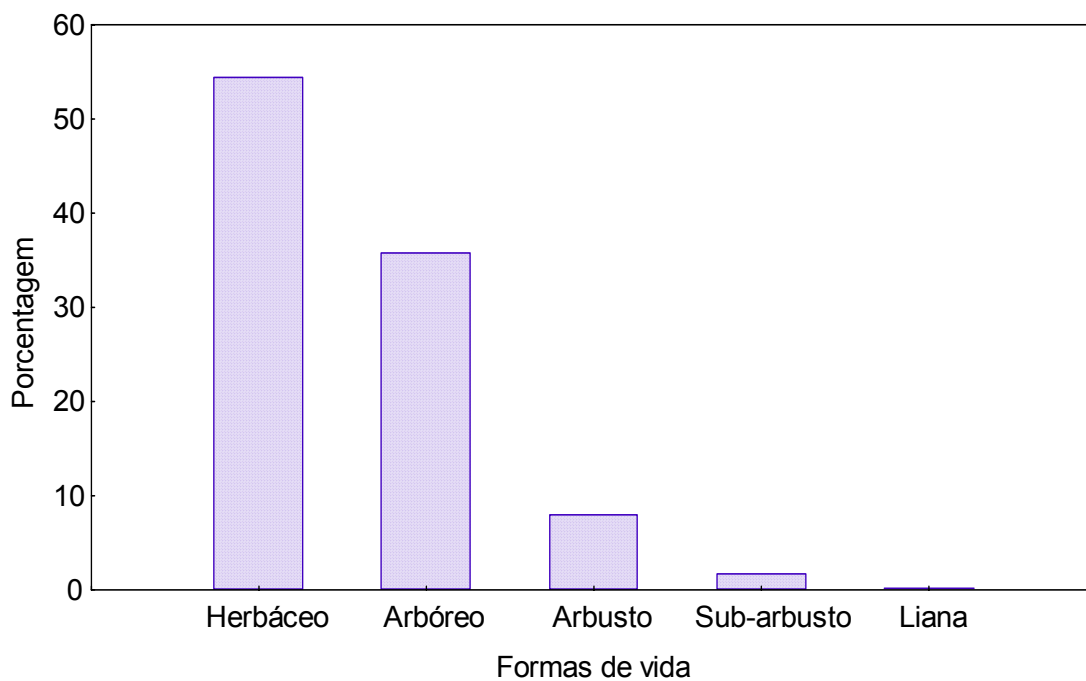


Fig. 2. Porcentagem de ocorrência das formas de vida amostradas no banco de sementes.

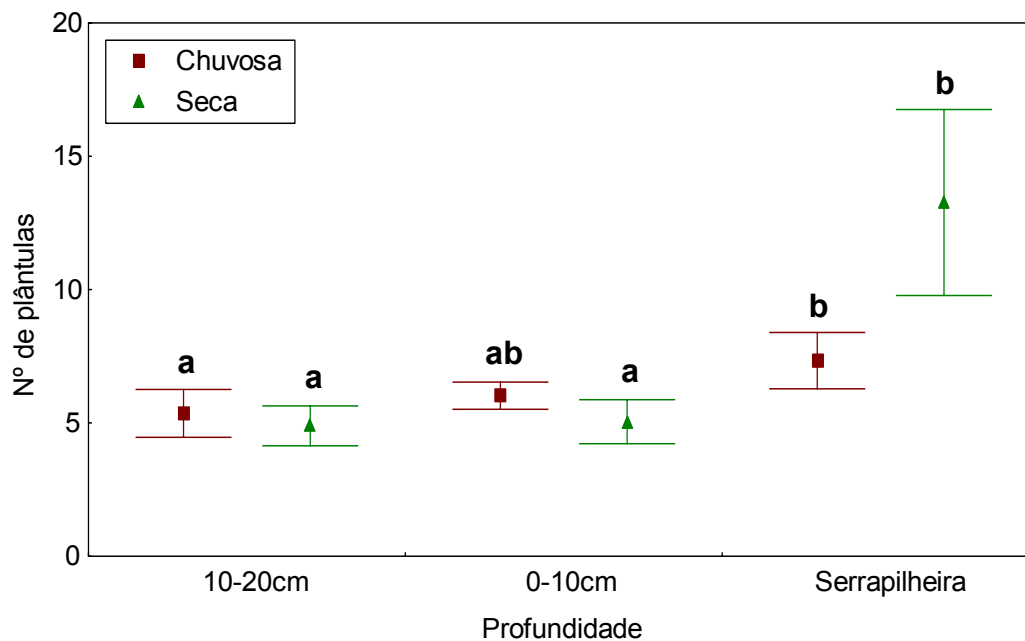


Fig. 3. Comparações do número de plântulas (média  $\pm$  EP) entre as diferentes profundidades de amostragem em cada estação (chuvosa e seca), e dentro de cada profundidade entre as estações. Médias seguidas por letras distintas diferiram estatisticamente entre as profundidades em cada estação pelo teste-*t* pareado ( $P < 0,05$ ). As médias entre as estações em cada profundidade não diferiram estatisticamente pelo teste-*t* pareado ( $P > 0,05$ ).

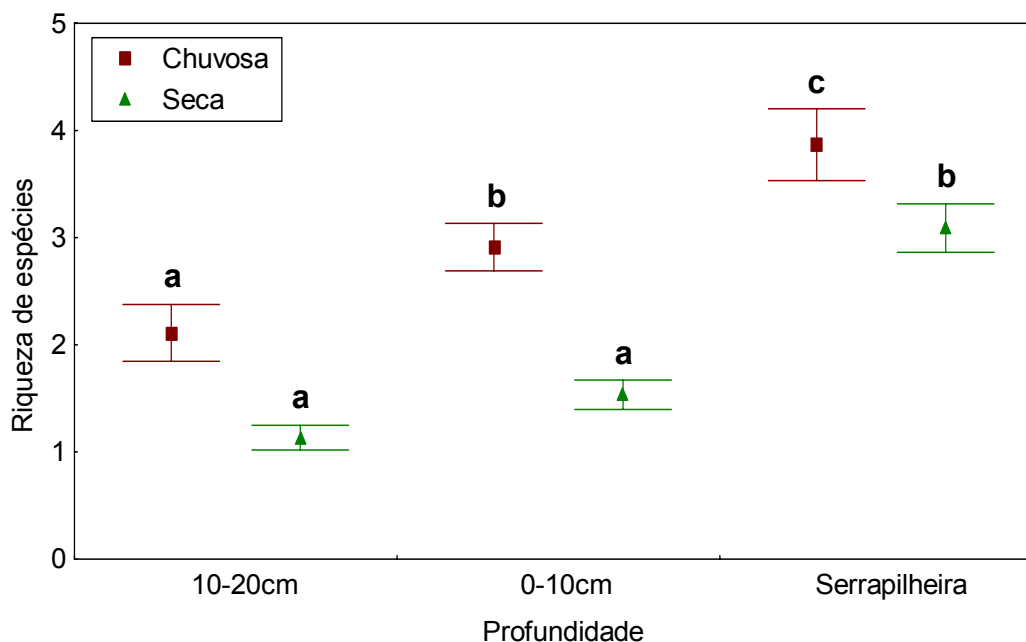


Fig. 4. Comparações da riqueza de espécies (média  $\pm$  EP) entre as diferentes profundidades de amostragem em cada estação (chuvosa e seca), e dentro de cada profundidade entre as estações. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferiram estatisticamente entre as profundidades em cada estação pelo teste-*t* pareado ( $P < 0,05$ ). As médias entre as estações em cada profundidade diferiram estatisticamente pelo teste-*t* pareado ( $P < 0,05$ ).

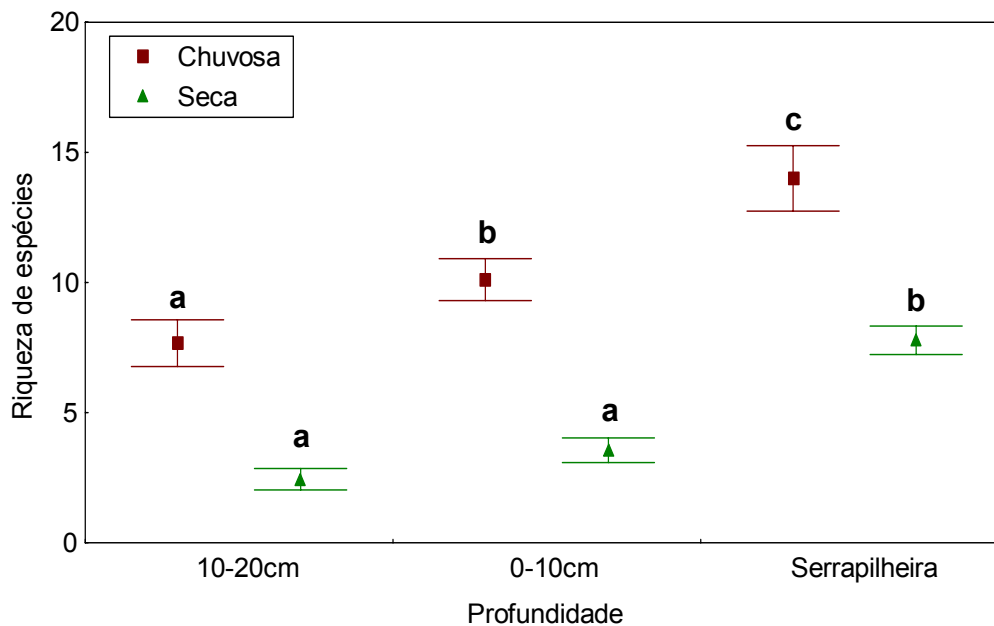


Fig. 5. Comparações da riqueza de espécies (média  $\pm$  EP) entre as diferentes profundidades de amostragem em cada estação (chuvosa e seca), e dentro de cada profundidade entre as estações. A riqueza foi considerada como uma única amostra correspondente a cada profundidade em cada área (maior escala). Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferiram estatisticamente entre as profundidades em cada estação pelo teste-*t* pareado ( $P < 0,05$ ). As médias entre as estações em cada profundidade diferiram estatisticamente pelo teste-*t* pareado ( $P < 0,05$ ).

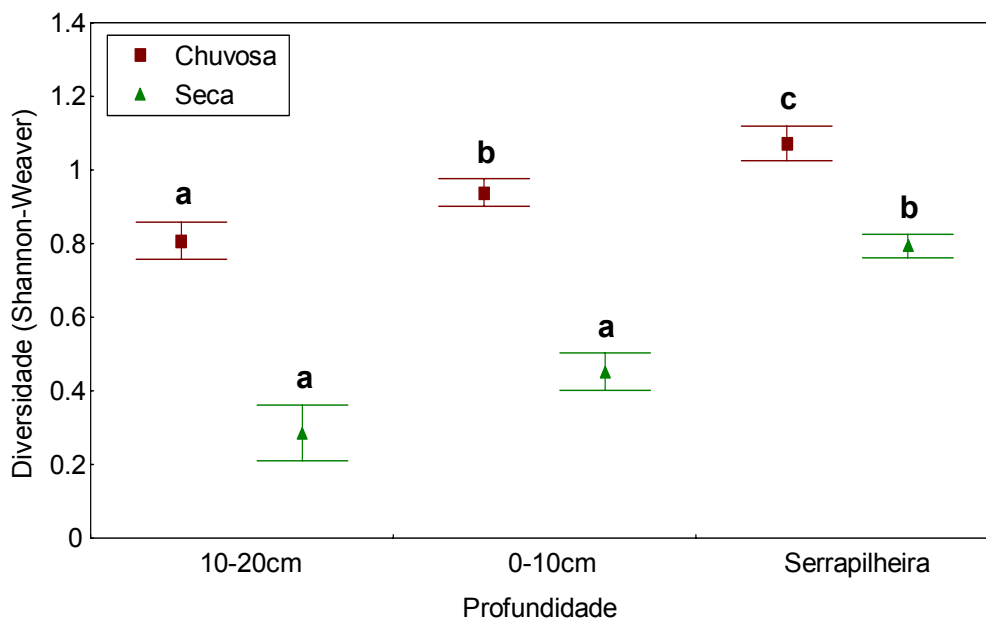


Fig. 6. Comparações da diversidade de espécies (média  $\pm$  EP) entre as diferentes profundidades de amostragem em cada estação (chuvosa e seca), e dentro de cada profundidade entre as estações. A estimativa da diversidade foi feita considerando uma única amostra para cada profundidade em cada área. Médias seguidas por letras distintas diferiram estatisticamente entre as profundidades em cada estação pelo teste-*t* pareado ( $P < 0,05$ ). As médias entre as estações em cada profundidade diferiram estatisticamente pelo teste-*t* pareado ( $P < 0,05$ ).

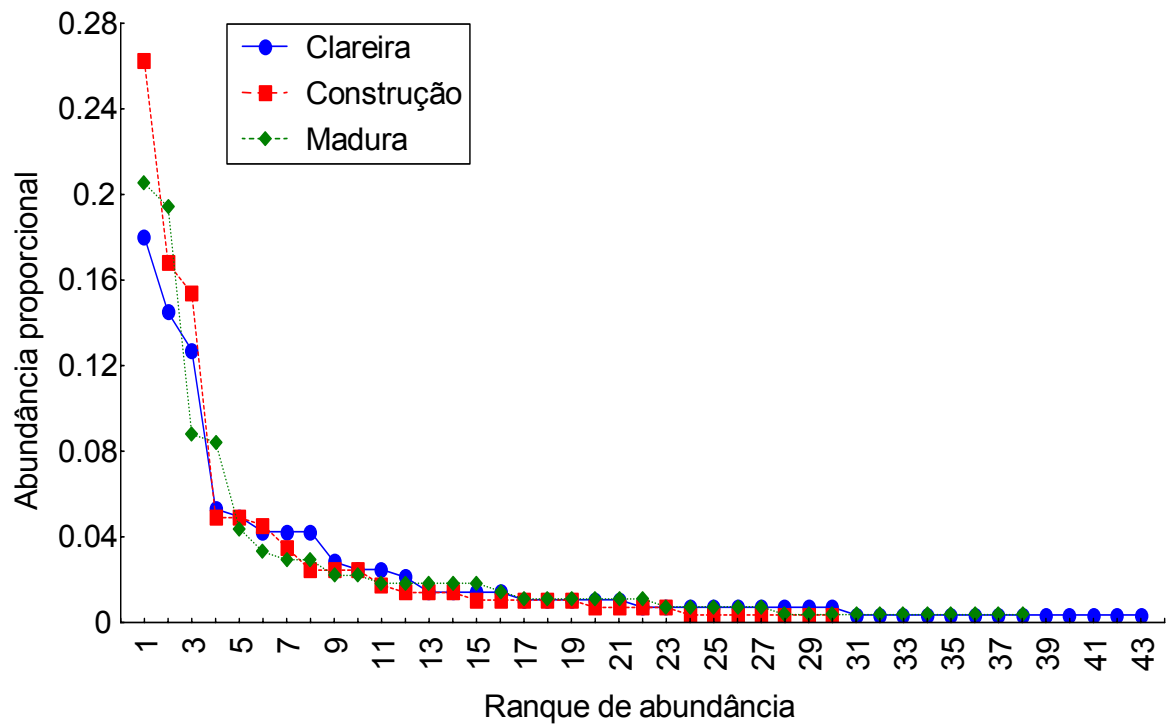


Fig. 7. Curvas de ranque de abundância para as comunidades provenientes dos diferentes estágios sucessionais Clareira, Construção e Madura, considerando a estação chuvosa.

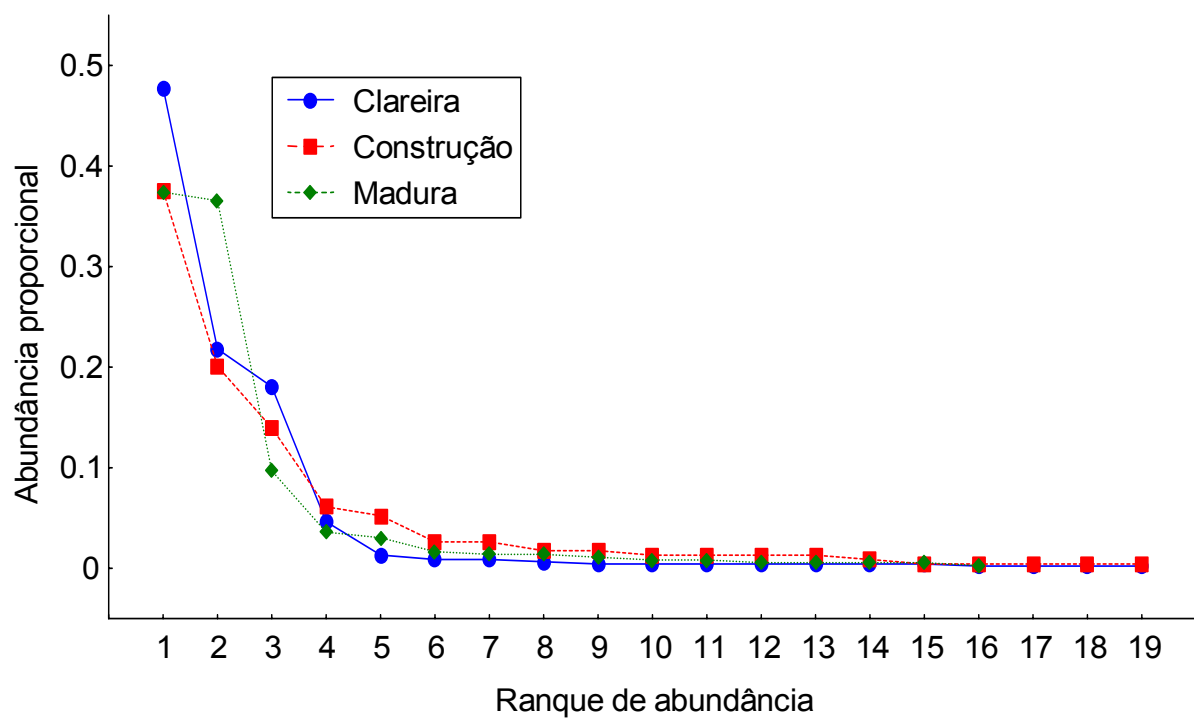


Fig. 8. Curvas de ranque de abundância para as comunidades provenientes dos diferentes estágios sucessionais Clareira, Construção e Madura, considerando a estação seca.



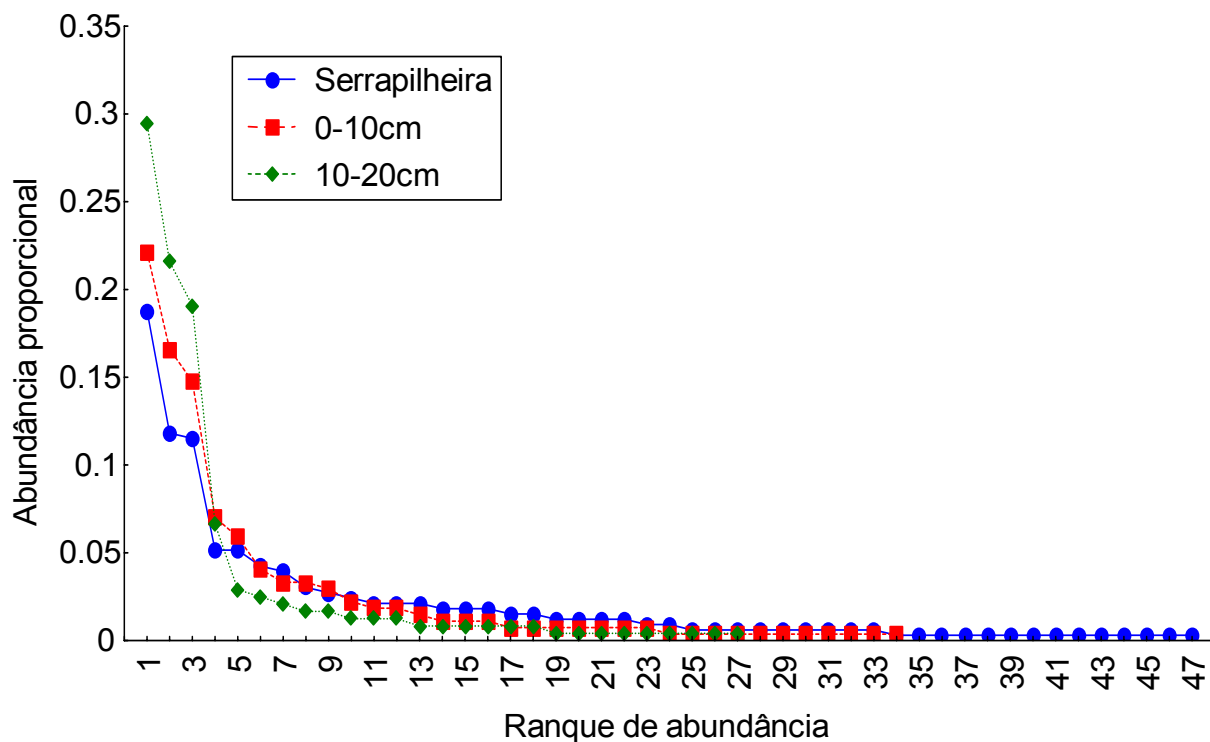


Fig. 9. Curvas de ranque de abundância para as comunidades provenientes das profundidades de 0 a 10cm, 10 a 20cm e Serrapilheira, considerando a estação chuvosa.

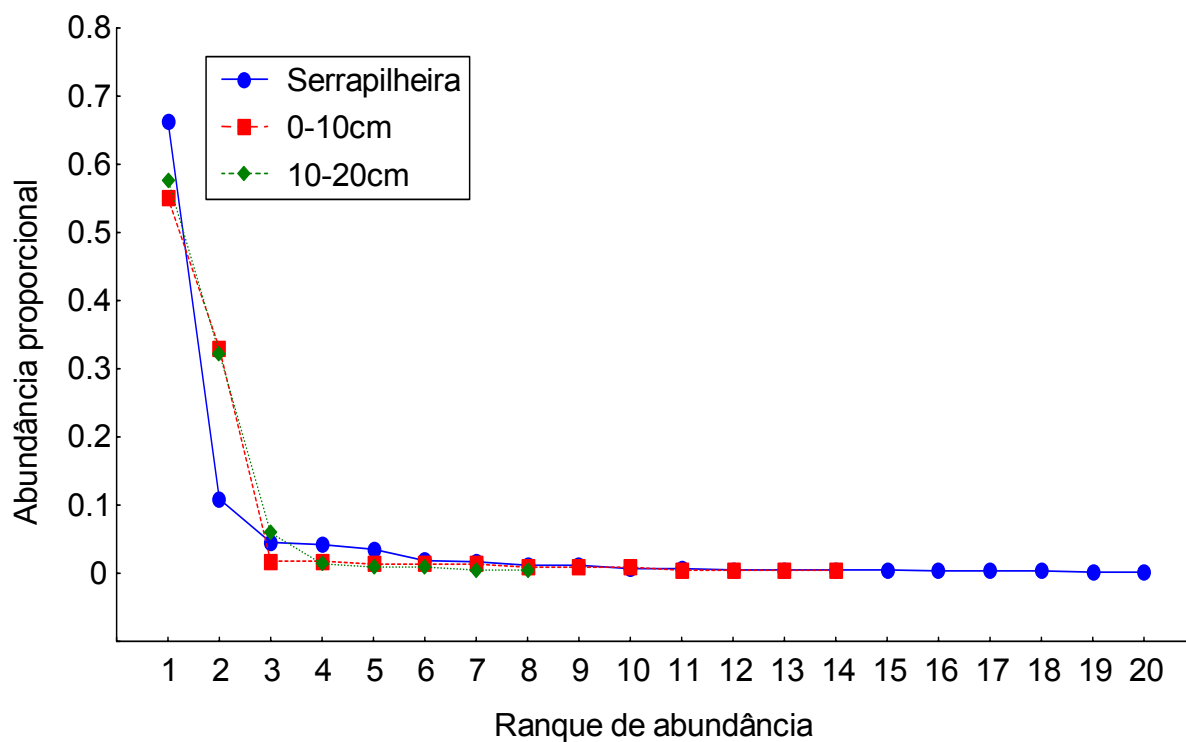
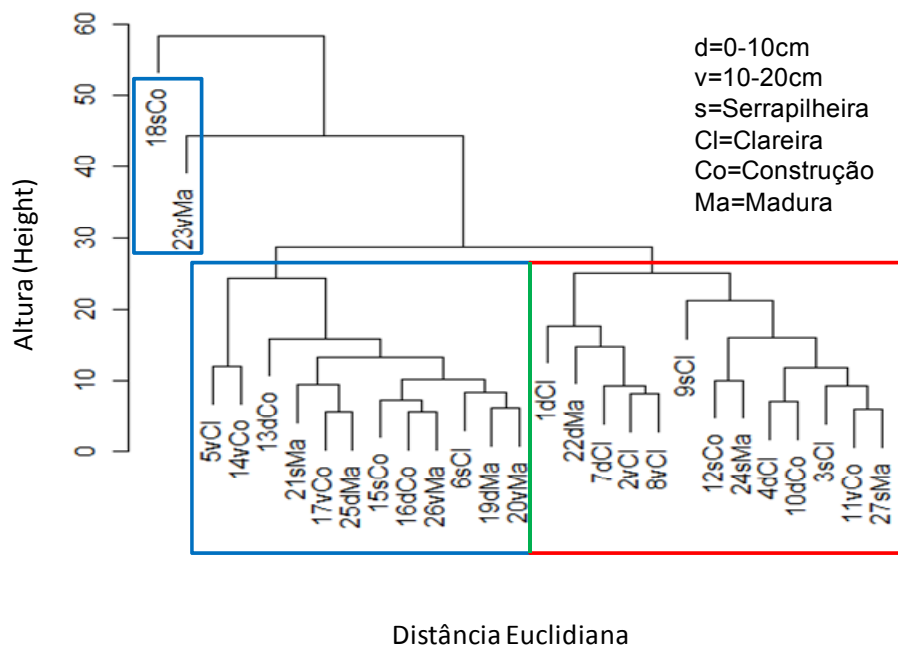


Fig. 10. Curvas de ranque de abundância para as comunidades provenientes das profundidades de 0 a 10cm, 10 a 20cm e Serrapilheira, considerando a estação seca.

a)



b)

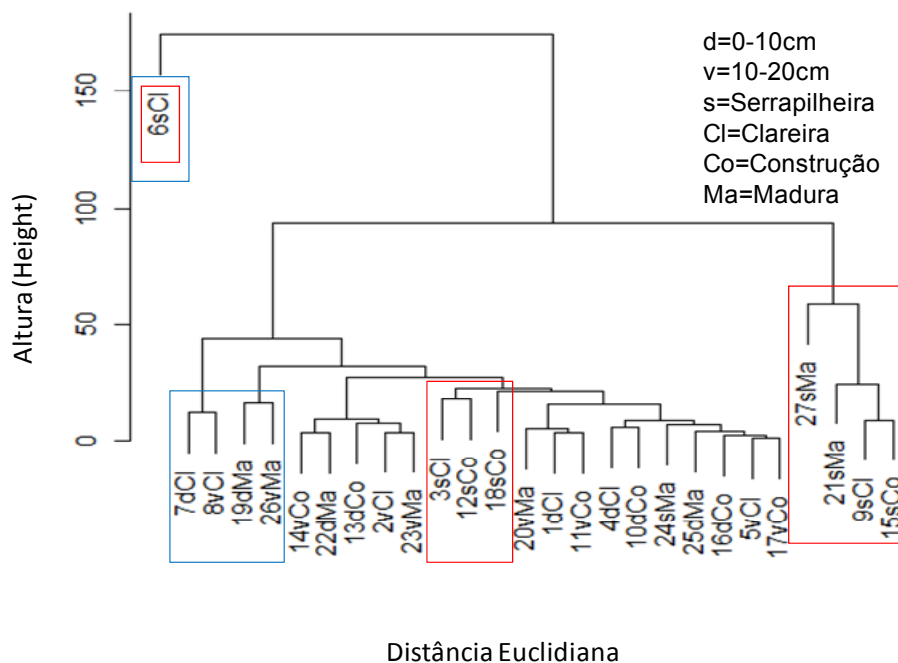


Fig. 11. Dendogramas provenientes de análises de agrupamento hierárquico (distância Euclidiana) da composição do banco de sementes amostrado na estação chuvosa (a) e seca (b), considerando diferentes profundidades e estágios sucessionais. Os números representam diferentes amostras.

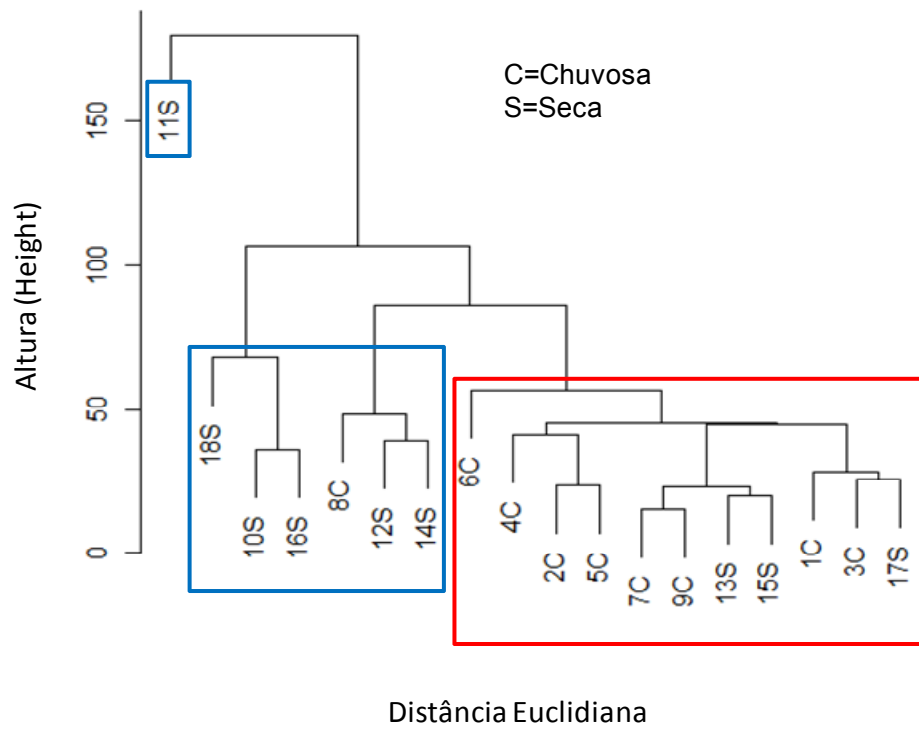


Fig. 12. Dendrograma proveniente de análise de agrupamento hierárquico (distância Euclidiana) da composição do banco de sementes amostrado na estação chuvosa e seca. Os números representam diferentes amostras.

## ANEXO

Tabela 1. Espécies presentes no banco de sementes amostrado em um fragmento de floresta estacional semidecidual denominado Mata da Bica, localizado na Fazenda Experimental Edgardia (Unesp/Botucatu-SP). A família, o número de plântulas emergentes, a categoria sucessional (CS), as formas de vida (FV) e o hábito (H) de cada espécie também são apresentados.

Espécies	Família	Nº de plântulas	CS	FV	H
<i>Gnaphalium coarctatum</i> Willd.	Asteraceae	462	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Gallesia integrifolia</i> [Spreng.] Harms	Phytolacaceae	398	Secundária tardia	Arbóreo	Lenhoso
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	Portulacaceae	267	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Cardamine bonariensis</i> Pers.	Brassicaceae	145	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Pereskia aculeata</i> Mill.	Cactaceae	71	Sem definição	Arbusto	Lenhoso
<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Verbenaceae	56	Pioneira	Arbóreo	Lenhoso
<i>Buddleja stachyoides</i> Cham. & Schtdl.	Scrophulariaceae	41	Planta daninha	Arbusto	Lenhoso
<i>Piper aduncun</i> L.	Piperaceae	27	Secundária tardia	Arbóreo	Lenhoso
<i>Cecropia glaziovi</i> Sneathlge	Urticaceae	26	Pioneira	Arbóreo	Lenhoso
<i>Parapiptadenia rigida</i> [Benth.] Brenan	Fabaceae	25	Secundária inicial	Arbóreo	Lenhoso
<i>Erechtites hieraciifolius</i> (L.) Raf. ex DC.	Asteraceae	23	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	Urticaceae	21	Pioneira	Arbusto	Lenhoso
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	Proteaceae	21	Secundária tardia	Arbóreo	Lenhoso
<i>Solanum americanum</i> Mill.	Solanaceae	20	Planta daninha	Sub-arbusto	Lenhoso
<i>Typha angustifolia</i> L.	Typhaceae	19	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm	Urticaceae	19	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Ulmaceae	17	Pioneira	Arbóreo	Lenhoso
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	Euphorbiaceae	15	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pavon	Boraginaceae	14	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Eucalyptus grandis</i> W. Mill ex Maiden	Myrtaceae	14	Sem definição	Arbóreo	Lenhoso

Tabela 1. *Continuação*

<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	Caricaceae	13	Sem definição	Arbóreo	Lenhoso
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	Moraceae	13	Secundária inicial	Arbóreo	Lenhoso
<i>Sagina apetala</i> Ard.	Caryophyllaceae	11	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Vernonia diffusa</i> Less	Asteraceae	10	Pioneira	Arbóreo	Lenhoso
<i>Hybanthus bigibbosus</i> (A. St.-Hil.) Hassl.	Violaceae	10	Planta daninha	Arbusto	Lenhoso
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Solanaceae	9	Secundária inicial	Arbóreo	Lenhoso
<i>Amaranthus deflexus</i> L.	Amaranthaceae	7	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	6	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Moraceae	6	Secundária inicial	Arbóreo	Lenhoso
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Solanaceae	5	Sem definição	Sub-arbusto	Lenhoso
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small	Euphorbiaceae	5	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Baccharis trinervis</i> Pers.	Asteraceae	5	Planta daninha	Arbóreo	Lenhoso
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae	5	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Vernonia brasiliensis</i> (Gardner) Sch. Bip.	Asteraceae	4	Pioneira	Sub-arbusto	Lenhoso
<i>Solanum stipulaceum</i> Roem. & Schult.	Solanaceae	4	Secundária inicial	Arbóreo	Lenhoso
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	4	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
morfoespécie 3	Não determinada	4	Sem definição	Arbóreo	Lenhoso
morfoespécie 2	Não determinada	4	Sem definição	Arbóreo	Lenhoso
<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Malvaceae	4	Planta daninha	Arbusto	Lenhoso
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	Asteraceae	4	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Reullia asperula</i> (Mart. & Nees) Lindau	Acanthaceae	3	Sem definição	Arbusto	Lenhoso
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub	Fabaceae	3	Secundária inicial	Arbóreo	Lenhoso
<i>Passiflora</i> sp.	Passifloraceae	3	Sem definição	Liana	Lenhoso
morfoespécie 9	Não determinada	3	Sem definição	Arbóreo	Lenhoso
<i>Leonurus sibiricus</i> L.	Lamiaceae	3	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	Poaceae	3	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Commelina erecta</i> L.	Commelinaceae	3	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Scoparia dulcis</i> L.	Plantaginaceae	2	Planta daninha	Sub-arbusto	Lenhoso

Tabela 1. *Continuação*

<i>Platypodium elegans</i> Vogel	Fabaceae	2	Secundária inicial	Arbóreo	Lenhoso
morfoespécie 8	Não determinada	2	Sem definição	Arbóreo	Lenhoso
morfoespécie 5	Não determinada	2	Sem definição	Arbóreo	Lenhoso
morfoespécie 4	Não determinada	2	Sem definição	Arbóreo	Lenhoso
<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb.	Cyperaceae	2	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde	Poaceae	2	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Poaceae	2	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Solanum siramonifolium</i> Jacq.	Solanaceae	1	Sem definição	Sub-arbusto	Lenhoso
<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Malvaceae	1	Planta daninha	Sub-arbusto	Lenhoso
<i>Pterocaulon lanatum</i> Kuntze	Asteraceae	1	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Piper pothomorphe</i> (Miq.) C. DC.	Piperaceae	1	Secundária tardia	Arbóreo	Lenhoso
morfoespécie 7	Não determinada	1	Planta daninha	Arbóreo	Lenhoso
morfoespécie 6	Não determinada	1	Sem definição	Arbóreo	Lenhoso
morfoespécie 1	Não determinada	1	Sem definição	Arbóreo	Lenhoso
<i>Ipomoea triloba</i> L.	Convolvulaceae	1	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	Sapindaceae	1	Secundária inicial	Arbóreo	Lenhoso
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	1	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Celtis iguanea</i> (Jacq.) Sarg.	Cannabaceae	1	Pioneira	Arbóreo	Lenhoso
<i>Cardiospermum grandiflorum</i> SW.	Sapindaceae	1	Sem definição	Liana	Lenhoso
<i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook. & Arn.) Hassl.	Malvaceae	1	Pioneira	Arbóreo	Lenhoso
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv.	Poaceae	1	Planta daninha	Herbáceo	Não lenhoso
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Fabaceae	1	Secundária inicial	Arbóreo	Lenhoso
<b>Total</b>		<b>1886</b>			

Tabela 2. Espécies encontradas na parte aérea (vegetação) de em um fragmento de floresta estacional semidecidual denominado Mata da Bica, localizado na Fazenda Experimental Edgardia (Unesp/Botucatu-SP). As espécies listadas representam a vegetação encontrada somente nas parcelas utilizadas para as amostragens do banco de sementes (Tabela 1). A família e o número de indivíduos de cada espécie também são apresentados.

Espécies	Família	Nº de indivíduos
<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	Miliaceae	23
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Muell. Arg.	Apocynaceae	15
<i>Trichilia catigua</i> A. Juss	Miliaceae	11
<i>Trichilia casaretti</i> C. DC.	Miliaceae	7
<i>Metrodorea nigra</i> St.Hil.	Rutaceae	6
<i>Allophylus edulis</i> (St.-Hil.) Radlk.	Sapindaceae	5
<i>Holocalyx balansae</i> Mich.	Caesalpiniaceae	4
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> [Mart. & Eichl.]Engl.	Sapotaceae	3
<i>Urera baccifera</i> [L.] Gaud. ex Wedd.	Urticaceae	3
<i>Actinostemon communis</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	2
<i>Chorisia speciosa</i> St. Hil.	Bombacaceae	2
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	2
<i>Jacaratia spinosa</i> [Aubl.]A.DC.	Caricaceae	2
<i>Machaerium brasiliense</i> Vog.	Fabaceae	2
<i>Machaerium stipitatum</i> [DC.]Vog.	Fabaceae	2
<i>Myrcianthes pungens</i> [Berg.]Legr.	Myrtaceae	2
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss	Miliaceae	2
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Fabaceae	1
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record	Fabaceae	1
<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Muell. Arg.	Apocynaceae	1
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briquet	Flacourtiaceae	1
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	Sapindaceae	1
<i>Esenbeckia grandiflora</i> Mart.	Rutaceae	1
<i>Gallesia integrifolia</i> [Spreng.]Harms	Phytolacaceae	1
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	Fabaceae	1
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	Fabaceae	1
<i>Parapiptadenia rigida</i> [Benth.]Brenan.	Mimosaceae	1
<i>Securinega guaraiuva</i> Kuhlm.	Euphorbiaceae	1
<i>Syagrus romanzoffiana</i> [Cham.]Glassm.	Areaceae	1
Total		105

## Capítulo II

Padrão de embebição e germinação de *Peltophorum  
dubium* (Spreng) Taubert (Fabaceae:  
Caesalpinioidea) em diferentes condições  
de alagamento



**Padrão de embebição e germinação de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taubert  
(Fabaceae: Caesalpinioidea) em diferentes condições de alagamento**

Débora Kestring <sup>a,\*</sup>, Marcelo Nogueira Rossi <sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Universidade Estadual Paulista (Unesp) “Júlio de Mesquita Filho”, IB,  
Departamento de Biociências, Botucatu 18618-000, SP, Brasil*

<sup>b</sup> *Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Departamento de Ciências Biológicas,  
Diadema 09941-510, SP, Brasil*

\* Autor para correspondência. Tel.: +55 14 3811 6265; fax: +55 14 3815 3744.  
E-mail: [kestring@ibb.unesp.br](mailto:kestring@ibb.unesp.br) (D. Kestring).

## RESUMO

Sabe-se que a água é fundamental para a dispersão de algumas espécies de plantas, as quais geralmente possuem sementes com alta tolerância ao alagamento. A saturação hídrica do solo, inclusive, é um dos principais fatores de seleção das espécies de plantas que ocorrem associadas a cursos d'água. Em regiões tropicais, ainda pouco se conhece sobre a dinâmica de germinação de muitas espécies de plantas pioneiras que vivem às margens de rios e em áreas propensas a inundações. No presente estudo, primeiramente o potencial de germinação (porcentagem) de *Peltophorum dubium* foi investigado em diferentes condições de alagamento já que sementes desta espécie apresentam dormência por impermeabilidade do tegumento à água. Em seguida, o padrão de embebição das sementes de *P. dubium* foi comparado entre sementes escarificadas e não escarificadas. Testes de germinação, comparando a porcentagem de germinação entre sementes submetidas ou não a aeração induzida (uso de um compressor de ar), foram realizados após 1, 2, 7, 15, 30, 60, 90 e 120 dias de alagamento. Em cada teste foram utilizadas sementes escarificadas e não escarificadas. Para os frutos submetidos à aeração induzida, novos testes de germinação foram feitos após 210, 360, 420 e 480 dias de alagamento. Constatou-se, na maioria dos casos, que não houve efeito significativo para o tipo de aeração (induzida ou não) imposta às sementes. Já para a escarificação, diferenças significativas foram encontradas entre sementes submetidas ou não a escarificação para todos os dias de alagamento. A porcentagem média de germinação das sementes não escarificadas sofreu um decréscimo gradual ao longo dos dias de alagamento. No entanto, nos períodos de alagamento de 210, 360, 420 e 480 dias (sementes com aeração induzida), a porcentagem média de germinação das sementes não escarificadas aumentou, com a porcentagem média de germinação das sementes escarificadas sendo significativamente maior do que as não escarificadas. Com relação ao padrão de embebição, as sementes escarificadas absorveram água mais rapidamente do que as não escarificadas, apresentando um padrão não linear, e as sementes não escarificadas apresentaram um padrão linear, ocorrendo uma absorção mais lenta.

*Palavras-chave:* Absorção de água; alagamento; canafístula; escarificação; germinação; hidrocoria.

## ABSTRACT

It is known that water is important to seed dispersion of some plant species, which usually have seeds with high tolerance to flooding. Water saturation in the soil is one of the main selection factors of plant species associated to watercourses. In the tropics, very little is known about germination dynamics of many pioneering plant species that live in floodplains. In this study, the germinability of *Peltophorum dubium* was investigated in different submergence conditions, since its seeds present hard coats. After that, the imbibition pattern of *P. dubium* was compared between scarified and unscarified seeds. Germination tests, comparing the germination percentage of seeds under induced and not induced aeration (using air compressor), were carried out after 1, 2, 7, 15, 30, 60, 90 and 120 days of submergence. Scarified and unscarified seeds were used in each test. For fruits under induced aeration, new germination tests were done after 210, 360, 420 and 480 days of submergence. In overall, it was observed that the kind of aeration did not interfere in seed germination. On the other hand, significant differences were found between scarified and unscarified seeds. Mean germination percentages of unscarified seeds gradually decreased through the days of submergence. However, after 210, 360, 420 and 480 days of submergence (seeds under induced aeration), the mean germination percentages of unscarified seeds increased, even though scarified seeds still presented significantly higher germination percentages than unscarified seeds. With respect to the imbibition pattern, the rate of water absorption was higher for scarified (linear pattern) than for unscarified seeds (nonlinear pattern).

*Keywords:* Canafistula; flooding; germination; hydrochory; scarification; water absorption.

## 1. Introdução

### 1.1. *Efeito do alagamento na germinação de sementes*

O sucesso das plantas no estabelecimento em ambientes naturais está relacionado diretamente ao tempo de germinação, que é a resposta das sementes a fatores externos, tais como disponibilidade de água, luz, temperatura e oxigênio, e internos, como inibidores e promotores da germinação (Perez et al., 2001; Simão et al., 2010). Em formações florestais sujeitas ao alagamento, processos como a dispersão de sementes, a germinação e o subsequente estabelecimento das plântulas estão sujeitos aos efeitos de alagamento, variando em função da frequência, duração e intensidade (Kozlowski, 1997; Guo et al., 1998; Lytle & Poff, 2004; Gomes et al., 2006; Silva & Carvalho, 2008; Kestring et al., 2009). Essas variações na intensidade de água promovem mudanças no ambiente que podem afetar algumas espécies vegetais (Gomes et al., 2006). Assim, a distribuição espacial das espécies, bem como a composição e estrutura da vegetação podem ser influenciados pelo regime de inundação (Lobo & Joly, 2000; Vogt et al., 2007; Wittmann et al., 2007).

Espécies que ocorrem em locais propensos a alagamentos devem apresentar mecanismos que possibilitem a adaptação a essas condições (Jackson & Colmer, 2005; Dias-Filho, 2006; Zenzen et al., 2006). Por exemplo, a saturação hídrica do solo em áreas ciliares (e.g., alagamentos constantes) é um dos principais fatores de seleção das espécies de plantas que desenvolveram estratégias adaptativas para estes ecossistemas (Pinto et al., 2005). Existem inúmeras diferenças entre espécies quanto à resistência ao alagamento, ocorrendo uma tendência de as espécies com maior porcentagem de sementes com revestimento mais rígido (duras) suportarem melhor essas condições (Monks & Reis, 1995; Pinto et al., 2005).

No entanto, para algumas sementes o excesso de água, ocasionado pela inundação, provoca a restrição da disponibilidade de oxigênio para o embrião (Kozlowski & Pallardy, 1997, Mollard et al., 2007; Brancalion et al., 2010). A concentração de oxigênio reduzida a valores inferiores ao que existe no ar atmosférico (20%), leva ao retardamento ou restrição da germinação na maioria das espécies (Wuebker et al., 2001). Além de restringir a germinação, o excesso de umidade pode provocar a lixiviação dos componentes solúveis e favorecer o crescimento de microorganismos que podem danificar as sementes tornando-as inviáveis (Malavasi,

1988; Martin et al., 1991). Apesar destes efeitos adversos, existem sementes de outras espécies que podem sair da dormência quando submersas (Baskin et al., 2000), ou até mesmo a germinação pode ser ativada metabolicamente quando em baixa concentração de oxigênio (Leck, 1996; Lorenzen et al., 2000). Além disso, algumas plantas podem utilizar como estratégia a água para a dispersão de suas sementes (dispersão hidrocórica) e estabelecer suas populações em locais adequados muitas vezes longe da planta mãe. Portanto, o transporte das sementes pela água pode ser uma importante estratégia para o estabelecimento e a manutenção da vegetação encontrada em locais inundáveis (Andersson & Nilsson, 2002; Merritt & Wohl, 2006; Vogt et al., 2007).

Em regiões tropicais é comum a ocorrência de áreas naturalmente inundáveis, mas pouco se conhece sobre os mecanismos que possibilitam o estabelecimento de espécies vegetais nestas localidades. O entendimento destes mecanismos é fundamental, já que muitas plantas pioneiras que vivem às margens de rios e em áreas propensas a inundações são potencialmente importantes para a restauração do habitat (Lobo & Joly, 2000; Pinto et al., 2005; Kestring et al., 2009). Conseqüentemente, o conhecimento da dinâmica da germinação destas espécies, através da identificação de padrões de recrutamento, pode auxiliar no entendimento das estratégias e dos processos ecológicos envolvidos na regeneração florestal.

## 1.2. *Espécie em estudo*

*Peltophorum dubium* (Spreng) Taubert (Fabaceae: Caesalpinioidea), conhecida popularmente como Canafístula, é uma árvore decídua, heliófita, pioneira, comum em áreas de Floresta Estacional Semidecidual (Lorenzi, 1992; Carvalho, 1994), com distribuição desde o Estado da Bahia (Brasil) até a Argentina e Paraguai. As plantas atingem de 15 a 25 m, e ocorrem preferencialmente em solos argilosos úmidos e profundos das margens dos rios, tanto em floresta primária densa como em formações secundárias. *Peltophorum dubium* é citada como espécie rústica e de rápido crescimento, comumente encontrada colonizando pastagens, ocupando clareiras e bordas de matas, margem de rios e lagos, sendo também utilizada para o reflorestamento (Marchiori, 1997; Lorenzi, 2000).

O florescimento é de dezembro a fevereiro, com a maturação das sementes de abril a junho. A dispersão dos frutos é feita lentamente pelo vento, mas os frutos maduros permanecem na árvore por longo tempo (Durigan et al., 1997), podendo

estender assim a dispersão até o início do período chuvoso. O fruto é um legume samaróide, seco, indeiscente, apresenta de uma a duas sementes, com predominância dos monospermicos (Donadio & Demattê, 2000); quando maduro é de coloração marrom-escura (Figliolia, 1995). As sementes são oblongas, de coloração castanho-esverdeado-clara, com testa relativamente espessa, de consistência córnea quando secas (Donadio & Demattê, 2000). Estas características do tegumento fazem com as sementes desta espécie apresentem dormência física (sementes duras), comum na família Fabaceae (Bianchetti & Ramos, 1982; Fowler & Carpanezzi, 1998; Perez et al., 1999; Tomaz et al., 2007; Oliveira et al., 2003, 2008), dificultando assim a embebição devido a impermeabilidade do tegumento das sementes à água (Nakagawa et al., 2010).

Embora *P. dubium* seja uma espécie muito freqüente em margens de rios e lagos, favorecendo, principalmente nos períodos chuvosos (dezembro a março), a submersão dos frutos dispersos, ainda são desconhecidos os efeitos causados na germinação de suas sementes quando submetidas a longos períodos de alagamento.

O primeiro objetivo deste trabalho foi investigar se, e em que nível, a submersão afeta a germinação de *P. dubium*, já que sementes desta espécie apresentam dormência por impermeabilidade do tegumento à água, sendo a escarificação (mecânica ou química) um método que proporciona o aumento do desempenho germinativo das sementes (Bianchetti & Ramos, 1982; Perez et al., 1999). Apesar da escarificação das sementes proporcionar uma vantagem na germinação, pois sincroniza a emergência das plântulas, não existem estudos que visam determinar o padrão temporal de absorção de água por sementes de *P. dubium*; além disso, ainda não se sabe o quanto a escarificação influencia o processo de absorção de água. Neste sentido, o segundo objetivo foi comparar a absorção de água de sementes escarificadas e não escarificadas de *P. dubium*.

## **2. Métodos**

### *2.1. Germinação de sementes submetidas a diferentes dias de alagamento*

Frutos maduros foram coletados de uma população de 30 indivíduos de *P. dubium*, localizada na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp – 22°53’07”S; 48°20’23”W), cidade de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. Os frutos foram coletados aleatoriamente no dia 10 de outubro de 2009 de 10 plantas

selecionadas ao acaso e depois transportados em sacos de papel para o laboratório (25°C; 12 horas de luz). Imediatamente após a coleta, os frutos foram homogeneizados e uma parte foi aleatoriamente inserida em dois recipientes (45 litros cada), formando dois tratamentos: 1) frutos submersos em água com aeração induzida artificialmente, fornecida por meio de um compressor de ar de comum uso em aquários (Jebo 660 aquarium Air Pump); 2) frutos submersos em água sem aeração induzida. Em ambos os tratamentos os frutos foram submersos por 30 litros de água. Os frutos restantes não foram submersos, caracterizando um terceiro tratamento. No entanto, este tratamento foi utilizado apenas para verificar se a capacidade de germinação das sementes já era afetada após um dia de alagamento, e se variava dependendo do tipo de aeração. Neste caso, a germinação foi comparada entre sementes não alagadas, alagadas por um dia com aeração induzida e alagadas por um dia sem aeração induzida. Os frutos foram alagados, ao invés das sementes, para simular as condições naturais de dispersão em meio hidrocórico. Considerando que os frutos maduros de *P. dubium* são indeiscentes, quando as sementes atingem a superfície do solo ou água, estão protegidas pelo exocarpo do fruto.

Para os testes de germinação, as sementes foram colocadas em caixas plásticas transparentes tipo Gerbox (11 cm x 11 cm x 4 cm), forradas com duas folhas de papel filtro umedecidas com 10 ml de água destilada e mantidas em germinadores (câmara tipo BOD) com temperatura alternada 20-30 °C ± 1 °C e fotoperíodo de 8 horas (o período de luz correspondeu a temperatura mais elevada). Cada Gerbox correspondeu a uma réplica. Cinco repetições de 20 sementes cada foram utilizadas em todos os testes de germinação, e a germinação foi definida pela emissão de 2 mm de raiz primária (Hadas, 1976). As contagens das sementes germinadas foram feitas diariamente até o 30º dia. Antes de cada teste, metade das sementes sofreu escarificação mecânica com o objetivo de verificar se as sementes que não germinavam após um determinado período de alagamento ainda estavam viáveis, o que indicaria que a não germinação ocorria devido à rigidez do tegumento, impedindo a absorção de água. A escarificação mecânica foi feita manualmente (lixa nº 80), lixando a extremidade oposta à emissão da raiz primária.

Para verificar se a quantidade de sementes inviáveis aumentava com o tempo de submersão, o número de frutos dissecados, necessário para a obtenção das 200 sementes utilizadas nos testes de germinação, foi registrado para cada período de alagamento. Neste caso, foram consideradas sementes inviáveis aquelas que estavam danificadas a

tal ponto de não serem aproveitáveis para os experimentos de germinação (e.g., sementes moles e muito frágeis, que desmanchavam durante a manipulação).

## 2.2. Padrão de embebição das sementes de *P. dubium*

Para a determinação da absorção de água pelas sementes, 1000 frutos maduros de *P. dubium* foram aleatoriamente coletados de cinco plantas pertencentes à mesma população mencionada no subitem anterior. Os frutos foram levados ao laboratório e 200 sementes viáveis foram extraídas manualmente, excluindo aquelas que aparentemente encontravam-se danificadas, predadas, de tamanho reduzido ou mal formadas. Para comparar o padrão temporal de absorção de água entre sementes escarificadas e não escarificadas, 100 sementes sofreram escarificação mecânica, lixando-se a extremidade oposta à emissão da raiz primária (lixa nº 80), e as sementes restantes não foram escarificadas. Em seguida, as sementes foram colocadas em caixas plásticas transparentes tipo Gerbox (11 cm x 11 cm x 4 cm) forradas com duas folhas de papel filtro umedecidas com 10 ml de água destilada, e mantidas em germinadores (câmara tipo BOD) com temperatura alternada  $20-30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 8 horas (o período de luz correspondeu a temperatura mais elevada). Cinco réplicas de 20 sementes foram utilizadas em cada tratamento e cada Gerbox correspondeu a uma réplica.

Todas as sementes foram secas superficialmente com papel filtro e pesadas em intervalos rigorosos de uma hora, inclusive antes do início do processo de embebição, registrando-se o número de sementes germinadas em cada réplica. Após pesagem, as sementes eram novamente colocadas nos respectivos Gerbox, retornando para o germinador, dando continuidade ao processo de embebição, conforme método descrito por Baskin & Baskin (2001). Este procedimento foi interrompido quando as sementes atingiram uma taxa de germinação de pelo menos 50% (Albuquerque et al., 2009).

## 2.3. Análise de dados

Testes de germinação, comparando a porcentagem de germinação entre sementes submetidas ou não a aeração induzida, foram então realizados após 1, 2, 7, 15, 30, 60, 90 e 120 dias de alagamento. Em cada teste foram utilizadas sementes escarificadas e não escarificadas. Primeiramente, Análises de variância (ANOVA) com esquema de



agrupamento (*nested design*) foram aplicadas comparando-se, para cada período de alagamento, a porcentagem média de germinação de sementes de *P. dubium* com ou sem aeração induzida (Aeração), submetidas ou não à escarificação (Escarificação). A variável explanatória “Escarificação” foi agrupada (*nested*) na variável “Aeração” (Crawley, 2007). Para comparar a porcentagem de germinação das sementes de frutos secos com aquelas provenientes de frutos com um dia de alagamento, submetidos ou não à aeração induzida (Tratamentos), com ou sem escarificação nas sementes (Escarificação), outra ANOVA com esquema de agrupamento (*nested design*) foi aplicada, com a variável explanatória “Escarificação” agrupada (*nested*) na variável “Tratamentos”.

Durante o experimento, todos os frutos alagados na condição sem aeração induzida foram utilizados até 120 dias de alagamento. No entanto, ainda restavam frutos da condição de alagamento com aeração induzida. Assim, novos testes de germinação foram feitos após 210, 360, 420 e 480 dias de alagamento, mas considerando apenas esta condição de aeração. Testes-*t* para amostras pareadas (Zar, 1999) foram aplicados comparando-se, para cada período de alagamento, a porcentagem média de germinação de sementes de *P. dubium* submetidas ou não à escarificação.

Todas as análises estatísticas foram conduzidas utilizando-se o Sistema R para Windows, versão 2.10.1 (Crawley, 2007; R Development Core Team, 2009).

Para comparar o padrão temporal de absorção de água das sementes escarificadas e não escarificadas de *P. dubium*, ajustes de modelos lineares e não lineares foram aplicados aos valores médios dos pesos das sementes, determinando-se os melhores ajustes aos dados em ambos os tratamentos.

### 3. Resultados

Considerando os períodos de alagamento de um a 120 dias, os resultados mostraram que não houve efeito significativo para o tipo de aeração (induzida ou não) imposta às sementes (Tabela 1), com exceção para o período de dois dias de alagamento, quando as sementes submetidas à aeração induzida apresentaram maiores porcentagens de germinação (Tabela 1; Fig. 1). No caso do período de 15 dias de alagamento, houve uma tendência das sementes submetidas à aeração induzida apresentarem maior porcentagem de germinação (marginalmente significativo:  $P = 0,0581$ ; Tabela 1; Fig. 1). Já para o efeito de escarificação, diferenças significativas

foram encontradas entre sementes submetidas ou não a escarificação para todos os dias de alagamento (Tabela 1). Com relação ao efeito do tempo de alagamento, verificou-se que houve um decréscimo gradual na porcentagem média de germinação das sementes não escarificadas entre os períodos de 15 a 120 dias de alagamento (Fig. 1). No entanto, nos períodos de alagamento de 210, 360, 420 e 480 dias, quando somente as sementes submetidas à aeração induzida foram consideradas, a porcentagem média de germinação das sementes não escarificadas aumentou consideravelmente, alcançando valores entre 36% (420 dias) e 51% (210 e 360 dias) (Fig. 1). Como anteriormente, a porcentagem média de germinação entre sementes escarificadas e não escarificadas diferiu estatisticamente para os períodos de alagamento de 210 a 480 dias (Tabela 2).

Como esperado, constatou-se que as porcentagens de germinação das sementes escarificadas foram maiores do que as não escarificadas para todos os períodos de alagamento considerados, independente das sementes terem sido submetidas ou não a aeração induzida (Fig. 1). Valores relativamente constantes e bem elevados das porcentagens de germinação (mínimo = 92%; máximo = 100%) foram observados ao longo dos períodos de alagamento para as sementes escarificadas (Fig. 1).

Para a relação entre o número de frutos dissecados e os dias de alagamento, nota-se que houve um aumento no número de frutos dissecados para a obtenção das 200 sementes viáveis necessárias para a realização de cada teste de germinação (Fig. 2). Por exemplo, no caso dos frutos mantidos em condição de alagamento com aeração induzida, 166 e 410 frutos foram dissecados após um dia e 480 dias de alagamento, respectivamente (Fig. 2). Portanto, ocorreu um aumento no número de sementes inviáveis à medida que os frutos permaneciam alagados.

Quando as porcentagens de germinação das sementes provenientes de frutos secos e de frutos com um dia de alagamento foram comparadas, não foi verificada diferença significativa para o tipo de aeração (induzida ou não) ( $GL = 2$ ;  $QM = 10,0$ ;  $F = 0,429$ ;  $P = 0,656$ ); diferença significativa foi novamente constatada apenas entre sementes submetidas ou não à escarificação (com “Escarificação” agrupada em “Tipo de Aeração”:  $GL = 3$ ;  $QM = 11909,2$ ;  $F = 510,393$ ;  $P < 0,0001$  –  $GL_{\text{resíduo}} = 24$ ). Para as sementes secas, com aeração induzida e sem aeração induzida, os valores médios das porcentagens de germinação foram  $29\% \pm 5,5$ ,  $31\% \pm 4,2$  e  $27\% \pm 8,4$  ( $\pm DP$ ), respectivamente, considerando as sementes não escarificadas. Para as sementes escarificadas, a porcentagem média de germinação foi de  $98\% \pm 2,7$  ( $\pm DP$ ), sendo a mesma para todos os tratamentos.

Os resultados do padrão de embebição mostraram claramente que as sementes escarificadas absorveram água mais rapidamente do que as não escarificadas, apresentando um padrão não linear, atingindo um platô após 43,5 horas, quando ocorreu uma estabilização na absorção de água (Fig. 3). Já as sementes não escarificadas apresentaram um padrão linear, ocorrendo uma absorção lenta de água, não apresentando assim uma estabilização durante o período de avaliação (Fig. 3).

#### 4. Discussão

No presente estudo, observou-se que as sementes de *P. dubium* germinaram mesmo após terem permanecido 480 dias submersas, mostrando uma grande tolerância a esta condição adversa, o que corrobora com outros estudos que também verificaram padrão semelhante (Hölzel & Otte, 2004; Geissler & Gzik, 2008 e Kestring et al., 2009). A presença de um tegumento rígido (alta dureza), restringindo parcialmente a difusão rápida de água ao embrião ao longo do tempo, provavelmente explica esta elevada resistência. Essa conclusão é reforçada pela curva de embebição, que mostrou que as sementes não escarificadas absorviam água mais lentamente. Apesar de a água ser fundamental para o processo de germinação, a taxa de entrada de água nas sementes com tegumento impermeável é bem reduzida, limitando a germinação, podendo favorecer a espécie até que as condições ambientais sejam favoráveis (Andersson & Nilsson (2002).

Apesar de a germinação ter ocorrido após um longo período de alagamento, a viabilidade da população de sementes caiu consideravelmente em função do período de alagamento, uma vez que houve um aumento gradual na quantidade de frutos dissecados necessários para a obtenção de sementes viáveis (Fig. 2). O aumento observado na quantidade de frutos abertos pode estar diretamente ligado ao fato de as sementes de *P. dubium* apresentarem lenta e contínua absorção de água pela impermeabilidade tegumentar (Nakagawa et al., 2010). Em testes prévios de laboratório verificou-se que a entrada de água nas sementes desta espécie ocorre por meio do hilo. Este mecanismo pode ser uma pressão de seleção importante, selecionando apenas sementes de alta viabilidade associada à impermeabilidade a água. Resultados semelhantes podem ser observados em diversas espécies da família Fabaceae (Bianchetti & Ramos, 1982; Fowler & Carpanezzi, 1998; Perez et al., 1999; Oliveira et al., 2003; Tomaz et al., 2007; Oliveira et al., 2008).

Analisando o período de até 120 dias de alagamento verificou-se que houve um decréscimo na porcentagem de germinação das sementes alagadas quando não escarificadas, o que poderia sugerir uma redução na viabilidade. No entanto, as sementes escarificadas apresentaram altas porcentagens de germinação após este período. Conseqüentemente, as sementes não escarificadas não germinavam provavelmente porque apresentavam tegumento extremamente rígido, sugerindo que o próprio experimento gerou pressão de seleção, selecionando ao longo do tempo sementes com tegumento cada vez mais rígido, de forma que só a escarificação viabilizava a germinação. Considerando o período de alagamento após 120 dias, constatou-se que a porcentagem de germinação das sementes escarificadas continuou elevada, ocorrendo também um aumento da porcentagem de germinação das sementes não escarificadas, quando comparada com o período de até 120 dias de alagamento. É possível que este aumento na porcentagem de germinação das sementes não escarificadas ocorreu porque a maioria das sementes, após permanecer por um período de alagamento muito prolongado, absorveu água suficiente para viabilizar a germinação, mesmo que o experimento tenha selecionado sementes com tegumento de alta rigidez. A hipótese de que o experimento selecionou sementes de tegumento mais rígido é corroborada pelo aumento na quantidade de frutos dissecados em função do período de alagamento.

Estratégias adaptativas como alterações fenológicas (frutificação sincronizada com as oscilações no nível da água), redução da atividade fotossintética e metabolismo anaeróbico (Schlüter et al., 1993; Wittmann & Parolin, 1999; Parolin, 2001; Parolin et al., 2002; Schöngart et al., 2002) são algumas das características de história de vida que muitas espécies de plantas que vivem necessariamente associadas a cursos d'água apresentam (Wittmann et al., 2007). Não se sabe se indivíduos de *P. dubium* apresentam algumas destas características, uma vez que esta planta não ocorre necessariamente associada a cursos d'água. No entanto, segundo o exposto, é possível que a seleção favoreça o surgimento de sementes mais resistentes ao alagamento naquelas populações de *P. dubium* associadas a cursos d'água, promovendo, ao longo das gerações, um aumento da frequência de indivíduos que produzam sementes extremamente rígidas. Tal processo seria importante para gerar padrões de estrutura genética em populações desta espécie, o que poderia explicar diferenças na história de vida entre populações situadas próximas ou distantes de cursos d'água.

O aumento nas taxas de germinação das sementes não escarificadas após 120 dias de alagamento também pode ter ocorrido devido a um ajuste metabólico, ativado pelo reconhecimento e resposta a fatores abióticos, o que sugeriria plasticidade fenotípica das sementes em condições de alagamento prolongado. Dessa forma, pode-se supor que há ação de mecanismos adaptativos envolvendo interações fisiológicas e metabólicas que propiciaram a tolerância das sementes ao alagamento prolongado (Ferreira et al., 2005).

A capacidade das sementes de *P. dubium* germinarem após permanecerem submersas por longos períodos sugere que esta espécie pode apresentar dispersão por hidrocoria, sendo uma estratégia importante para seu estabelecimento, uma vez que pode crescer as margens de rios (Marchiori, 1997; Lorenzi, 2000, Malavasi et al., 2010). A capacidade de permanecerem viáveis após a submersão pode favorecer a formação de um banco de sementes persistente ( $> 1$  ano na água ou solo) (Pires et al., 2009), podendo ocorrer a dispersão das sementes por cursos d'água neste período com posterior germinação em locais distantes da planta de origem.

## Referências

- Albuquerque, K.S. Guimarães, R.M. Almeida, I.F. Clemente, A.C.S., 2009. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira-preta (*bowdichia virgilioides* kunth.). Rev. Bras. Sem., 31, 12-19.
- Andersson, E., Nilsson, C., 2002. Temporal variation in the drift of plant litter and propagules in a small boreal river. Freshwater Biol. 47, 1674-1684.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M. 2001. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, New York.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M., Chester, E.W., 2000. Effect of flooding on the annual dormancy cycle and on germination of seeds of the summer annual *Schoenoplectus purshianus* (Cyperaceae). Aquat. Bot. 67, 109-116.
- Bianchetti, A., Ramos, A., 1982. Comparação de tratamentos para superar a dormência de sementes de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). Bol. Pesqui. Florest. 4, 91-99.
- Brancalion, P.H., Novembre, A.D.L.C., Rodrigues, R.R., Marcos Filho, J., 2010. Dormancy as exaptation to protect mimetic seeds against deterioration before dispersal. Ann. Bot. 105, 991-998.
- Carvalho, P.E.R., 1994. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Embrapa-CNPQ, Colombo, PR.
- Crawley, M.J., 2007. The R book. John Wiley & Sons, Chichester.
- Dias-Filho, M.B., 2006. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu. In: Barbosa R.A. (Ed.), Morte de pastos de braquiárias. EMBRAPA Gado de Corte, Campo Grande, MS, pp. 83-101.
- Donadio, N.M.M., Demattê, M.E.S.P., 2000. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. e jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. ex Benth.). Fabaceae. Rev. Bras. Sem., 22, 64-73.
- Durigan, G., Figliolia, M.B., Kawabata, M., Garrido, M.A.O., Baitello, J.B., 1997. Sementes e mudas de árvores tropicais. Páginas & Letras, São Paulo.
- Ferreira, C.S., Piedade, M.T.F., Parolin, P., Barbosa, K.M.N., 2005. Tolerância da espécie *Himatanthus sucuuba* Wood. (Apocynaceae), ao alagamento na Amazônia Central. Acta Bot. Bras. 15, 100-112.
- Figliolia, M.B., 1995. Colheita de sementes. IF Ser. Regist., 14, 1-12.

- Fowler, J.A.P., Carpanezzi, A.A., 1998. Tecnologia de sementes de Maricá *Mimosa bimucronata* (DC) O. Ktze. Bol. Pesq. Flor. 36, 47-56.
- Geissler, K., Gzik, A., 2008. The impact of flooding and drought on seeds of *Cnidium dubium*, *Gratiola officinalis*, and *Juncus atratus*, three endangered perennial river corridor plants of Central European lowlands. Aquat. Bot. 89, 283–291.
- Gomes, P.B., Válio, I.F.M., Martins, F.R., 2006. Germination of *Geonoma brevispatha* (Arecaceae) in laboratory and its relation to the palm spatial distribution in a swamp forest. Aquat. Bot. 85, 16-20.
- Guo, Y., Shelton, M.G., Lockhart, B.R., 1998. Effects of flood duration and season on germination of black, cherrybark, northern red, and water oak acorns. N. For. 15, 69-76.
- Hadas, A., 1976. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. J. Exp. Bot., 27(98), 480-489.
- Hölzel, N., Otte, A., 2004. Ecological significance of seed germination characteristics in flood-meadow species. Flora 199, 12–24.
- Jackson, M.B., Colmer, T.D., 2005. Response and adaptation by plants to flooding stress. Ann. Bot. 95, 501-505.
- Kestring, D., Klein, J., Menezes, L.C.C.R., Rossi, M.N., 2009. Imbibition phases and germination response of *Mimosa bimucronata* (Fabaceae: Mimosoideae) to water submersion. Aquat. Bot. 91, 105-109.
- Kozłowski, T.T., 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiol. Monogr., 1, 1-29.
- Leck, M.A., 1996. Germination of macrophytes from a Delaware River tidal freshwater wetland. Bull. Torrey Bot. Club 123, 48-67.
- Lobo, P.C., Joly, C.A., 2000. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. In: Rodrigues, R.R., Leitão-Filho, H.F. Matas ciliares: conservação e recuperação. Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp.143-157.
- Lorenzen, B., Brix, H., McKee, K.L., Mendelssohn, I.A., Miao, S.L., 2000. Seed germination of two Everglades species, *Cladium jamaicense* and *Typha domingensis*. Aquat. Bot. 66, 169-180.
- Lorenzi, H., 1992. Árvores brasileiras. Ed. Plantarum, São Paulo.
- Lorenzi, H., 2000. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP.

- Lytle, D.A., Poff, N.L., 2004. Adaptation to natural flow regimes. *Trends Ecol. Evol.* 16: 94-100.
- Malavasi, M.M., 1988. Germinação de sementes. In: Piña-Rodrigues, F.C. (Coord.), Manual de análise de sementes florestais. Fundação Cargill, Campinas, pp. 25-40.
- Malavasi, U.C., Klein, J., Malavasi, M.M., 2010. Efeito de um protetor físico na semeadura direta de duas espécies florestais em área de domínio ciliar. *Rev. Árvore*, 34, 781-787.
- Marchiori, J.N.C., 1997. Dendrologia das angiospermas: leguminosas. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Martin, B.A., Cerwich, S.F., Reding, L.D., 1991. Physiology basis for inhibition of Maize seed germination by flooding. *Croop Sci.* 31, 1051-1057.
- Merritt, D.M., Wohl, E.E., 2006. Plant dispersal along rivers fragmented by dams. *River Res. Appl.* 22, 1-26.
- Mollard, F.P.O., Insausti, P., Sanchez, R.A., 2007. Flooding induces secondary dormancy in *Setaria parviflora* seeds. *Seed Sci. Res.* 17, 55-62.
- Mooks, P.L., Reis, J.C.L., 1995. Viabilidade de sementes de espécies forrageiras submetidas à inundação durante o período do cultivo do arroz irrigado. Informativo Abrates, Brasília, 5.
- Nakagawa, J., Mori, E.S., Pinto, C.S., Fernandes, K.H.P., Seki, M.S., Meneghetti, R.A., 2010. Maturação e secagem de sementes de *Peltophorum dubium* (spreng.) taubert (canafístula). *Rev. Árvore* 34, 49-56.
- Oliveira, L.M., Davide, A.C., Carvalho, M.L.M., 2003. Avaliação de métodos para quebra de dormência e para desinfestação de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). *Rev. Árvore* 27, 597-603.
- Oliveira, L.M., Davide, A.C., Carvalho, M.L.M., 2008. Teste de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert-Fabaceae. *Floresta* 38, 45-551.
- Parolin, P., Armbruster, N., Wittmann, F., Ferreira, L.V., Piedade, M.T.F., Funk, W.J., 2002. A review of tree phenology in Central Amazonian floodplains. *Pesq. Bot.* 52, 195-222.
- Parolin, P., 2001. Seed germination and early establishment of 12 tree species from nutrient-poor Central Amazonian floodplains. *Aquat. Bot.* 70, 89-103.
- Perez, S.C.J.G.A., Fanti, S.C., Casali, C.A., 1999. Dormancy break and light quality effects on seed germination of *Peltophorum dubium* Taub. *Rev. Árvore* 23, 131-137.



- Perez, S.C.J.G.A., Fanti, S.C., Casali, C.A., 2001. Influência da luz na germinação de sementes de canafistula submetidas ao estresse hídrico. *Bragantia* 60, 155-166.
- Pinto, L.V.A., Botelho, S.A., Oliveira Filho, A.T., Davide, A.C., 2005. Estudo da vegetação como subsídio para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. *Rev. Árvore* 29, 775-794.
- Pires, J.M., Prance, G.T., 1989. The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: Prance, G., Lovejoy, T. (Eds.), *Key Environments: Amazonia*. Oxford, pp.109-145.
- R Development Core Team, 2009. R: a language and environment for statistical computing. Version 2.10.1. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Schlüter, U.B.Furch, B., Joly, C.A., 1993. Physiological and anatomical adaptations by young *Astrocaryum jauari* Mart. (Arecaceae) in periodically inundated biotopes of tree species in Amazonian floodplain forests. *J. Trop. Ecol.* 18, 581-597.
- Schöngart, J.; Piedade, M.T.F.; Ludwigshausen, S.; Horna, V.; Worbes, M. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *J. Trop. Ecol.*, 18, 581-597.
- Silva, B.M.S., Carvalho, N.M., 2008. Efeitos do estresse hídrico sobre o desempenho germinativo da semente de faveira (*Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. - Fabaceae) de diferentes tamanhos. *Rev. Bras. Sementes* 30, 55-65.
- Simão, E., Takaki, M., Cardoso, V.J.M, 2010. Germination response of *Hylocereus setaceus* (Salm-Dyck ex DC.) Ralf Bauer (Cactaceae) seeds to temperature and reduced water potentials. *Braz. J. Biol.* 70, 135-144.
- Tomaz, C.A., Kestring, D., Rossi, M.N., 2007. Effects of the seed predator *Acanthoscelides schrankiae* on viability of its host plant *Mimosa bimucronata*. *Biol. Res.* 40, 281-290.
- Vogt, K., Rasran, L., Jensen, K., 2007. Seed deposition in drift lines: opportunity or hazard for species establishment? *Aquat. Bot.* 86, 385-392.
- Wittmann, A.O., Piedade, M.T.F., Parolin, P., Wittmann, F., 2007. Germination in four low-várzea tree species on Central Amazonia. *Aquat. Bot.* 86, 197-203.
- Wittmann, F., Parolin, P., 1999. Phenology of six tree species from Central Amazonian várzea. *Ecotropica* 5, 51-57.
- Wuebker, E.F., Mullen, R.E., Koehler, K., 2001. Flooding and temperature effects on soybean germination. *Crop Sci.* 41, 1857-1861.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey.

Zenzen, I.L, Amarante, L., Colares, D.S, Oliveira, M.L, Bernardi, E., Guimarães, E.L., Nascimento, J.S., 2007. Área foliar e volume do sistema radicular em plantas de soja inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium* e submetidas ao alagamento. Rev. Bras. Biocienc. 5, 1092-1094.

**Tabela 1**

Análise de variância (ANOVA) com esquema de agrupamento (*nested design*) comparando-se, para cada período de alagamento, a porcentagem média de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* com ou sem aeração induzida (Aeração), submetidas ou não à escarificação (Escarificação). A variável explanatória Escarificação foi agrupada (*nested*) na variável Aeração (Aeração/Escarificação).

Dias*	Fonte de variação	GL**	QM	F	P
1	Aeração	1	20	0,781	0,3901
	Aeração/Escarificação	2	11912,5	464,88	< 0,0001
2	Aeração	1	180	6,000	0,0262
	Aeração/Escarificação	2	13082,0	436,08	< 0,0001
7	Aeração	1	11,2	0,247	0,6262
	Aeração/Escarificação	2	10626,2	232,90	< 0,0001
15	Aeração	1	281,2	4,167	0,0581
	Aeração/Escarificação	2	12151,2	180,02	< 0,0001
30	Aeração	1	31,2	0,633	0,4379
	Aeração/Escarificação	2	16636,2	336,94	< 0,0001
60	Aeração	1	20	0,444	0,5145
	Aeração/Escarificação	2	18933,0	420,72	< 0,0001
90	Aeração	1	31,2	1,923	0,1845
	Aeração/Escarificação	2	21391,2	1316,38	< 0,0001
120	Aeração	1	11,2	0,750	0,3993
	Aeração/Escarificação	2	22806,3	1520,42	< 0,0001

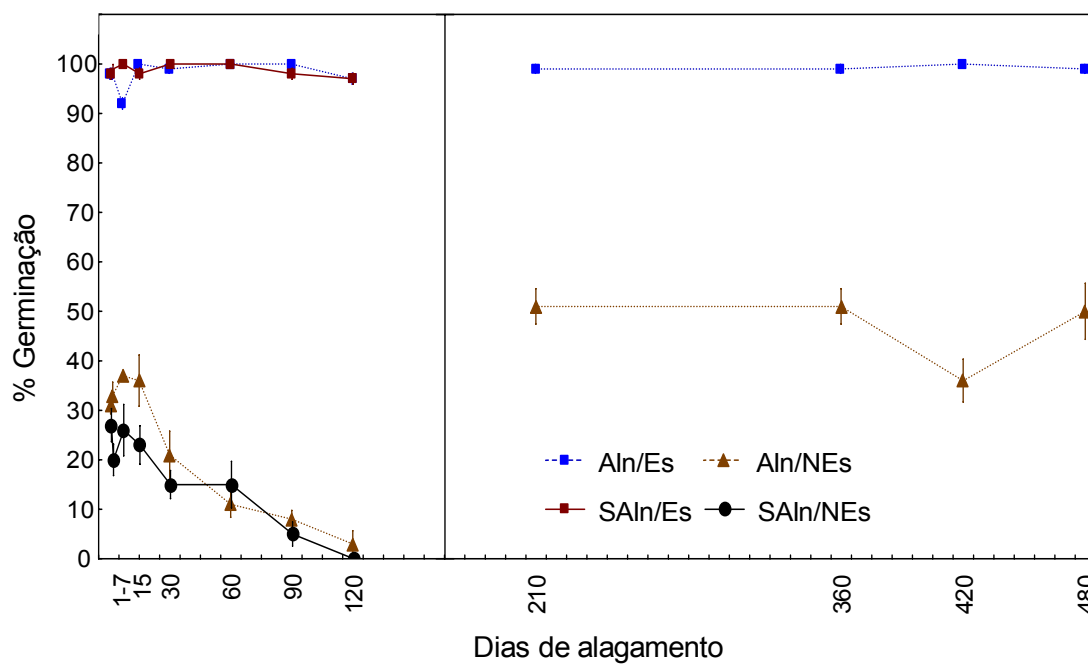
\*Corresponde aos diferentes dias de alagamento; \*\* $GL_{residuo}=16$  para todas as análises.

**Tabela 2**

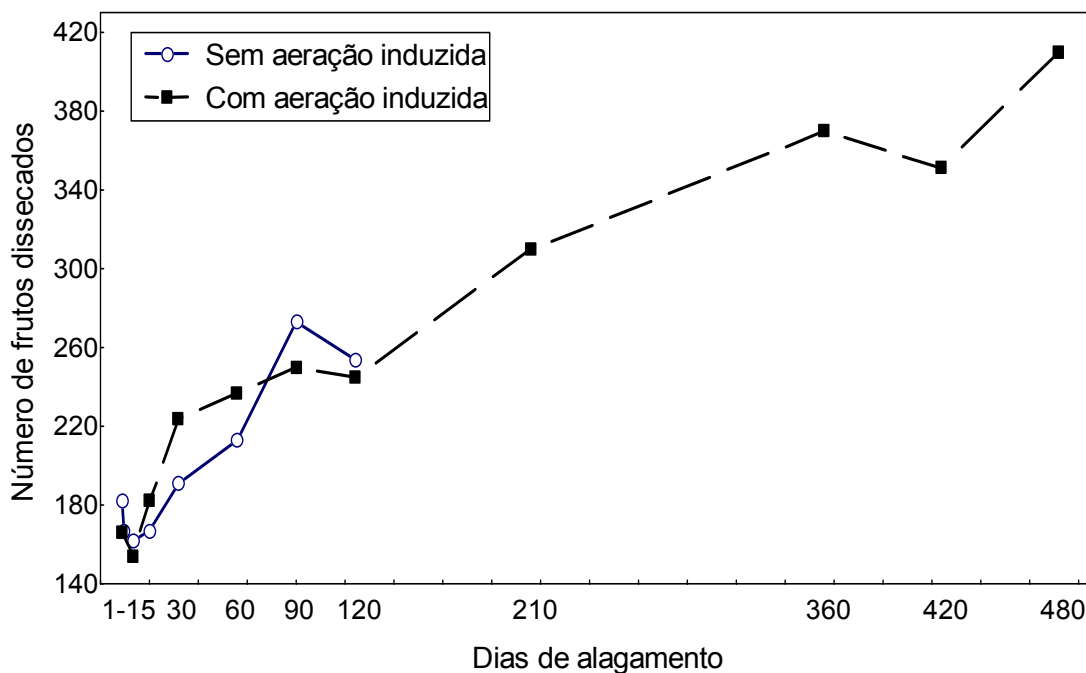
Comparação da porcentagem média de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* submetidas ou não à escarificação. O teste-*t* pareado foi aplicado para cada período de alagamento.

Dias*	GL	<i>t</i>	<i>P</i>
210	4	10,35	0,0005
360	4	10,35	0,0005
420	4	13,20	0,0002
480	4	7,43	0,002

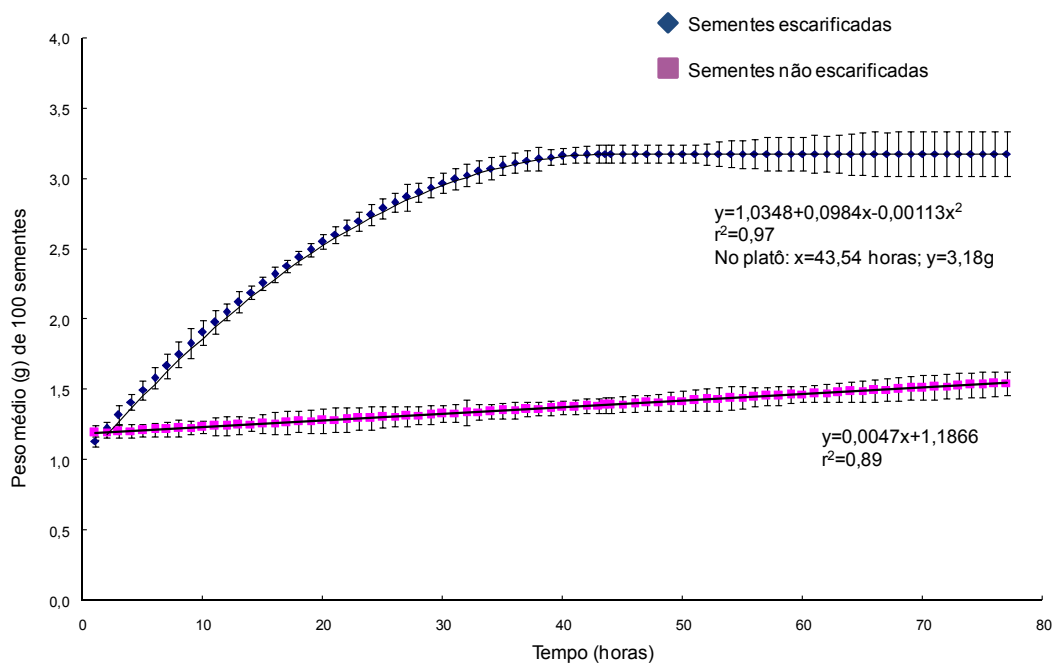
\*Corresponde aos diferentes dias de alagamento.



**Fig. 1.** Efeito do tempo de alagamento na germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Porcentagem  $\pm$  EP) com ou sem aeração induzida (AIn = Aeração induzida; SAIn = Sem aeração induzida), submetidas ou não à escarificação (Es = Escarificadas; NEs = Não escarificadas). As barras do erro padrão para alguns pontos são menores que os símbolos.



**Fig. 2.** Relação entre o número de frutos dissecados de *Peltophorum dubium* e os dias de alagamento. Nota-se que à medida que os frutos permaneciam alagados houve um aumento no número de frutos dissecados para a obtenção da quantidade de sementes viáveis necessárias para a realização dos experimentos de germinação.



**Fig. 3.** Peso médio acumulado de 100 sementes de *Peltophorum dubium* com e sem escarificação.

## Considerações finais

O estudo do banco de sementes do solo demonstrou que a composição florística de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual tem maior riqueza, diversidade e composição de espécies nas amostras provenientes da serrapilheira, do que nas profundidades de 0-10cm e 10-20cm, tanto na estação chuvosa como na seca.

Com relação a riqueza e a diversidade de espécies entre as estações seca e chuvosa, verificou-se diferenças significativas, onde os maiores valores foram observados na estação chuvosa.

Este estudo aponta uma predominância de plantas daninhas herbáceas, com as espécies *Gnaphalium coarctatum*, *Gallesia integrifolia*, *Talinum paniculatum*, *Cardamine bonariensis* e *Pereskia aculeata* sendo dominantes, e uma baixa similaridade entre a parte aérea e o banco de sementes.

Os diferentes estágios sucessionais contribuíram muito pouco para a variação no banco de sementes, verificando-se baixa similaridade na composição de espécies. Apesar da presença de algumas espécies arbóreas pioneiras no banco de sementes, houve predominância de espécies herbáceas provenientes de fontes externas ao fragmento, havendo, portanto, evidências de perda de resiliência deste ecossistema.

As sementes de *P. dubium* germinaram mesmo após terem permanecido 480 dias submersas, mostrando uma grande tolerância a esta condição adversa. A presença de um tegumento rígido, provavelmente explica esta elevada resistência. Essa conclusão é reforçada pela curva de embebição, que mostrou que as sementes não escarificadas absorviam água mais lentamente.

Apesar de a germinação ter ocorrido após um longo período de alagamento, a viabilidade da população de sementes caiu consideravelmente em função do período de alagamento, uma vez que houve um aumento gradual na quantidade de frutos dissecados necessários para a obtenção de sementes viáveis.