

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO E USO DE
RECURSOS RENOVÁVEIS

IVONIR PIOTROWSKI SANTOS

**APTIDÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS PARA A RESTAURAÇÃO
ECOLÓGICA EM ÁREAS DE FLORESTA ESTACIONAL**

Sorocaba
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO E USO DE
RECURSOS RENOVÁVEIS

IVONIR PIOTROWSKI SANTOS
Engenheiro Ambiental

**APTIDÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS PARA A RESTAURAÇÃO
ECOLÓGICA EM ÁREAS DE FLORESTA ESTACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em planejamento e uso de recursos renováveis, para obtenção do título de mestre em ciências Ambientais

Orientação: Prof^a. Dr José Mauro Santana da Silva

Co-orientação: Prof^a. Dr^a. Fatima Conceição Márquez Piña-Rodrigues

Sorocaba
2016

Santos, Ivonir Piotrowski

Aptidão de espécies florestais para a restauração ecológica em áreas de floresta estacional / Ivonir Piotrowski Santos. -- 2016.
43 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: José Mauro Santana da Silva, Fatima Conceição Márquez Piña-Rodríguez

Banca examinadora: Pedro José Ferreira Filho, Alexandre Marco da Silva
Bibliografia

1. grupos ecológicos. 2. estabelecimento de espécies florestais. 3. espécies facilitadoras. I. Orientador. II, Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

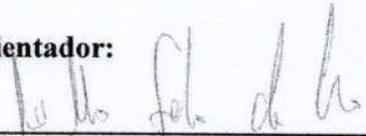
DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

IVONIR PIOTROWSKI SANTOS

**APTIDÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS PARA A
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM ÁREAS DE FLORESTA
ESTACIONAL**

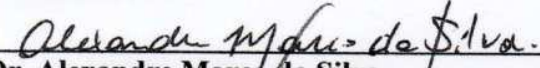
**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação para obtenção do título de
mestre em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis.
Universidade Federal de São Carlos.
Sorocaba, 04 de maio de 2016.**

Orientador:



Prof. Dr. José Mauro Santana da Silva
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar Campus Sorocaba

Examinadores:



Dr. Alexandre Marco da Silva
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Sorocaba



Prof. Dr. Pedro José Ferreira Filho
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar Campus Sorocaba

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, Virgilio Santos (em memória) e Genni Piotrowski Santos por todo aprendizado que adquiri em casa, aos meus filhos Arthur Gaspar Piotrowski e Davi Gaspar Piotrowski pela alegria que me trazem todo dia, a minha esposa Ana Paula Gaspar Piotrowski pelo apoio nas horas de dificuldade e aos meus amigos e professores pela convivência e ensinamentos no dia a dia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade que tenho em minha carreira e pela sabedoria, entendimento e amizades conquistadas na vida.

Aos professores e orientadores José Mauro Santana da Silva e Fatima C. M. Piña-Rodrigues pela oportunidade de fazer parte de sua equipe em diversas atividades;

Aos professores da banca Pedro José Ferreira Filho e Alexandre Marco da Silva pela disposição e auxílio para as próximas etapas;

Aos professores amigos da Engenharia Florestal pelo auxílio e força para meus estudos no mestrado PPGPUR.

Ao pessoal do laboratório LASEM pela ajuda nas mais diferentes atividades que favorecem o engrandecimento de nosso grupo;

Aos alunos participantes das coletas de dados pelo excelente trabalho realizado;

A Mestranda Aparecida Juliana dos Santos pelos incontáveis apoios nas atividades didáticas e campo;

Aos meus irmãos Neri Piotrowski Santos e Antonio Pietroski Santos pela ajuda em campo na coleta de dados.

RESUMO

PIOTROWSKI, IVONIR. Aptidão de espécies florestais para a restauração ecológica em áreas de Floresta Estacional. 2016. 43f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Uso dos Recursos Renováveis) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016.

A classificação de espécies em grupos facilita a sua seleção para a restauração de processos ecológicos e o desenvolvimento dos indivíduos em campo. Com o objetivo de identificar as espécies com aptidão silvicultural (crescimento e sobrevivência) em região de Floresta Estacional Decidual, em 2011, foi implantado experimento em Sorocaba, SP, com alta densidade de plantas (3 indivíduos/m²), diversidade (142 espécies) e funções ecológicas (adubadoras, atrativas à fauna, fertilizadoras e cobertura do solo). Dos 15 aos 45 meses foram avaliados o crescimento das plantas (altura- H, diâmetro a altura do colo- DAC e a sobrevivência- S) em 120 parcelas de 12,5 m². As espécies foram classificadas como inaptas (> 75% de mortalidade aos 15 meses), sensíveis a competição (> 75% de mortalidade aos 45 meses), facilitadoras (> 50% de mortalidade aos 45 meses) e estruturantes (<50% de mortalidade aos 45 meses). Com base no incremento periódico anual e sobrevivência, foram atribuídas notas para as espécies estruturantes (alta, média, regular e baixa aptidão). Das 77 espécies selecionadas e 3945 indivíduos, apenas *Calophyllum brasiliense* (Cambess) foi classificada como inapta. Das demais, 8 (10,4%) espécies foram sensíveis à competição e 10 (13,0%) foram consideradas facilitadoras sendo o restante estruturantes. Entre as sensíveis foram observadas espécies plantadas com alta frequência em plantios de restauração, o que pode causar a ocorrência de clareiras ao longo do tempo favorecendo a reinfestação com invasoras. Recomenda-se evitar as sensíveis à competição em espaçamentos maiores, bem como aumentar o número de espécies estruturantes na formação inicial do plantio.

Palavras-chave: Grupos ecológicos. Estabelecimento de espécies florestais. Espécies facilitadoras.

ABSTRACT

PIOTROWSKI, IVONIR. Forest species suitability for ecological restoration in areas of Seasonal Forest. 2016. 43f.

The classification of species by functional traits facilitates their selection for the restoration of ecological processes and their development in field conditions. In order to identify species with silvicultural suitability (survival and growth) in Deciduous Forest region in 2011, we performed an experiment in Sorocaba, SP, with high plant density (3 individuals / m²), diversity (142 species) and ecological functions (biomass input, attractive to wildlife, fertilizing and soil cover). After 15 to 45 months we evaluated plant growth (height-H, the height; diameter in soil level - DAC and survival- S) in 120 plots of 12.5 m². The species were classified as unsuitable (> 75% mortality at 15 months), sensitive to competition (> 75% mortality at 45 months), facilitative (> 50% mortality at 45 months) and structural (<50% mortality at 45 months). Based on the annual survival and periodic increment, grades were assigned to the structural species (high, medium, low and regular suitability). From 77 selected species and 3945 individuals, only *Calophyllum brasiliense* (Cambess) was classified as unsuitable. From the remaining species, 8 (10.4%) were sensitive to competition and 10 (13.0%) were considered facilitative and the remainder were structural. Among the sensitive species planted we observed ones with high frequency in restoration plantation, which may cause the occurrence of gaps over time favoring invasive reinfestation. It is recommended to avoid high density of sensitive species in larger spacing as well as increase the number of structural species in the initial formation of the planting.

Keywords: Ecological groups. Establishment of forest species. Facilitative species.

SUMÁRIO

RESUMO	6
CAPÍTULO 1	9
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Métodos de restauração	10
1.1.1 Técnicas de nucleação	10
1.1.2 Semeadura direta	11
1.1.3 Regeneração natural ou passiva	11
1.1.4 Plantio por mudas	12
1.2 Autoecologia das espécies e a restauração	12
CAPÍTULO 2	15
1 INTRODUÇÃO	18
2 MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1 Área de estudo	19
2.2 Coleta e análise de dados	21
2.3 Critérios de classificação	22
3 RESULTADOS	23
3.1 Incremento Periódico anual de altura e diâmetro	24
3.2 Classificação ecológica	27
3.3 Classes de aptidão	31
4 DISCUSSÃO	31
5 CONCLUSÕES	35
6 AGRADECIMENTOS	35
CAPÍTULO 3	36
CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
CAPÍTULO 4	38
REFERÊNCIAS	38

CAPÍTULO 1

1 Introdução

Com base na Lei Florestal nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), a quantidade de áreas degradadas que o Brasil possui em reserva legal e proteção permanente é de aproximadamente 21 milhões de ha (SOARES-FILHO, et al., 2014). Para promover sua restauração, vários conceitos são apresentados e destacam-se: (a) reabilitação ecológica: retorno de alguns benefícios ecossistêmicos independente de sua condição original (MMA, 2013); (b) recuperação: mudança de condição da área de degradada para não degradada (BRASIL, 2000) e (c) restauração ecológica: auxilia no reestabelecimento do ecossistema degradado e acelera processos funcionais, estrutura e resiliência, cujo objetivo é de retornar a condições semelhantes a anterior (SER, 2004). A restauração ecológica, no conceito apresentado, orienta os rumos a serem traçados no presente trabalho visando o retorno de processos ecológicos para a área restaurada.

A restauração ecológica no Brasil tem passado por mudanças de conceitos e técnicas buscando a eficiência na escolha de espécies (ASSIS et al., 2013). No estado de São Paulo, para determinar o número ideal de espécies para a restauração foram necessários workshops de discussões por profissionais técnicos, obtendo-se um número mínimo de espécies a ser considerada no final de um projeto (BRANCALION et al., 2010).

O estado de São Paulo foi pioneiro em propor mecanismos legais para orientar os processos de restauração e direcionar a implantação e condução dos plantios visando resultados mais efetivos. Em 2001, estabeleceu a resolução SMA nº 21 de 21 de novembro de 2001 com objetivo inicial de orientar e legislar sobre o plantio heterogêneo de áreas degradadas (SÃO PAULO, 2001). A partir disto, a legislação vem sendo modificada seguindo critérios científicos e técnicos para se adequar com a realidade da restauração estabelecendo critérios mais rígidos e complexos (DURIGAN et al., 2010). A revisão da legislação resultou nas sucessivas resoluções SMA nº 47 de 26 de novembro de 2003 (SÃO PAULO, 2003), nº 58 de 30 de Dezembro de 2006 (SÃO PAULO, 2006), SMA nº 08 de 31 de Janeiro de 2008 (SÃO PAULO, 2008) e a atual SMA nº 32 de 03 de abril de 2014 que, nas suas diferentes etapas, estabeleceram

critérios para implantação de projetos de restauração visando atingir níveis satisfatórios de cobertura do solo, sobrevivência das espécies e condições ideais para o aporte de novos indivíduos objetivando a manutenção da sucessão da floresta (SÃO PAULO, 2014).

1.1 Métodos de restauração

Desde 2006 o bioma Mata Atlântica conta com uma legislação específica visando sua conservação, proteção e regeneração (BRASIL, 2006). A Floresta Atlântica ocupava apenas 15% de sua área original em remanescentes acima de três hectares presentes em 17 estados (INPE, 2014). Para recomposição desse ecossistema, vários modelos de restauração foram aplicados baseados nos princípios sucessionais. Dentre esses destacam-se as técnicas de nucleação, a semeadura direta, regeneração natural e o plantio por mudas.

1.1.1 Técnicas de nucleação

Consiste em não ocupar a área na sua totalidade e sim fazer com que sistemas de núcleos propiciem o aporte de propágulos para a regeneração natural e chegada de espécies vegetais e outras formas de vida (YARRANTON; MORRISON, 1973; REIS et al., 2007) visando através da sucessão um ponto de equilíbrio ecológico (REIS, 2010). Ainda de acordo com Reis et al. (2007), dentre as atividades previstas para o sucesso do modelo estão: (a) transposição do solo, para que haja recolonização da área com microrganismos, sementes e outros propágulos de espécies vegetais, (b) instalação de poleiros artificiais para que as aves possam recolonizar a área e serem também os dispersores de sementes, (c) coleta de semente com variabilidade genética, (d) plantio de mudas em ilhas de alta diversidade para atração da diversidade biológica e (e) transposição de sementes de fragmentos vizinhos que são recolhidas com coletores e dispersas na área de restauração sendo que cada uma dessas técnicas possuem características funcionais de conectividade e facilitação entre as unidades de fragmentação (REIS et al., 2010). De acordo com Tomazi (2010), os poleiros artificiais exerceram papel de nucleação salvo apenas barreiras não estudadas de recrutamento de algumas espécies para o local. A nucleação acelerou a sucessão ecológica promovendo reestabelecimento de funções em áreas de restauração (BECHARA et al., 2007), porém, estudos mostraram que o uso da técnica longe de fragmentos florestais ou com espécies

de gramíneas invasoras torna-se limitada pela lentidão do aumento da biodiversidade e abafamento das plântulas (BIERAS, et al., 2015).

1.1.2 Semeadura direta

É uma metodologia que visa principalmente reduzir os custos de implantação da restauração em comparação com o plantio de mudas, já que elimina todos os gastos na fase de viveiro (ENGEL; PARROTTA, 2001; SANTOS et al., 2012). Por se utilizar uma grande quantidade de sementes, ocupa-se maior espaço de solo competindo com espécies invasoras como a *Brachiaria* sp. e outras gramíneas (SAMPAIO et al., 2015), favorecendo um desenvolvimento das mudas em maior número do que o plantio convencional 3x2 (AGUIRRE et al., 2015). Em estados como Sergipe, a semeadura direta se mostrou satisfatória utilizando algumas espécies florestais mostrando sua eficiência em recuperação de matas ciliares com bom desenvolvimento em altura e diâmetro na altura do colo das plantas sendo que as taxas de mortalidade foram causados pelo déficit hídrico em períodos de seca (FERREIRA, et al., 2009).

1.1.3 Regeneração natural ou passiva

O modelo busca fontes naturais de regeneração para recompor a floresta após perturbações naturais ou antrópicas. Entre as maneiras que a área possui para se recompor, encontra-se o banco de sementes no solo, a dispersão de sementes de outras fontes pelo vento ou animais e a rebrota dos troncos afetados (CHAZDON, 2012). O banco de sementes e plântulas no solo faz com que as espécies substituam gradativamente as outras árvores de acordo com fatores ambientais e condições de luz do local, fazendo com que, de acordo com o estágio sucessional da floresta, encontrem-se diferentes espécies e classes de tolerância a sombra, números de indivíduos e sobrevivência das plântulas (SCHORN; GALVÃO, 2006). As plântulas presentes no sub-bosque das florestas também podem ser utilizadas como fontes de produção de mudas para utilização em projetos de restauração por apresentarem grande quantidade de espécies e muitas vezes não serem encontradas nos viveiros comerciais (SANTOS, 2011). De acordo com Onofre et al. (2010) a regeneração natural no interior de uma floresta de *Eucalyptus*, pode favorecer a formação de núcleos de espécies na recuperação da vegetação nativa. Existindo fontes de propágulos de sementes próximos

às áreas de restauração isso favorecerá a diversidade na restauração, bem como a volta dos processos ecológicos (SOUZA; BATISTA, 2003).

1.1.4 Plantio por mudas

No Brasil, tem sido uma das técnicas mais empregada (RODRIGUES et al., 2009a). Consiste no plantio de mudas seguindo vários modelos de distribuição ecológica como diversidade e preenchimento que consorcia grupos sucessionais pioneiras e não pioneiras, considerando suas funções na área a ser restaurada (RODRIGUES et al., 2009b). Com o conhecimento da ecologia de cada espécie podem ser distribuídas em campo para que cada indivíduo possa atuar como formador de *microsite* específico ao redor de sua coroa garantindo o sucesso da formação da alta diversidade da floresta (GANDOLFI et al., 2007).

A escolha da metodologia adequada depende de fatores como o conhecimento do local, escolha correta da metodologia de plantio, da biologia e forma de utilização das espécies para o sucesso do plantio heterogêneo (RODRIGUES, et al., 2009b). Plantios adensados e com alta diversidade de espécies foram utilizados nas décadas de 80 e 90 para a restauração de áreas degradadas por proporcionarem o rápido fechamento das áreas e o estabelecimento de processos ecológicos como a ciclagem de nutrientes e aporte de serapilheira (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997; MACHADO et al., 2008). O modelo de plantio adensado e diverso visa recuperar a floresta de maneira mais rápida, com diversidade e espaçamento similar à floresta madura e em condições ecológicas favoráveis à fauna e flora além de promover maior competição dos indivíduos (MIYAWAKI, 1999; SCHIRONE et al., 2011). A vantagem do plantio adensado é que o estabelecimento das espécies e o preenchimento da área é mais rápido, evitando assim o comprometimento de comunidades arbóreas pela alta mortalidade ao longo do tempo (RODRIGUES, et al., 2010), tendo com isso um avanço contra as invasoras e também melhor estruturação do solo pelas raízes das plantas. Em contrapartida, o custo total com mudas torna o modelo caro e ainda é pouco utilizado no país.

1.2 Autoecologia das espécies e a restauração

Cada espécie tem suas particularidades ecológicas que permitem agrupá-las baseado em características similares para garantir o futuro da floresta e a permanência da mesma no sistema através das sementes geradas e formação de novas plântulas (RODRIGUES et al., 2009b). Na sucessão em florestas naturais, os grupos são

formados por espécies pioneiras, secundárias e climácicas. As pioneiras tendem a colonizar áreas abertas, hábito associada à germinação favorecida pela luz (NOBREGA et al., 2008), características de rápido crescimento, e por serem r- estrategistas, ou seja, investem na produção abundante de sementes (CALDATO et al., 1996). Por outro lado, as espécies climácicas são consideradas de fim de sucessão (PEREIRA et al., 2010) e apresentam em comum características como a capacidade de germinarem e se desenvolverem na sombra, possuindo lento crescimento. Esta característica pode ser mais associada as k- estrategistas, espécies capazes de se estabelecerem mesmo sob condições de alta competição (GADGIL; SOLBRIG, 1972). Dessa forma, o agrupamento de espécies por características similares e funcionais pode ser uma importante ferramenta para o sucesso da restauração (BRANCALION; HOLL, 2016; MEIRA JUNIOR et al., 2015).

Dentre os mais importantes processos para a montagem de comunidades em restauração destaca-se a facilitação, que pode ser definida como o conjunto de interações positivas entre espécies, onde pelo menos uma delas é beneficiada, não causando danos às outras, tornando as espécies capazes de explorar maior quantidade de recursos disponíveis e aumentando o uso do espaço do nicho fundamental (BRUNO et al., 2003).

A busca por espécies facilitadoras visa identificar aquelas capazes de promover o processo sucessional levando ao aumento da biodiversidade e melhora das condições de áreas degradadas (BRANCALION et al., 2010). Em ecologia, as espécies facilitadoras são as que promovem o sombreamento, a proteção física e o aporte de matéria orgânica, favorecendo a sucessão vegetal, recrutamento e estabelecimento de plântulas de outras espécies (JACOBI et al., 2008). As espécies construtoras permanecem na floresta e são substituídas dinamicamente pelas climácicas evidenciando a funcionalidade dos grupos ecológicos (RUSCHEL, 2009). No presente estudo denominamos estas espécies como estruturantes, pois, sua função é proporcionar condições para a sucessão secundária da floresta em maior espaço de tempo.

O tamanho e a forma dos indivíduos permitem entender as respostas adaptativas entre as espécies e suas interações competitivas (SPOSITO; SANTOS, 2001). O diâmetro do tronco e a densidade da madeira foram apontadas como algumas das características funcionais que refletem o ritmo de crescimento das espécies e suas características ecológicas (SUN; FRELICH, 2011).

Considerando que as espécies apresentam características comuns que permitem seu agrupamento, formulou-se a hipótese que a identificação de espécies com maior aptidão, ou seja, com capacidade de crescerem, se estabelecem e promoverem a restauração de processos ecológicos contribuindo para a restauração de áreas de Floresta Atlântica. Assim, a presente pesquisa visou responder às seguintes questões: (a) qual o comportamento de sobrevivência e desenvolvimento das espécies empregadas em plantio de alta densidade, diversidade e funcionalidade? (b) quais espécies apresentaram aptidão para atuarem como facilitadoras e estruturantes na reconstrução de florestas? (c) quais as espécies apresentaram baixa aptidão para a restauração?

CAPÍTULO 2

Artigo com submissão a Revista Árvore

APTIDÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM ÁREAS DE FLORESTA ESTACIONAL

RESUMO

A classificação de espécies em grupos facilita a sua seleção para a restauração de processos ecológicos e o desenvolvimento dos indivíduos em campo. Com o objetivo de identificar as espécies com aptidão silvicultural (crescimento e sobrevivência) em região de Floresta Estacional Decidual, em 2011, foi implantado experimento em Sorocaba, SP, com alta densidade de plantas (3 indivíduos/m²), diversidade (142 espécies) e funções ecológicas (adubadoras, atrativas à fauna, fertilizadoras e cobertura do solo). Dos 15 aos 45 meses foram avaliados o crescimento das plantas (altura- H, diâmetro a altura do colo- DAC e a sobrevivência- S) em 120 parcelas de 12,5 m². As espécies foram classificadas como inaptas (> 75% de mortalidade aos 15 meses), sensíveis a competição (> 75% de mortalidade aos 45 meses), facilitadoras (> 50% de mortalidade aos 45 meses) e estruturantes (<50% de mortalidade aos 45 meses). Com base no incremento periódico anual e sobrevivência, foram atribuídas notas para as espécies estruturantes (alta, média, regular e baixa aptidão). Das 77 espécies selecionadas e 3945 indivíduos, apenas *Calophyllum brasiliense* (Cambess) foi classificada como inapta. Das demais, 8 (10,4%) espécies foram sensíveis à competição e 10 (13,0%) foram consideradas facilitadoras sendo o restante estruturantes. Entre as sensíveis foram observadas espécies plantadas com alta frequência em plantios de restauração, o que pode causar a ocorrência de clareiras ao longo do tempo favorecendo a reinfestação com invasoras. Recomenda-se evitar as sensíveis à competição em espaçamentos maiores, bem como aumentar o número de espécies estruturantes na formação inicial do plantio.

Palavras-chave: Grupos ecológicos. Estabelecimento de espécies florestais. Espécies facilitadoras.

Abstract

FOREST SPECIES SUITABILITY FOR ECOLOGICAL RESTORATION IN AREAS OF SEASONAL FOREST

The classification of species by functional traits facilitates their selection for the restoration of ecological processes and their development in field conditions. In order to identify species with silvicultural suitability (survival and growth) in Deciduous Forest region in 2011, we performed an experiment in Sorocaba, SP, with high plant density (3 individuals / m²), diversity (142 species) and ecological functions (biomass input, attractive to wildlife, fertilizing and soil cover). After 15 to 45 months we evaluated plant growth (height-H, the height; diameter in soil level - DAC and survival- S) in 120 plots of 12.5 m². The species were classified as unsuitable (> 75% mortality at 15 months), sensitive to competition (> 75% mortality at 45 months), facilitative (> 50% mortality at 45 months) and structural (<50% mortality at 45 months). Based on the annual survival and periodic increment, grades were assigned to the structural species (high, medium, low and regular suitability). From 77 selected species and 3945 individuals, only *Calophyllum brasiliense* (Cambess) was classified as unsuitable. From the remaining species, 8 (10.4%) were sensitive to competition and 10 (13.0%) were considered facilitative and the remainder were structural. Among the sensitive species planted we observed ones with high frequency in restoration plantation, which may cause the occurrence of gaps over time favoring invasive reinfestation. It is recommended to avoid high density of sensitive species in larger spacing as well as increase the number of structural species in the initial formation of the planting.

Keywords: Ecological groups. Establishment of forest species. Facilitative species.

1 Introdução

A restauração ecológica no Brasil tem passado por mudanças de conceitos e técnicas, buscando a eficiência na escolha de espécies (ASSIS et al., 2013). O estado de São Paulo foi pioneiro em propor mecanismos legais para orientar os processos de restauração e direcionar a implantação e condução dos plantios visando a restauração mais efetiva e definir o número mínimo de espécies (BRANCALION et al., 2010). Em 2001, estabeleceu a resolução SMA nº 21 de 21 de novembro de 2001 com objetivo inicial de orientar e legislar sobre o plantio heterogêneo de áreas degradadas (SÃO PAULO, 2001). A partir disto, a legislação vem sendo modificada seguindo critérios científicos e técnicos para se adequar com a realidade da restauração estabelecendo critérios mais rígidos e complexos (DURIGAN et al., 2010). A revisão da legislação resultou nas sucessivas resoluções e a atual SMA nº 32 de 03 de abril de 2014, nas suas diferentes etapas, estabeleceram critérios para implantação de projetos de restauração visando atingir níveis satisfatórios de cobertura do solo, sobrevivência das espécies e condições ideais para o aporte de novos indivíduos objetivando a manutenção da sucessão da floresta (SÃO PAULO, 2014).

A escolha da metodologia adequada de restauração depende de fatores como o conhecimento do local, escolha correta do sistema de plantio, da biologia e forma de utilização das espécies (RODRIGUES et al., 2009). Plantios adensados e com alta diversidade de espécies foram utilizados nas décadas de 80 e 90 para a restauração por proporcionarem o rápido fechamento das áreas e o estabelecimento de processos ecológicos como a ciclagem de nutrientes e aporte de serapilheira (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997; MACHADO et al., 2008). O modelo de plantio adensado e biodiverso, além de promover maior competição dos indivíduos, visa recuperar a floresta de maneira mais rápida, com diversidade de espécies e espaçamento similar à floresta madura, criando condições ecológicas favoráveis à fauna e flora (MIYAWAKI, 1999; SCHIRONE et al., 2011).

Dentre os mais importantes processos para a montagem de comunidades em restauração destaca-se a facilitação, que pode ser definida como o conjunto de interações positivas entre espécies, onde pelo menos uma delas é beneficiada, não causando danos às outras, tornando as espécies capazes de explorar maior quantidade de recursos disponíveis e aumentando o uso do espaço do nicho fundamental (BRUNO et

al., 2003). A busca por espécies facilitadoras visa identificar aquelas capazes de promover o processo sucessional levando ao aumento da biodiversidade e melhora das condições de áreas degradadas (BRANCALION et al, 2010). Em ecologia, as espécies facilitadoras são as que promovem o sombreamento, a proteção física e o aporte de matéria orgânica, muitas vezes favorecendo a sucessão vegetal e o recrutamento e estabelecimento de plântulas de outras espécies (JACOBI et al., 2008). As espécies construtoras permanecem na floresta e são substituídas dinamicamente pelas climácicas, evidenciando a funcionalidade dos grupos ecológicos (RUSCHEL, 2009).

O crescimento dos diferentes grupos ecológicos está diretamente relacionado à sua adaptação (FERRAZ et al., 2004). O tamanho e a forma dos indivíduos permitem entender as respostas adaptativas entre as espécies e suas interações competitivas (SPOSITO; SANTOS, 2001). O diâmetro do tronco e a densidade da madeira têm sido apontadas como algumas das características funcionais que refletem o ritmo de crescimento das espécies e suas características ecológicas (SUN; FRELICH, 2011).

Considerando que as espécies apresentam características comuns que permitem seu agrupamento, nossa hipótese é que a identificação de espécies com maior aptidão, ou seja, com capacidade de crescer, se estabelecer e promover a restauração de processos ecológicos, pode contribuir para a restauração de áreas de Floresta Atlântica. Assim, a presente pesquisa visa responder às seguintes questões: (a) qual a performance de sobrevivência e desenvolvimento das espécies empregadas em plantio de alta densidade, diversidade e funcionalidade? (b) quais espécies apresentaram aptidão para atuarem como facilitadoras e estruturantes na reconstrução de florestas? (c) quais as espécies apresentaram baixa aptidão para a restauração?

2 Material e métodos

2.1 Área de estudo

As pesquisas foram realizadas em área de 2,7 ha no Município de Sorocaba, SP, localizado a 23°22'067"S e 047°27'470"O, em local inicialmente recoberto por pastagem da espécie *Urochloa decumbens* Stapf e plantios de *Eucalyptus* sp. A vegetação original era de Floresta Estacional Semidecidual, com inserções de zonas de Cerrado (KRONKA et al., 2005). A altitude média é de 580 m e, o clima é do tipo Cwa segundo a classificação de Köppen, com períodos secos nos meses de junho a agosto,

precipitação inferior a 100mm mensais e temperatura mínima de 15°C e máxima de 27°C (INMET, 2016).

A área foi submetida a terraplanagem retirando-se as camadas superiores do solo para instalação de uma empresa (Figura 1). Esta camada superior denominada de *topsoil* foi armazenada para posterior uso nas áreas do plantio. Para a implantação do experimento, foram delimitados cinco blocos de 20 m de largura e de comprimento variando de 100 a 300 m. Em cada bloco foi retirado o solo até 1 m de profundidade e, posteriormente, foi depositado o *topsoil* até atingir a altura de 1m acima do solo na parte central, com declividade de 10% até a borda. (Figura 2)

Em outubro de 2011 foram aplicadas 2 ton/ha de calcáreo dolomítico e 400 kg/ha de NPK 4-14-08 incorporados na gradagem onde se implantou um total de 81594 mudas adquiridas de quatro viveiros da região, sendo um deles construído para produção e fornecimento de parte das mudas e o restante com certificados de registro no renasem. A seleção das mudas foram por grupo ecológico sendo 47% pioneiras e 53% não pioneiras e o plantio realizado com alta densidade de plantas (3 indivíduos/m²), diversidade (142 espécies) e funções com a combinação de plantas arbóreas e arbustivas formando multicamadas (MIYAWAKI, 1999).



Figura 1: Localização da área de pesquisa no município de Sorocaba- SP onde foram instaladas as parcelas de monitoramento com 120 unidades amostrais. Fonte: Google earth, 2016.

Figure 1: Location of research area in the municipality of Sorocaba- SP with monitoring plots with 120 sampling units. Font: Google earth, 2016.

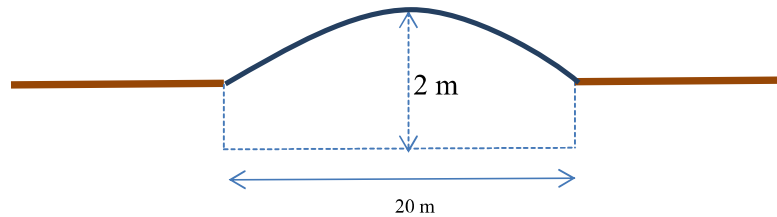


Figura 2: Corte longitudinal na representação esquemática dos blocos de implantação dos experimentos de restauração de áreas degradadas em Sorocaba, SP.

Figure 2: Longitudinal section in the schematic representation of blocks from restoration experiments of degraded areas in Sorocaba, SP.

2.2 Coleta e análise de dados

Em cada bloco foram delimitadas cinco parcelas de 20 x 10 m com quatro ou oito subparcelas de 5 x 2,5 m, totalizando 120 unidades amostrais. Todos os indivíduos das subparcelas foram identificados e plaqueteados. No período de dezembro de 2011 a agosto de 2015 foram efetuadas 10 amostragens, das quais foram utilizadas as mensurações do 2º, 15º e 45º meses, obtendo-se dados de altura (H_{cm}), diâmetro na altura do colo (DAC_{mm}) e sobrevivência ($S\%$). Para a análise da diversidade, foram calculados os índices de Shannon e equitabilidade de Pielou (MAGURRAN, 2011).

Do total de 142 espécies plantadas foi efetuada a seleção das espécies-alvo baseada nos seguintes critérios: (a) espécies botanicamente identificadas; (b) espécies com no mínimo três indivíduos em toda área e (c) presente em pelo menos dois blocos. Posteriormente, cada espécie-alvo foi classificada por grupo sucessional de acordo com a SMA nº 08/2008 (SÃO PAULO, 2008).

Na avaliação do desenvolvimento das plantas, foi calculado o incremento periódico anual (IPA) $[(\text{altura final} - \text{inicial}) / 2,5 \text{ anos}]$ e $[(\text{dac final} - \text{inicial}) / 2,5 \text{ anos}]$ baseado nas medições realizadas no 15º e 45º mês, para as espécies com mais de 3 indivíduos sobreviventes na última medição quando as plantas foram consideradas

estabelecidas, sendo desconsiderados os indivíduos que apresentaram incoerências nas medições de altura e diâmetro.

O cálculo da sobrevivência foi dividido em etapas: (a) na primeira, as avaliações entre 2º e 15º mês considerada como fase inicial de desenvolvimento; (b) do 15º aos 45º mês, quando se definiu que as mudas estariam em fase de competição intra e interespecífica e (c) aos 45 meses, sendo esta etapa considerada como de estabelecimento dos indivíduos. .

2.3 Critérios de classificação

A classificação das espécies-alvo ocorreu em diferentes etapas, sendo uma de definição das classes ecológicas e outra de classes de aptidão. Na primeira etapa, as espécies foram classificadas como inaptas, sensíveis a competição, facilitadoras e estruturantes, empregando-se como critério a sobrevivência das espécies, sendo: (a) "inaptas"- espécies com sobrevivência menor ou igual a 25% no 15º mês; (b) "sensíveis a competição"- sobreviventes no 15º mês (>25%), que apresentaram sobrevivência menor ou igual a 25% no 45º mês. e (c) "facilitadoras"- sobreviventes no 15º mês que apresentaram até 50% de sobrevivência no 45º mês, começando a sair do sistema. As espécies com mais de 50% de sobrevivência aos 45 meses, permanecendo no sistema, foram classificadas como "estruturantes". O conceito de estruturante foi baseado no adotado por Ruschel (2009) na definição de espécies construtoras. Assim, as estruturantes são aquelas cuja função é proporcionar condições para a sucessão secundária da floresta em maior espaço de tempo e podem ser compostas por diferentes grupos sucessionais, inclusive as climácicas. Na etapa seguinte, foi efetuada a classificação das espécies em grupos ecológicos (pioneiras e não pioneiras) e, por grupo, foi efetuado o cálculo das médias e dos desvios das variáveis de H e DAC, com atribuição de notas (Tabela 1).

A partir das notas atribuídas foi efetuado o somatório classificando-se as espécies de cada grupo ecológico em classes de aptidão, sendo: (a) alta aptidão - Σ Notas > 9; (b) média aptidão- $7 < \Sigma$ Notas \leq 9; (c) aptidão regular - $5 < \Sigma$ Notas \leq 7; (d) baixa aptidão - Σ Notas \leq 5. Para verificar se houve diferença entre o número de espécies por classes de aptidão variou entre as pioneiras e não pioneiras e se os critérios de sobrevivência, IPA_H e IPA_{DAC} foram distintos para os grupos ecológicos, foi realizado o teste de X^2 empregando o programa PAST 2.17 (HAMMER et al., 2001).

Tabela 1: Critérios e parâmetros atribuídos às espécies-alvo para classes de aptidão. Notas variando de 1 (baixa) a 4 (alta). (μ = média; σ = desvio padrão). Adaptado de: Salomão et al. (2014). IPA_H = Incremento médio anual em altura; IPA_{DAC} = Incremento médio anual em diâmetro na altura do colo.

Table 1: Criteria and parameters assigned to the target species for fitness classes. Notes ranging from 1 (lowest) to 4 (high). (M = average; σ = standard deviation). Adapted from: Salomão et al (2014). IPA_H = average annual increment in height; IPA_{DAC} = average annual increment in diameter at the time.

Critério	NOTAS			
	Baixa 1	Regular 2	Média 3	Alta 4
Sobrevivência (S%)	$50\% < S \leq 62,5\%$	$62,5\% < S \leq 75\%$	$75\% < S \leq 87,5\%$	$S > 87,5\%$
IPA_H (cm)	$H \leq (\mu - 1\sigma)$	$(\mu - 1\sigma) < H \leq \mu$	$\mu < H \leq (\mu + 1\sigma)$	$H > (\mu + 1\sigma)$
IPA_{DAC} (mm)	$DAC \leq (\mu - 1\sigma)$	$(\mu - 1\sigma) < DAC \leq \mu$	$\mu < DAC \leq (\mu + 1\sigma)$	$DAC > (\mu + 1\sigma)$

3 Resultados

Do total de 142 espécies e 4790 indivíduos, foram selecionadas 77 espécies (54,2%) totalizando 3945 plantas (82,3%), sendo que, 34 foram pioneiras e 43 não pioneiras com número de indivíduos por espécie variando de 3 a 342. A diversidade de espécies foi de 3,793 nats.indv⁻¹ com equitabilidade de 0,8732. As espécies mais abundantes foram *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (8,7%), *Heliocarpus popayanensis* Kunth (5,9%), *Psidium guajava* L. (5,9%), *Schinus terebinthifolius* Raddi (5,7%), *Croton floribundus* Spreng. (3,9%), *Myrciaria trunciflora* O.Berg (3,5%), *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (3,4%), *Hymenaea courbaril* L. (3,3%), *Citharexylum myrianthum* Cham. (3,2%) com um total de 43,5% dos indivíduos.

A taxa média de mortalidade das espécies selecionadas foi crescente dos 15 (6,5±12%) aos 45 meses (29,0± 27,9%), sendo que aos 45 meses a mortalidade foi maior entre as pioneiras (41%) em relação as não pioneiras (21,5%). Aos 15 meses, *Casearia sylvestris* Sw., *Phytolacca dioica* L., *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn. e *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl. apresentaram altas mortalidades entre 22% e 47%. Embora a maior mortalidade tenha sido obtida para *Calophyllum brasiliense* Cambess. (75%), apenas quatro indivíduos foram amostrados. Já aos 45 meses, as maiores taxas de mortalidades foram observadas para *Phytolacca dioica* L.(100%), seguidas de *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn. (97,8%), *Mimosa scabrella* Benth. (95,8%), *Cecropia pachystachya* Trécul (92,7%), *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl. (91,7%),

Solanum pseudoquina A. St.-Hil. (91,7%) e *Solanum erianthum* D. Don. (90%), todas pioneiras (Tabela 2). Do total, 9 espécies (11,7%) não apresentaram mortalidade.

3.1 Incremento Periódico anual de altura e diâmetro

Das 77 espécies selecionadas, 68 (88,3%) atenderam às condições estabelecidas para o cálculo do IPA, sendo excluídas as espécies *C. ferruginea*, *S. langsdorffii*, *A. glandulosa*, *C. brasiliense*, *D. viscosa*, *L. guilleminianus*, *S. erianthum*, *S. pseudoquina*, e *P. dioica*. O incremento médio periódico de altura foi de 45 ± 21 cm ano⁻¹ sendo que 31 (40,3%) das espécies apresentaram crescimento superior à média (Tabelas 3 e 4).

Os valores de IPA_H foram distintos entre os grupos sucessionais, sendo de $59,1 \pm 20,6$ cm.ano⁻¹ para as pioneiras (n= 29) e de $35,1 \pm 14,5$ cm.ano⁻¹. para as não pioneiras (n= 39). Entre as pioneiras, os maiores IPA foram obtidos para *M. calabura* (97,7 cm.ano⁻¹), *G. ulmifolia* (97,4 cm.ano⁻¹) e *M. bimucronata* (95,6 cm.ano⁻¹) enquanto para as não pioneiras foram *M. urundeuva* (72,8 cm.ano⁻¹), *A. colubrina* (63,70 cm.ano⁻¹) e *C. tomentosum* (59,2 cm.ano⁻¹) (Tabela 3).

O incremento médio de diâmetro das pioneiras foi de $6,3 \pm 5,3$ mm.ano⁻¹. Os maiores valores para as pioneiras foram constatados para as espécies *M. scabrella* (23,72 mm.ano⁻¹) e *M. bimucronata* (21,74 mm.ano⁻¹) enquanto para as não pioneiras foram *S. romanzoffiana* (10,7 mm.ano⁻¹), *P. violaceus* (9,88 mm.ano⁻¹) e *L. divaricata* (9,74 mm.ano⁻¹) (Tabela 4).

Tabela 2- Densidade de indivíduos amostrados nas parcelas permanentes (1500m²), taxa de mortalidade absoluta e relativa seguido da classificação ecológica das espécies empregadas na restauração no modelo denso-diverso-funcional (DDF) aos 45 meses após o plantio, em Sorocaba-SP. 10/2011.

Table 2 Density of individuals in permanent plots (1500m²), absolute and relative mortality rate followed by the ecological classification of species used in restoring the dense-diverse-functional model (DDF) at 45 months after planting, in Sorocaba-SP . 10/2011.

Espécie	Densidade indivíduos (n°)	Mortalidade		Classificação ecológica
		N°	%	
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schldtl.	5	1	20,0	Estruturante
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich.	21	0	0,0	Estruturante
<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Juss.	18	2	11,1	Estruturante
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	135	8	5,9	Estruturante
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	40	15	37,5	Estruturante
<i>Bauhinia forficata</i> Link	7	1	14,3	Estruturante
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	14	1	7,1	Estruturante
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	35	9	25,7	Estruturante
<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad. ex DC.	3	0	0,0	Estruturante
<i>Cassia leptophylla</i> Vogel	3	0	0,0	Estruturante
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	15	4	26,7	Estruturante
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	86	25	29,1	Estruturante
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	36	5	13,9	Estruturante
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	127	29	22,8	Estruturante
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	28	2	7,1	Estruturante
<i>Cordia superba</i> Cham.	8	1	12,5	Estruturante
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	153	19	12,4	Estruturante
<i>Croton urucurana</i> Baill.	106	18	17,0	Estruturante
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	30	0	0,0	Estruturante
<i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl.	9	2	22,2	Estruturante
<i>Eugenia leitonii</i> D.Legrand	12	1	8,3	Estruturante
<i>Eugenia uniflora</i> L..	104	12	11,5	Estruturante
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	45	5	11,1	Estruturante
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	25	3	12,0	Estruturante
<i>Handroanthus avellanadae</i> (Lorentz ex Griseb.) Mattos	34	8	23,5	Estruturante
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	11	0	0,0	Estruturante
<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	233	83	35,6	Estruturante
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	130	22	16,9	Estruturante
<i>Inga vera</i> Willd.	83	4	4,8	Estruturante
<i>Lafoensia glyptocarpa</i> Koehne	7	0	0,0	Estruturante
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	25	2	8,0	Estruturante
<i>Lonchocarpus guillemianus</i> (Tul.) Malme	3	1	33,3	Estruturante
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	69	12	17,4	Estruturante
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	62	0	0,0	Estruturante
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	10	1	10,0	Estruturante
<i>Muntingia calabura</i> L.	21	8	38,1	Estruturante
<i>Myrciaria glomerata</i> O.Berg	9	1	11,1	Estruturante

Espécie	Densidade indivíduos (n°)	Mortalidade		Classificação ecológica
		N°	%	
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	16	4	25,0	Estruturante
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	68	29	42,6	Estruturante
<i>Patagonula americana</i> L.	67	3	4,5	Estruturante
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	86	13	15,1	Estruturante
<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	139	12	8,6	Estruturante
<i>Posoqueria acutifolia</i> Mart.	27	12	44,4	Estruturante
<i>Psidium guajava</i> L.	233	20	8,6	Estruturante
<i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel	3	0	0,0	Estruturante
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	21	10	47,6	Estruturante
<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	55	0	0,0	Estruturante
<i>Schinus molle</i> L.	34	14	41,2	Estruturante
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	224	59	26,3	Estruturante
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	343	76	22,2	Estruturante
<i>Strychnos brasiliensis</i> Mart.	34	6	17,6	Estruturante
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	20	1	5,0	Estruturante
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	26	1	3,8	Estruturante
<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	10	2	20,0	Estruturante
<i>Terminalia brasiliensis</i> (Cambess.) Eichler	30	1	3,3	Estruturante
<i>Terminalia triflora</i> (Griseb.) Lillo	14	2	14,3	Estruturante
<i>Triplaris americana</i> L.	37	6	16,2	Estruturante
<i>Vitex polygama</i> Cham.	78	8	10,3	Estruturante
<i>Annona coriacea</i> Mart.	11	7	63,6	Facilitadora
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	9	6	66,7	Facilitadora
<i>Dodonea viscosa</i> (L.) N. J. Jacq.	4	2	50,0	Facilitadora
<i>Erythrina mulungu</i> Mart.	38	20	52,6	Facilitadora
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	24	13	54,2	Facilitadora
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	41	22	53,7	Facilitadora
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	12	6	50,0	Facilitadora
<i>Seguiera langsdorffii</i> Moq.	4	3	75,0	Facilitadora
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	41	22	53,7	Facilitadora
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	89	64	71,9	Facilitadora
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	12	11	91,7	Sensível
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	82	76	92,7	Sensível
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	24	23	95,8	Sensível
<i>Phytolacca dioica</i> L.	9	9	100,0	Sensível
<i>Solanum erianthum</i> D. Don	0	0	100,0	Sensível
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	103	92	89,3	Sensível
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.	12	11	91,7	Sensível
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	89	87	97,8	Sensível
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	4	3	75,0	Inapta

3.2 Classificação ecológica

Dentre as 77 espécies analisadas, apenas *C. brasiliense* foi classificada como inapta . Das demais, aos 45 meses, 10 (12,9%) foram classificadas como facilitadoras, 8 (10,4%) como sensíveis a competição, 56 (72,7%) como estruturantes e 2 (2,6%) não foram avaliadas por incoerência de dados (*C. ferruginea* e *L. guilleminianus*) (Tabela 2).

Todas as espécies sensíveis a competição foram do grupo ecológico das pioneiras, enquanto entre as facilitadoras houve igual proporção de pioneiras e não pioneiras com 5 espécies para cada grupo e, para as estruturantes, predominaram as não pioneiras (n=34; 44,1%) em relação às pioneiras (n= 22; 28,6%). Do total de espécies analisadas, 18 (23,4%) apresentaram menos de 10 indivíduos sendo a maioria de estruturantes (n= 10) (Tabelas 2).

Table 2: Espécies pioneiras estruturantes classificadas quanto às notas atribuídas para os parâmetros de sobrevivência, incremento periódico anual de altura (IPA_H) e diâmetro a altura do colo (IPA_{DAC}) em plantio de restauração no modelo denso-diverso-funcional (DDF).

Table 3: Structuring pioneer species classified by note for the survival parameters, periodic annual increment in height (IPA_H) and diameter of the neck height (IPA_{DAC}) in restoration planting in dense-diverse-functional model (DDF).

Espécie	Família	n° ind.	% ind	% S	Nota(S)	IPA (H) (cm)	desvio (H)	Nota (H)	IPA DAC (mm)	Desvio (DAC)	Nota (DAC)	Notas (S+H+DAC)	Classes de aptidão
<i>Enterobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fabaceae	30	0,76	100,0	4	84,4	41,8	4	18,24	14,9	4	12	Alta
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	25	0,63	88,0	4	97,4	25,9	4	15,98	9,2	4	12	Alta
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Fabaceae	62	1,57	100,0	4	95,6	39,6	4	21,74	11,7	4	12	Alta
<i>Croton urucurana</i> Baill.	Euphorbiaceae	106	2,69	82,9	3	64,5	28,7	3	15,81	12,0	4	10	Alta
<i>Aenictus arborescens</i> (L.) Schltdl.	Solanaceae	5	0,13	80,0	3	58,6	27,3	2	18,68	17,6	4	9	Média
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae	86	2,18	84,9	3	78,2	45,0	3	12,44	9,9	3	9	Média
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Fabaceae	7	0,18	85,7	3	56,3	20,4	2	5,12	2,4	2	7	Média
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Boraginaceae	28	0,71	92,9	4	59,2	43,0	2	7,75	7,4	2	8	Média
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Boraginaceae	153	3,88	87,6	4	49,9	31,1	2	6,09	5,4	2	8	Média
<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	83	2,10	95,2	4	70,5	39,3	3	8,77	7,4	2	9	Média
<i>Muntingia calabura</i> L.	Muntingiaceae	21	0,53	61,9	1	97,7	43,1	4	16,89	6,8	4	9	Média
<i>Terminalia brasiliensis</i> (Cambess.) Eichler	Combretaceae	30	0,76	96,7	4	36,8	20,7	2	5,88	3,6	2	8	Média
<i>Triplaris americana</i> L.	Polygonaceae	37	0,94	83,8	3	60,7	35,3	3	4,69	2,5	2	8	Média
<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Juss.	Verbenaceae	18	0,46	88,9	4	45	40,8	2	3,7	2,5	2	8	Média
<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	Fabaceae	233	5,91	64,4	2	68,5	34,5	3	9,49	9,9	3	8	Média
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Verbenaceae	127	3,22	77,2	3	35	30,2	2	4,89	4,0	2	7	Regular
<i>Cordia superba</i> Cham.	Boraginaceae	8	0,20	87,5	3	52,1	20,0	2	8,24	3,5	2	7	Regular
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	224	5,68	73,7	2	59,8	33,2	3	8,05	5,8	2	7	Regular
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Fabaceae	342	8,67	77,8	3	55,1	40,2	2	6,94	6,6	2	7	Regular
<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	Apocynaceae	10	0,25	80,0	3	47,1	49,2	2	2,46	1,6	1	6	Regular
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Myrsinaceae	21	0,53	52,4	1	47	21,4	2	4,81	2,2	2	5	Baixa
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	34	0,86	58,8	1	28,6	18,4	1	2,49	2,2	1	3	Baixa

Tabela 4: Espécies não pioneiras estruturantes classificadas quanto às notas atribuídas para os parâmetros de sobrevivência, incremento periódico anual de altura (IPA_H) e diâmetro a altura do colo (IPA_{DAC}) em plantio de restauração no modelo denso-diverso-funcional (DDF).

Table 4: Structuring non pioneer species classified by note for the survival parameters, periodic annual increment in height (IPA_H) and diameter of the neck height (IPA_{DAC}) in restoration planting in dense-diverse-functional model (DDF).

Espécie	Família	n° ind.	% ind	% S	Nota(S)	IPA (H) (cm)	desvio (H) (H)	Nota (H)	IPA DAC (mm)	Desvio (DAC) (DAC)	Nota (DAC) (DAC)	Notas (S+H+DAC)	Classes de aptidão
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae	135	3,42	94,1	4	63,7	40,9	4	6,16	4,1	3	11	Alta
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	Malvaceae	69	1,75	82,6	3	55,9	28,6	4	9,74	5,6	4	11	Alta
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae	10	0,25	90,0	4	72,8	53,2	4	7,45	10,4	4	12	Alta
<i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel	Fabaceae	3	0,08	100,0	4	58	41,9	4	9,88	5,4	4	12	Alta
<i>Laflorensia pacari</i> A.St.-Hil.	Lythraceae	25	0,63	92,0	4	38,3	39,7	3	3,9	2,0	2	9	Média
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	20	0,51	95,0	4	20,8	19,1	1	10,7	7,5	4	9	Média
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich.	Rubiaceae	21	0,53	100,0	4	31,9	27,9	2	3,26	2,3	2	8	Média
<i>Cassia leptophylla</i> Vogel	Fabaceae	3	0,08	100,0	4	42,7	16,7	3	2,32	1,2	2	9	Média
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	Fabaceae	36	0,91	86,1	3	59,2	56,1	4	3,78	3,5	2	9	Média
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	104	2,64	88,5	4	30,2	29,3	2	2,87	1,9	2	8	Média
<i>Gallsia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Phytolaccaceae	45	1,14	88,9	4	27,4	34,0	2	2,44	1,5	2	8	Média
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Bignoniaceae	11	0,28	100,0	4	35,6	19,6	3	3,4	2,0	2	9	Média
<i>Patagonula americana</i> L.	Boraginaceae	67	1,70	95,5	4	35,4	27,7	2	3,14	2,4	2	8	Média
<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	Polygonaceae	56	1,42	100,0	4	42,4	35,9	3	3,62	2,1	2	9	Média
<i>Terminalia triflora</i> (Griseb.) Lillo	Combretaceae	14	0,36	85,7	3	37	37,1	3	2,05	1,4	2	8	Média
<i>Vitex polygama</i> Cham.	Lamiaceae	78	1,98	89,7	4	37	34,1	3	4,03	4,2	2	9	Média
<i>Eugenia leitonii</i> D.Legrand	Myrtaceae	12	0,30	91,7	4	28,7	16,6	2	4,7	3,5	3	9	Média
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	Myrtaceae	14	0,36	92,9	4	24	20,7	2	2,39	1,0	2	8	Média

Espécie	Família	n° ind.	% ind	% S	Nota(S)	IPA (H) (cm)	desvio (H) (H)	Nota (H)	IPA DAC (mm)	Desvio (DAC) (DAC)	Nota (DAC) (DAC)	Notas (S+H+DAC)	Classes aptidão	de
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Malvaceae	86	2,18	70,9	2	36,3	33,9	3	4,97	4,1	3	8	Média	
<i>Lafloensia ghyptocarpa</i> Koehne	Solanaceae	7	0,18	100,0	4	12,8	5,6	1	2,37	2,1	3	8	Média	
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	233	5,91	91,4	4	27,6	34,3	2	2,81	2,9	2	8	Média	
<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	Myrtaceae	139	3,53	91,4	4	18,9	25,2	1	2,13	1,5	2	7	Regular	
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Lecythidaceae	35	0,89	74,3	2	27,1	42,7	2	1,93	1,4	2	6	Regular	
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	15	0,38	73,3	2	42	82,4	3	2,85	2,8	2	7	Regular	
<i>Handroanthus avellanedae</i> (Lorentz ex Griseb.) Mattos	Bignoniaceae	34	0,86	76,5	3	32,5	33,3	2	3,15	3,0	2	7	Regular	
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	130	3,30	83,1	3	25,1	31,4	2	2,33	2,7	2	7	Regular	
<i>Myrciaria glomerata</i> O.Berg	Myrtaceae	9	0,23	88,9	4	12	11,1	1	1,16	0,8	2	7	Regular	
<i>Tabebuia roseocalba</i> (Ridl.) Sandwith	Bignoniaceae	26	0,66	96,2	4	15,7	11,5	1	2,74	1,5	2	7	Regular	
<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	Loganiaceae	34	0,86	82,4	3	26,8	34,0	2	1,4	1,2	2	7	Regular	
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	Apocynaceae	40	1,01	62,5	1	36,9	41,2	3	2,45	2,2	2	6	Regular	
<i>Posoqueria acutifolia</i> Mart.	Rubiaceae	27	0,68	55,6	1	44,1	50,6	3	1,35	1,2	2	6	Regular	
<i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl.	Rutaceae	9	0,23	77,8	3	14,5	5,9	1	1,72	0,7	2	5	Baixa	
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	Fabaceae	16	0,41	75,0	2	14	11,6	1	2,02	1,2	2	5	Baixa	
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Lauraceae	68	1,72	57,4	1	25,5	39,9	2	1,63	1,3	2	5	Baixa	

3.3 Classes de aptidão

Considerando que as espécies facilitadoras saiam do sistema, espera-se que permaneçam as estruturantes, estas devem apresentar características de desenvolvimento e sobrevivência que indiquem sua aptidão para a restauração de áreas degradadas. Entre estas estruturantes, foram observadas espécies de 24 famílias, sendo Fabaceae (n=13; 23,2%) e Myrtaceae (n=6; 10,7%) as predominantes, seguidas de Boraginaceae (n=4; 7,1%) e Anacardiaceae, Bignoniaceae e Malvaceae (n=3; 5,7% para cada uma), as famílias Fabaceae, Malvaceae, Euphorbiaceae e Anacardiaceae apresentaram espécies na classe de alta aptidão (Tabelas 3 e 4).

Das 56 espécies estruturantes, 11 (19,6%) apresentaram alta aptidão, o que representa 14,3% do total (n=77), 20 (35,7%) foram de média aptidão, 18 (32,1%) de regular aptidão e 7 (12,5%) de baixa aptidão (Tabela 3 e 4). Contudo, até os 45 meses, não houve diferença significativa entre o número de pioneiras (n= 22) e não pioneiras (n= 34) na distribuição das classes de aptidão ($X^2= 0,517$; $p= 0,915$).

Entre as espécies com alta aptidão, a sobrevivência média foi de $91,5 \pm 7,2\%$, com incrementos médios de altura de $65,8 \pm 23,3 \text{ cm.ano}^{-1}$ e diâmetro de $12,6 \pm 5,7 \text{ mm.ano}^{-1}$. Entre as espécies de alta aptidão, os grupos ecológicos não diferiram em relação a sobrevivência ($X^2= 0,083$; $p= 0,7674$), porém foram distintos quanto ao desenvolvimento (IPA_H - $X^2= 4,083$; $p= 0,043$) e (IPA_{DAC} - $X^2= 5,33$; $p= 0,0209$). Nesta classe as maiores notas foram obtidas para as pioneiras *E. contortisiliquum*, *G. ulmifolia*, *M. bimucronata* e *C. urucurana*; para as não pioneiras se destacaram *A. colubrina*, *L. divaricata*, *M. urundeuva* e *P. violaceus*, sendo que esta última apresentou apenas 3 indivíduos.

Na classe de baixa aptidão, 7 espécies (12,5%), 2 pioneiras e 5 não pioneiras, foram observadas com sobrevivência média de $62,8 \pm 9,8\%$ e IPA_H de $30,0 \pm 13,2 \text{ cm.ano}^{-1}$ e IPA_{DAC} de $2,3 \pm 1,2 \text{ mm.ano}^{-1}$ sendo que *M. peruiferum* foi a única Fabaceae nesta categoria. *S. molle* (Anacardiaceae), foi inferior as demais em todas os critérios avaliados.

4 Discussão

A utilização de alta diversidade, densidade e características funcionais distintas são princípios básicos do modelo DDF, e promovem a competição precoce entre os

indivíduos acelerando processos sucessionais (PIÑA-RODRIGUES, 1997). Isto fica evidenciado quando se observa os crescentes valores de mortalidade entre o 15º e o 45º mês, respectivamente de $6,5 \pm 12\%$ a $29,0 \pm 27,9\%$ evidenciando o início do estabelecimento da competição. O mesmo comportamento foi constatado em outras restaurações adensadas (1,5 x 1,5m), nas quais o pico de mortalidade das espécies ocorreu a partir dos 18 meses atingindo ponto crítico aos 21 meses, com taxas entre 45 a 50% (MARCUIZZO et al., 2015). Apesar de promover a mortalidade de plantas, a competição entre as espécies por recursos abióticos como luz, água e nutrientes, é um mecanismo importante na estruturação de comunidades florestais (CALLAWAY; WALKER 1997; SOUZA et al., 2015).

Os resultados obtidos evidenciaram que as pioneiras foram mais sensíveis à competição, característica associada às espécies r-estrategistas (GODEFROID; KOEDAM, 2003). Muitas destas pioneiras vem sendo recomendadas e empregadas em restauração por possuírem bom desenvolvimento em plantios iniciais (SAMPALIO et al., 2012) ou mesmo por fazer parte da composição florística local. Deste modo, espécies como *C. pachystachya*, *M. scabrella*, *S. mauritanum*, *T. granulosa*, *P. dioica*, *A. glandulosa*, *S. erianthum* e *S. pseudoquina*, classificadas no presente estudo como sensíveis a competição, foram indicadas no estado de São Paulo para a restauração ecológica (BARBOSA et al., 2015) sem considerar esta característica. A resiliência e autosustentabilidade de plantios com estas espécies pode ser afetada pelo fato destas serem empregadas em larga escala em restaurações no estado (RODRIGUES, 2013) uma vez que a SMA nº 32/14 permite a utilização de 60% pioneiras e de 10% dos indivíduos da mesma espécie.

Nos espaçamentos mais amplos, a competição tende a acontecer em idades mais tardias que nos mais adensados (Leles et al., 2011), com a cobertura do solo pela copa aumentando com a idade (MELO et al., 2007). Em consequência haverá o estabelecimento da competição mais tardiamente do que nos adensados e a mortalidade das espécies sensíveis à competição poderá causar a abertura de clareiras e o retorno de espécies invasoras em uma fase mais avançada da restauração. Em função disto, a seleção de espécies de rápido crescimento tem de ser minuciosamente estudada para evitar a formação de clareiras que não cumprirão a função principal de ocupação e sombreamento da área (RODRIGUES et al., 2009). Nestas condições a restauração não

atenderá a premissa de completar os processos sucessionais, fundamentais para a manutenção da comunidade florestal (SCHIRONE et al., 2011).

Como esperado, os grupos ecológicos responderam diferentemente em altura e diâmetro. Isso enfatiza a importância da classificação sucessional para a seleção de espécies e principalmente, para a análise de sua aptidão para o plantio. Embora os incrementos de altura para as pioneiras ($59,1 \pm 20,6 \text{ cm.ano}^{-1}$) tenham sido superiores aos das não pioneiras ($35,1 \pm 14,5 \text{ cm.ano}^{-1}$), ambos foram inferiores aos obtidos por Leles et al. (2011), em plantios adensados, aos 48 meses para 36 espécies (pioneiras= 135 cm.ano^{-1} ; não pioneiras= $109,0 \text{ cm.ano}^{-1}$), mas superiores aos observados por Salomão et al. (2014) para 69 espécies (IPAH= $37,0 \pm 31,0 \text{ cm.ano}^{-1}$), aos 13 anos. Apesar disto, no modelo DDF, os incrementos tanto em altura quanto em diâmetro foram similares aos obtidos em áreas de transição de Floresta Ombrófila aberta a estacional (COLPINI et al., 2010) e a diversidade foi similar a encontrada em áreas naturais de Floresta Estacional, as quais variam de 3,3 a 4,75 nats.ind. (CATHARINO et al., 2006; LEITE; RODRIGUES, 2008).

De acordo com Melotto (2009) é importante a seleção de espécies adaptadas às condições edafoclimáticas do local. Este fator pode explicar as diferenças de incremento entre as áreas estudadas por Leles et al. (2011) e o presente estudo, bem como o fato da espécie *C. brasiliense*, adaptada a lugares úmidos (MARQUES; JOLY, 2000), ter apresentado alta mortalidade no modelo DDF e ter sido considerada inapta para restauração em formação de Floresta Decidual. Da mesma forma, *S. molle*, espécie típica de Floresta Mista, foi classificada como de baixa aptidão por não estar adaptada ao plantio em áreas de Floresta Decidual. Por outro lado, Melotto (2009) cita as espécies *G. ulmifolia* e *P. dubium* como indicadas para restauração com bons índices de sobrevivência, altura e diâmetro de colo, porém, na presente pesquisa, *P. dubium* foi considerada como de média aptidão (Tabela 3).

Embora classificadas como pioneiras sensíveis à competição e facilitadoras, *P. dioica*, *C. sylvestris*, *S. langsdorffii* e *D. viscosa* apresentaram menos de 10 indivíduos amostrados, devendo os resultados obtidos para estas espécies serem analisados com maior cautela conforme sugerido por Salomão et al. (2014). Além disso, a utilização de *D. viscosa* em restauração não é recomendada devido a sua inclusão na lista de espécies invasoras em alguns estados do País (PARANÁ, 2009).

Entre as espécies com maior sobrevivência e desenvolvimento se destacaram *G. ulmifolia*, *E. contortisiliquum*, *M. urundeuva*, classificadas como de alta aptidão e que também foram citadas por vários autores como indicadas para restauração de áreas degradadas (NUNES et al., 2008; FERREIRA et al., 2009; FROES et al., 2014). O fato de várias espécies indicadas como potenciais para a restauração terem sido classificadas como de média aptidão, como foi o caso de *A. virgata* e *C. speciosa*, ambas citadas por Frago et al. (2014) como indicadas para a restauração, evidencia que não se deve considerar apenas fatores como crescimento, mas também, a sua mortalidade em diferentes condições.

No presente trabalho a aptidão foi considerada baseada não apenas no desenvolvimento das espécies como também por sua sobrevivência. Com este critério, espécies pioneiras recomendadas para a restauração no estado de São Paulo (BARBOSA et al., 2015) foram consideradas de regular a baixa aptidão, ou por apresentarem crescimento mais lento do que as demais (*Citharexylum myrianthum*, *Cordia superba*, *Schizolobium parahyba*, *Tabernaemontana hystrix*) ou pela alta mortalidade (*Schinus terebinthifolius*, e *Rapanea ferruginea*). O resultado obtido não exclui a utilização destas espécies em restauração, mas ressalta a necessidade de seu emprego em menor escala e atendendo a questões funcionais como por exemplo a atração da fauna (*Schinus terebinthifolius*, *Rapanea ferruginea* e *Tabernaemontana hystrix*) e interações com microrganismos (*Schizolobium parahyba*).

A utilização do princípio de multicamadas adotado pelo DDF permite que se acelerem processos ecológicos e de sucessão (MIYWAKI, 1999; SCHIRONE et al., 2011). No DDF, fatores geradores de estabilidade e resiliência na restauração como a ciclagem de nutrientes, aporte de nutrientes, cobertura da copa, além de processos como a competição e a mortalidade de plantas ocorreram precocemente quando comparados a outros modelos (dados não publicados). Em função disto, seu emprego para a seleção de espécies evidenciou comportamentos que em outros modelos poderiam requerer mais tempo para se estabelecerem. Esta questão ressaltou a importância da seleção de espécies para a resiliência e estabilidade da restauração, em especial quando se constata que, das 77 espécies empregadas no plantio, apenas 10,4% apresentaram alta aptidão para restauração. Além disto, 25% delas foram consideradas como de baixa a regular aptidão, devendo ser evitadas ou empregadas com cautela. Se a estes dados forem acrescentadas as espécies classificadas como facilitadoras e que saíram do sistema antes

dos 45 meses e as inaptas, 49,3% das espécies plantadas não seriam consideradas como aptas para contribuir com a formação da estrutura e resiliência da floresta em longo prazo. Este resultado evidencia que a seleção de espécies para restauração ainda requer o aprofundamento sobre as técnicas empregadas e o comportamento das espécies.

5 Conclusões

A seleção de espécies consideradas chaves nos planos de restauração, deve ser prioritária na metodologia proposta para promover o retorno das condições de estabelecimento da sucessão, estabilidade e resiliência destas áreas.

As espécies classificadas como estruturantes devem fazer parte das restaurações em maior quantidade de acordo com sua classe de aptidão. Em espaçamentos maiores, a seleção das espécies deve considerar a exclusão daquelas que tendem a apresentar maior mortalidade inicial, identificadas como sensíveis à competição. Espécies consideradas como de regular a baixa aptidão devem ser evitadas ou plantadas em baixa quantidade nas áreas de restauração devido à sua mortalidade e desenvolvimento mais lento.

6 Agradecimentos

A toda equipe do Laboratório de Sementes e Mudas florestais- LASEM do campus UFSCar- Sorocaba pelo apoio nas pesquisas. Aos meus amigos de campo Neri Piotrowski Santos e Antonio Pietroski pelo auxílio nas atividades e a mestrande e amiga Aparecida Juliana Corrêa, pelo apoio nas pesquisas e ajudas em campo. A professora Fátima C.M. Piña-Rodrigues e ao Professor José Mauro Santana da Silva pelos ótimos ensinamentos e conselhos no campo profissional que sempre estarão guardados e levados por todos os meus caminhos.

Capítulo 3

Considerações finais

A seleção de espécies consideradas chaves nos planos de restauração deve ser prioritária na metodologia de implantação, pois possibilita menores chances de erros que interferem no desenvolvimento e estabelecimento das espécies. Em espaçamentos maiores, a seleção das espécies deve levar em conta a exclusão daquelas que tendem a ter maior mortalidade inicial, consideradas como sensíveis à competição.

O rápido estabelecimento e sobrevivência das espécies devem ser objetivo nos planos de restauração buscando reduzir as manutenções e evitar clareiras que facilitam a entrada de invasoras exóticas que promovem a competição, elevando os custos com manutenções, replantios e outros manejos tardios. Nestas condições, a presença de espécies sensíveis a competição pode gerar mortalidade precoce, formação de clareiras e o reaparecimento das invasoras. Desta forma, reduzir a sua densidade nos plantios reduz a ocorrência deste processo e os custos futuros de manutenção.

O uso de alta densidade no plantio faz com que ocorra rapidamente um processo de competição. Assim, as estruturantes mostraram potencial de suportar a competição e se manter no plantio. A alta diversidade possibilita que haja espécies com características adaptativas distintas, capazes de suportar alterações no local ou mesmo de variações no clima. Por isto, as características funcionais e o papel ecológico das espécies devem ser considerados em qualquer seleção, independente de espaçamento; porém, em espaçamentos maiores, esta deve ser seguida de cuidados na escolha de grupos que tendam a ter maior mortalidade inicial evitando erros que podem interferir no desenvolvimento e estabelecimento das demais espécies.

Calophyllum brasiliense, apesar de ser considerada inapta teve baixa amostragem de indivíduos devendo-se recomendar estudos sobre a espécie e sua adaptação nos ambientes. A utilização de espécies da família Solanaceae necessita considerar se que algumas delas não resistem à competição e podem não cumprir sua função de ocupação de espaço. O mesmo precisa ser considerado com *Senna multijuga*, muito utilizada nas restaurações por ser leguminosa e pelo seu rápido crescimento inicial. Em plantios de menor densidade, a sua mortalidade precoce pode promover a abertura de clareiras em idades mais avançadas devido à sua alta mortalidade, o que pode dificultar o estabelecimento da sucessão na restauração.

Estudos como o de cobertura de copa ainda se fazem necessários visto que é um bom indicador de que as espécies implantadas estão favorecendo a restauração do local proporcionando sombreamento do solo para favorecer a regeneração natural, retorno de gramíneas invasoras e processos erosivos.

Capítulo 4

Referências

- AGUIRRE, A.G.; LIMA, J.T.; TEIXEIRA, J.; GANDOLFI, S. Potencial da semeadura direta na restauração florestal de pastagem abandonada no município de Piracaia, SP, Brasil. **Hoehnea**, v.4, n.42, p.629-640, 2015.
- ASSIS, G.B.; SUGANUMA, M.S.; MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Uso de espécies nativas e exóticas na restauração de matas ciliares do estado de São Paulo (1957-2008). **Revista Árvore**, v.37, n.4, p. 599-609, 2013.
- BARBOSA, L.M.; SHIRASUNA, R.T.; LIMA, F.C.; ORTIZ, P.R. lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do estado de são paulo. **Instituto de Botânica**. Anais do VI Simpósio de Restauração Ecológica. São Paulo - SP, 2015.
- BECHARA, F.C.; FILHO, E.M.C.; BARRETTO, K.D.; GABRIEL, V.A.; ANTUNES, A. Z.; REIS, A. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, supl.1, p.9-11, 2007.
- BRANCALION, P.H.S.; HOLL, K.D. Functional composition trajectory: a resolution to the debate between Suganuma, Durigan, and Reid. **Restoration Ecology**, v.24, n.1, p.1-3, 2016.
- BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P.Y.; NAVE, A.G.; GANDARA, F.B.; BARBOSA, L.M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas, **Revista Árvore**, v. 34, n.3, p.455-470, 2010.
- BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. República Federativa do Brasil. Brasília, 2006.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000.
- BRASIL. **Lei nº 12651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, 2012.
- BIERAS, A.C.; SOUZA, T.M.; ABDO, M.T.V.N.; VALARETTO, R.S.; MARTINS, A.L.M. O uso de técnicas de nucleação na restauração de áreas degradadas no polo centro norte-apta, Pindorama-SP e no Imes-Catanduva-SP. **Revista verde**. V.10, n.3, p.14-25, 2015.
- BRUNO, J.F.; STACHOWICZ, J.J.; BERTNESS, M.D. Inclusion of facilitation into ecological theory. **Trends in Ecology and Evolution**, v.18, n.3, p.119-125, 2003.
- CALDATO, S.L.; FLOSS, P.A.; CROCE, D.M.; LONGHI, S.J. Estudo da regeneração natural, banco de sementes e chuva de sementes na Reserva Genética Florestal de Caçador, SC. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p.27-38, 1996.

- CALLAWAY, R.M.; WALKER, L.R. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, v.78, n.7, p.1958-1965, 1997.
- CATHARINO, E.L.M.; BERNACCI, L.C.; FRANCO, G.A.D.C.; DURIGAN, G.; METZGER, J.P. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota neotropica**, v.6, n.2, 2016.
- CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, v.3, n.7, p.195-218, 2012.
- COLPINI, C.; SILVA, V.S.M.; SOARES, T.S.; HIGUCHI, N.; TRAVAGIN, D.P.; ASSUMPÇÃO, J.V.L. Incremento, ingresso e mortalidade em uma floresta de contato ombrófila aberta estacional em Marcelândia, estado do Mato Grosso. **Acta Amazônica**, v.40 (3), p.549-556, 2010.
- DURIGAN, G.; ENGEL, V.L.; TOREZAN, J.M.; MELO, A.C.G.; MARQUES, M.C.M.; MARTINS, S.V.; REIS, A.; SCARANO, F.R. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.471-485, 2010.
- ENGEL, V.L.; PARROTTA, J.A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, n.152, p.169-181, 2001.
- FERRAZ, I.D.K.; LEAL FILHO, N.; IMAKAWA, A.M.; VARELA, V.P.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Características básicas para um agrupamento ecológico preliminar de espécies madeireiras da floresta de terra firme da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v.34(4), p.621-633, 2004.
- FERREIRA, R.A.; SANTOS, P.L.; ARAGÃO, A.G.; SANTOS, T.I.S.; NETO, E.M.S.; REZENDE, M.S. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.81, p.037-046, 2009.
- FRAGOSO, R.O.; TEMPONI, L.G.; GUIMARÃES, A.T.B.; BONINI, A.K. Desenvolvimento de espécies arbóreas nativas em uma área deflorestada do corredor de biodiversidade santa maria- pr, **Revista Árvore**, v.38, n.6, p.1003-1013, 2014.
- FROES, C.Q.; FIGUEIREDO, F.G.; LINE, J.D.B; FERNANDES, S.S.; PADOVAN, M.P.; PEREIRA, Z.V. Desenvolvimento Inicial de Espécies Arbóreas de Diferentes Estágios Sucessionais em Campo para fins de Restauração Ecológica. **Cadernos de agroecologia**, v.9, n.4, 2014.
- GADGIL, M.; SOLBRIG, O.T. The concept of r and k selection: Evidence from wild flowers and some theoretical considerations. **The American Naturalist**, v.106, n.947, p.14-31, 1972.
- GANDOLFI, S.; JOLY, C.A.; RODRIGUES, R.R. Permeability x Impermeability: Canopy trees as biodiversity filters. **Scientia Agricola**. v.64, n.2, p.433-438, 2007.
- GODEFROID, S.; KOEDAM, N. Distribution pattern of the flora in a peri-urban forest: an effect of the city–forest ecotone. **Landscape and Urban Planning**, V.65, P.169-185, 2003.
- HAMMER O. PAST – PALAEOLOGICA L STATISTICS, Ver. 2.17, 2013. Disponível em: <http://folk.uio.no/ohammer/past>. Acesso em 06/04/2016

INPE- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, São Paulo , Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2012-2013, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 2016. Dados climáticos da Estação de Sorocaba: série histórica de 2015. Banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/> Acesso em: 10/01/2016.

JACOBI, C.M.; CARMO, F.F.; VINCENT, R.C. Estudo fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga como subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p.345- 353, 2008.

KRONKA, F.J.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C.K.; KANASHIRO, M.M.; YWANE, M.S.S.; LIMA, L.M.P.R.; GUILHAUMON, J.R.; BARRADAS, A.M.F.; PAVÃO, M.; MANETTI, L.A.; BORGIO, S.C. Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. p.1569- 1576, 2005.

LEITE, E.C.; RODRIGUES, R.R. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de Floresta Estacional no sudeste do Brasil. **Revista Árvore**, v.32, n.3, p.583-595, 2008.

LELES, S.S.; ABAURRE, G.W.; ALONSO, J.M.; NASCIMENTO, D.F.; LISBOA, A.C. Crescimento de espécies arbóreas sob diferentes espaçamentos em plantio de recomposição florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.39, n.90, p.231-239, 2011.

MACHADO, M.R.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; PEREIRA, M.G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.143-151, 2008.

MAGURRAN, A.E. Medindo a diversidade biológica. Curitiba, **Editora UFPR**. 261p., 2011.

MARCUZZO, S.B.; ARAÚJO, M.M.; GASPARIN, E. Plantio de espécies nativas para restauração de áreas em unidades de conservação: um estudo de caso no sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 45, p.129-140, 2015.

MARQUES, M.C.M.; JOLY, C.A. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. **Acta Botânica Brasilica**, v.14(1), pg. 113-120, 2000.

MEIRA JUNIOR, M.S.; PEREIRA, I.M.; MACHADO, E.L.M.; MOTA, S.L.L.; OTONI, T.J.O. Espécies potenciais para recuperação de áreas de Floresta Estacional Semidecidual com exploração de minério de ferro na Serra do Espinhaço. **Bioscience journal**, Uberlândia, v.31, n.1, p. 283-295, 2015.

MELO, A.C.G., MIRANDA, D.L.C.; DURIGAN, G. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no médio vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Árvore**. v.31, n.2, p.321-328, 2007.

MELOTTO, A.; NICODEMO, M.L.; BOCCHESI, R.A.; LAURA, V.A.; NETO, M.M.G.; SCHLEDER, D.D.; POTT, A.; SILVA, V.P. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil central indicadas para sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, v. 33, n.03; p.425-432, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS (MMA) Departamento de Conservação e Biodiversidade. Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa- PLANAVEG- Versão preliminar. 2013.

MIYAWAKI, A. Creative ecology: restoration of native forests by native trees. **Plant Biotechnology**, v.16, p.15-25, 1999.

NÓBREGA, A.M.F.; VALERI, S.V.; PAULA, R.C.; SILVA, S.A. Regeneração natural em remanescentes florestais e áreas reflorestadas da várzea do rio Mogi-Guaçu, Luiz Antônio-SP. **Revista Árvore**, v.32, n.5, p.909-920, 2008.

NUNES, Y.R.F.; FAGUNDES, M.; ALMEIDA, H.S.; DORES, M.; VELOSO, M. Aspectos ecológicos da aroeira (*myracrodruon urundeuva* allemão -anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p.233-243, 2008.

ONOFRE, F.F.; ENGEL, V.L.; CASSOLA, H. Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertioga, SP. **Scientia forestalis**, Piracicaba, v.38, n.85, p.39-52, 2010.

PARANÁ. **Portaria nº 125, de 7 de agosto de 2009**. Instituto ambiental do Paraná. Reconhece a Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras para o Estado do Paraná, estabelece normas de controle e dá outras providências. Curitiba, PR, 07 ago. 2009.

PEREIRA, I.M.; BOTELHO, S.A.; BERG, E.V.D.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MACHADO, E.L.M. Caracterização ecológica de espécies arbóreas ocorrentes em ambientes de mata ciliar como subsídio à recomposição de áreas alteradas nas cabeceiras do Rio Grande, Minas Gerais, Brasil. **Ciência Florestal**, v.20, n.2, p.235-253, 2010.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; REIS, L.L.; MARQUES, S.S. Sistema de plantio adensado para a revegetação de áreas degradadas da Mata Atlântica: bases ecológicas e comparações de custo/benefício com o sistema tradicional. **Floresta e Ambiente**, n.4, p. 30-41, 1997.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, v.67, n.2, p.244-250, 2010.

REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. Pesquisa **Florestal Brasileira**, n.55, p.67-73, 2007.

RODRIGUES, C.M. Eficiência na adoção de medidas para recuperação de áreas degradadas no Estado de São Paulo. 2013. 89f. Dissertação (mestrado em sustentabilidade na gestão ambiental)- Universidade Federal de São Carlos, UFSCar. Sorocaba, 2013.

RODRIGUES, E.R.; MONTEIRO, R.; JUNIOR, L.C. Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.853-861, 2010.

RODRIGUES, R. R., BRANCALION, P. H. S., ISERNHAGEN, I. Pacto pela restauração da Mata Atlântica. Piracicaba: LERF/ESALQ, **Instituto Bio Atlântica**, 264p. 2009b.

RODRIGUES, R.R.; LIMA, R.A.F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological conservation**, n.142, p.1242-1251, 2009a.

RUSCHEL, A.R.; MANTOVANI, M.; REIS, M.S.; NODARI, R.O. Caracterização e dinâmica de duas fases sucessionais em floresta secundária da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v.33, n.01, p.101-115, 2009.

SALOMÃO, R.P.; JUNIOR, S.B.; ROSA, N.A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na amazônia. **Revista Árvore**, v.38, n.1, p.1-24, 2014.

SAMPAIO, A.B.; VIEIRA, D.L.M.; CORDEIRO, A.O.O.; AQUINO, F.G.; SOUZA, A.P.; ALBUQUERQUE, L.B.; SCHMIDT, I.B.; RIBEIRO, J.F.; PELLIZARO, K.F.; SOUZA, F.S.; MOREIRA, A.G.; SANTOS, A.B.P.; REZENDE, G.M.; SILVA, R.R.P.; ALVES, M.; MOTTA, C.P.; OLIVEIRA, M.C.; CORTES, C.A. OGATA, R. Guia de restauração do cerrado- Vol 1- Semeadura direta, Brasília: Universidade de Brasília, **Rede de sementes do cerrado**. 40p, 2015.

SAMPAIO, M.T.F.; POLO, M.; BARBOSA, W. ESTUDO DO CRESCIMENTO DE ESPÉCIES DE ÁRVORES SEMIDECÍDUAS EM UMA ÁREA CILIAR REVEGETADA. **Revista Árvore**, v.36, n.5, p.879-885, 2012.

SANTOS, M.B. Enriquecimento de uma floresta em restauração através da transferência de plântulas na regeneração natural e da introdução de plântulas e mudas. 2011. 166 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2011.

SANTOS, P.L.; FERREIRA, L.A.; ARAGÃO, A.G.; ANDRADE, L.A.; OLIVEIRA, A.S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de sementeira direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.36, n.2, p.237-245, 2012.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Resolução nº47/2003, de 26 de novembro de 2003**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Seção Meio Ambiente, 2003.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Resolução nº58/2006, de 29 de dezembro de 2006**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Seção Meio Ambiente, 2006.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Resolução nº21/2001, de 21 de novembro de 2001**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Seção Meio Ambiente, 2001.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Resolução nº32/2014, de 05 de abril de 2014**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Seção I. p. 36-37. Meio Ambiente, 2014.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Resolução nº08/2008, de 31 de janeiro de 2008**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Seção Meio Ambiente, 2008.

SCHIRONE, B.; SALIS, A.; VESSELLA, F. Effectiveness of the Miyawaki method in Mediterranean forest restoration programs. **Landscape and Ecological Engineering**, v.7, n.1, p.81-92, 2011.

SCHORN, L.A.; GALVÃO, F. Dinâmica da regeneração natural em três estágios sucessionais de uma floresta ombrófila densa em Blumenau, SC. **Floresta**, Curitiba- PR. v.36, n.1, 2006.

SER. SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL E POLICY WORKING GROUP. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org e Tucson: Society for Ecological Restoration International. 2004.

SOARES-FILHO, B; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v.344, 2014.

SOUZA, F.M.; BATISTA, J.F.F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest ecology and management**, n.191, p.185-200, 2003.

SOUZA, F.M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Species-specific associations between overstory and understory tree species in a Semideciduous Tropical Forest. **Acta Botanica Brasilica**, v. 29(1), p.73-81, 2015.

SPOSITO, T.C.; SANTOS, F.A.M. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. **American Journal of Botany**, v.88, n.5, p.939-949, 2001.

SUN, S.; FRELICH, L.E. Flowering phenology and height growth pattern are associated with maximum plant height, relative growth rate and stem tissue mass density in herbaceous grassland species. **Journal of Ecology**, v.99, n4, p.991-1000, 2011.

TOMAZI, A.L.; ZIMMERMANN, C.E.; LAPS, R.R. Poleiros artificiais como modelo de nucleação para restauração de ambientes ciliares: caracterização da chuva de sementes e regeneração natural. **Biotemas**, v.3, n.23, 2010.

YARRANTON, G.A.; MORRISON, R.G. Spatial dynamics of a primary succession: Nucleation. **Journal of Ecology**, v.62, n.2, p. 417-428, 1973.