

Regeneração de espécies florestais nativas após colheita de reflorestamento de eucalipto



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 109

Regeneração de espécies florestais nativas após colheita de reflorestamento de eucalipto

*Carlos Cesar Ronquim
Maristela Imatomi
Maria Inês Salgueiro Lima
Bruno Flório Lessi
João Machado Olimpio
Miguel Magela Diniz
Fabio Enrique Torresan*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Monitoramento por Satélite

Av. Soldado Passarinho, 303 - Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Fone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

www.embrapa.br

Comitê de Publicações da Embrapa Monitoramento por Satélite

Presidente: Cristina Criscuolo

Secretária-Executiva: Bibiana Teixeira de Almeida

Membros: Daniel Gomes dos Santos Wendorfer Loebmann,

Fabio Enrique Torresan, Janice Freitas Leivas, Ricardo Guimarães Andrade,

Shirley Soares da Silva e Vera Viana dos Santos Brandão

Supervisão editorial: Cristina Criscuolo

Revisão de texto: Bibiana Teixeira de Almeida

Normalização bibliográfica: Vera Viana dos Santos Brandão

Capa: Mosaico composto por imagem de satélite da área do Horto Florestal

Santa Fé e seu entorno no município de Brotas (SP) e, e fotografias da

vegetação da região. Fotos: Fábio Torresan.

1ª edição

Versão eletrônica (2014)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Monitoramento por Satélite

Ronquim, Carlos Cesar.

Regeneração de espécies florestais nativas após colheita de reflorestamento de eucalipto / Carlos Cesar Ronquim, Maristela Imatomi, Maria Inês Salgueiro Lima, Bruno Flório Lessi, João Machado Olimpio, Miguel Magela Diniz, Fabio Enrique Torresan. - Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2014.

28 p. : il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 109).
ISSN 0103-7811.

1. Cerrado. 2. Fertilidade do solo. 3. Regeneração natural. 4. Sub-bosque. I. Ronquim, Carlos Cesar. II. Imatomi, Maristela. III. Lima, Maria Inês Salgueiro. IV. Lessi, Bruno Flório. V. Olimpio, João Machado. VI. Diniz, Miguel Magela. VII. Torresan, Fabio Enrique. VIII. Título. IX. Série.

CDD 636.213 (21.ed.)

© Embrapa Monitoramento por Satélite, 2014

Autores

Carlos Cesar Ronquim

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ecologia e Recursos

Naturais, pesquisador da Embrapa Monitoramento por

Satélite, Campinas-SP

carlos.ronquim@embrapa.br

Maristela Imatomi

Bióloga, Doutora em Ecologia e Recursos Naturais,

professora na Universidade Federal de São Carlos,

São Carlos-SP

maristelaimatomi@yahoo.com.br

Maria Inês Salgueiro Lima

Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas, professora na

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP

ines@ufscar.br

Bruno Flório Lessi

Biólogo, Mestrando em Ecologia e Recursos Naturais na

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP

bflessi@gmail.com

João Machado Olimpio

Biólogo, Técnico de Meio Ambiente Pleno, International

Paper do Brasil Ltda, Mogi Guaçu-SP

joao.machado@ipaper.com

Miguel Magela Diniz

Biólogo, Coordenador de Sistemas de Gestão Florestal,

International Paper do Brasil Ltda, Mogi Guaçu-SP

miguel.magela@ipaper.com

Fabio Enrique Torresan

Ecólogo, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais,

pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite,

Campinas-SP

fabio.torresan@embrapa.br

Sumário

Introdução	11
Metodologia	12
Área de estudo	12
Características do relevo, solo e clima	13
Amostragem do banco de sementes do solo	14
Levantamento florístico no sub-bosque de eucalipto	14
Manejo da área em regeneração	14
Análise dos dados	15
Resultados e Discussão	15
Banco de sementes do solo	15
Banco de plântulas no sub-bosque de eucalipto	18
Espécies lenhosas desenvolvendo-se na área aberta.....	19
Levantamento florístico no sub-bosque de eucalipto	14
Conclusões	21
Agradecimentos	22
Referências	22
Anexos	26

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes tipos de manejo na regeneração e no desenvolvimento de espécies nativas arbustivas e arbóreas em área aberta após o corte de *Eucalyptus urograndis*. Avaliar a eficácia de diferentes metodologias para recomposição florestal é importante, pois contribui para a minimização de custos e maximização da sustentabilidade ambiental. O estudo foi feito em uma área pertencente à empresa International Paper, no Município de Brotas, SP. A área de estudo foi investigada antes da colheita, por meio da análise do banco de sementes no solo e da diversidade de espécies nativas jovens que se desenvolvem no sub-bosque do reflorestamento. Após a retirada das árvores adultas de *E. urograndis*, foi avaliada a influência da fertilização química e do controle químico herbáceo na área aberta. Emergiram das amostras do banco de sementes do sub-bosque 31 espécies, totalizando 520 indivíduos, das quais apenas 5 eram espécies arbóreas nativas. Com relação à diversidade das espécies nativas arbustivas e arbóreas, o levantamento feito no sub-bosque resultou em 51 espécies e, na área aberta, em 97, com 23 espécies comuns a ambas as áreas. Os resultados demonstram que as espécies herbáceas predominaram no banco de sementes, o qual não contribuiu para a formação florestal nem do sub-bosque nem da área aberta. Nas avaliações na área aberta, por um período de quatro anos, o número de espécies permaneceu o mesmo e o número de indivíduos totais diminuiu de 634 para 289 desde o primeiro levantamento. O número de indivíduos e a diversidade de espécies das parcelas tratadas não diferiram significativamente das parcelas sem nenhum tratamento.

Palavras-chave: Cerrado, fertilização do solo, regeneração natural, sub-bosque.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the influence of different types of management in the regeneration and development of native shrub and tree species after the harvest of an eucalyptus plantation. Assessing the effectiveness of forest regeneration is important, because it contributes to minimizing costs and maximizing environmental sustainability. This study was conducted in an area owned by the International Paper company in Brotas, SP, Brazil. The study area was investigated before the harvest, by means of an analysis of the seed bank in the soil and the diversity of native species in the understory. After the removal of Eucalyptus mature trees, the influence of chemical fertilization and herbaceous chemical control on regeneration was evaluated for four years. Thirty-one species emerged from the seed bank, totaling 520 individuals, of which only 5 were of native tree species. Concerning the diversity of shrub and tree species, the survey revealed 51 in the understory and 97 in the open area, with 23 species common to both areas. The results demonstrated that shrub species are predominant in the seed bank, and that the bank did not contribute to the formation of the forest understory or the open area. At the open area, the species diversity did not vary over the time, and the total number of individuals decreased from 634 to 289 since the first survey. The number of individuals and the species diversity at the treated areas did not differ significantly from those at the control area.

Keywords: Cerrado biome, soil fertilization, natural regeneration, understory.

Regeneração de espécies florestais nativas após colheita de reflorestamento de eucalipto

Carlos Cesar Ronquim

Maristela Imatomi

Maria Inês Salgueiro Lima

Bruno Flório Lessi

João Machado Olimpio

Miguel Magela Diniz

Fabio Enrique Torresan

Introdução

As áreas de reserva legal (RL) atualmente têm como função principal a manutenção, na paisagem, de um estoque de vegetação natural que beneficia diversos aspectos naturais (SILVA; RANIERI, 2014), entre eles a biodiversidade, a sobrevivência de espécies ameaçadas de extinção, o controle da erosão, a recarga hídrica e aspectos cênico-paisagísticos (METZGER et al., 2010; SPAROVEK et al., 2012). Entretanto, a grande maioria das propriedades produtivas brasileiras apresenta RL em percentual abaixo do exigido pelo Código Florestal Brasileiro. Sparovek et al. (2012) estimaram o déficit de RLs no Brasil de acordo com as exigências do Código Florestal e constataram que a área total necessária para atender a obrigação legal é estimada em 254 milhões de hectares.

Nesse contexto, as empresas florestais têm um papel importantíssimo no processo de recolonização de áreas florestais nativas, pois detêm área significativa de remanescentes florestais, que podem ser acrescidas com a recomposição florestal nas áreas de RL ainda pendentes. Nessa reorganização do espaço agrícola, áreas de RL anteriormente ocupadas por talhões de eucalipto, como na empresa International Paper do Brasil (IP), estão sendo restauradas e reocupadas com florestas nativas. Muitas das áreas da IP a serem recuperadas estão inseridas no Bioma Cerrado, que, no Estado de São Paulo, já ocupou em torno de 15% do território e agora tem menos de 1% de sua vegetação natural (DURIGAN, et al. 2011).

Pesquisas sobre a restauração do Cerrado são recentes e escassas (DURIGAN et al., 2011). Com a carência de disponibilidade de mudas e com base no limitado conhecimento existente sobre as espécies e o seu cultivo, a restauração por meio de plantios heterogêneos tem sido inviável (MODNA et al., 2010). O conhecimento acumulado sobre os efeitos do processo de ocupação das áreas de Cerrado convertidas em sistemas agrossilvopastoris ainda não são suficientes para a definição das práticas mais adequadas de manejo que visem à recuperação, ou mesmo à manutenção, das características biológicas dessas áreas.

Uma das técnicas possíveis para recuperar uma área de Cerrado é a regeneração natural. É um importante método para restaurar a vegetação nativa, em decorrência de seu custo reduzido, da garantia de preservação do patrimônio genético e de uma elevada diversidade de espécies no local restaurado, já que não há mudas disponíveis para a maioria dessas espécies. Também é possível utilizar técnicas de manejo que contribuam para a regeneração natural, acelerando o processo de desenvolvimento das espécies arbustivas e arbóreas nativas surgidas. Esse processo ainda é pouco estudado e baseia-se no incremento de nutrientes e, principalmente, na remoção da competição provocada por gramíneas nos estágios iniciais de desenvolvimento. As gramíneas são o principal impedimento para o estabelecimento de mudas e sementes dispersas em áreas de Cerrado (HOFFMANN; HARIDASAN, 2008).

A presença de reflorestamentos com espécies florestais exóticas, como o eucalipto, ou mesmo de ambientes degradados ou menos férteis, pode ser uma vantagem para a reabilitação e revegetação de áreas de Cerrado, já que as condições ambientais de sub-bosque desses reflorestamentos tornam-se mais rapidamente favoráveis ao ingresso e estabelecimento de espécies da flora nativa local (LUGO, 1997). Extensa revisão de

Viani et al. (2010) aponta os reflorestamentos com *Eucalyptus* sp. ou *Pinus elliottii* como possíveis áreas de conservação da biodiversidade florestal nativa em oposição ao título de “desertos verdes” que é atribuído a eles.

O objetivo principal deste estudo foi testar a influência de diferentes tipos de manejo no processo indutor da regeneração e no desenvolvimento de espécies nativas arbustivas e arbóreas em área aberta anteriormente ocupada por um cultivo comercial de eucalipto.

Em síntese, o projeto criou produtos digitais e contribuiu para democratizar o uso de SIGs na escola. Mais especificamente, ele forneceu ferramentas e informações para os professores fazerem um exame mais minucioso e interpretativo da atividade antrópica e, por conseguinte, de sua magnitude, sua pertinência, seu padrão espacial, suas consequências ambientais e dos conflitos decorrentes.

A perspectiva ambiental deve remeter o aluno à reflexão sobre os problemas que afetam a sua vida, a de sua comunidade, a de seu país e a do planeta. Para que isso ocorra de maneira significativa, o aluno deve estabelecer ligações entre o que aprende e a sua realidade cotidiana. Para isso, é essencial que conheça o lugar onde vive, de forma a construir iniciativas para solucionar problemas (WILSEK; TOSIN, 2012).

Além disso, as discussões enfatizaram a importância que as atividades agropecuárias regionais desempenham para a sociedade e para a RMC, pois considerável parcela dos alunos desconhece ou não reconhece adequadamente a relevância do setor agropecuário para a sociedade.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Horto Florestal Santa Fé, de propriedade da empresa International Paper do Brasil (IP), localizado no Município de Brotas, SP (22° 11' 50,39"S e 48° 6' 5,88"W). A área total do Horto é de cerca de 6.050 ha, dos quais cerca de 4.900 ha são explorados para silvicultura de *Eucalyptus spp.* (Figura 1). A área de estudo situa-se na porção de recarga do Aquífero Botucatu, considerada de grande prioridade para conservação.

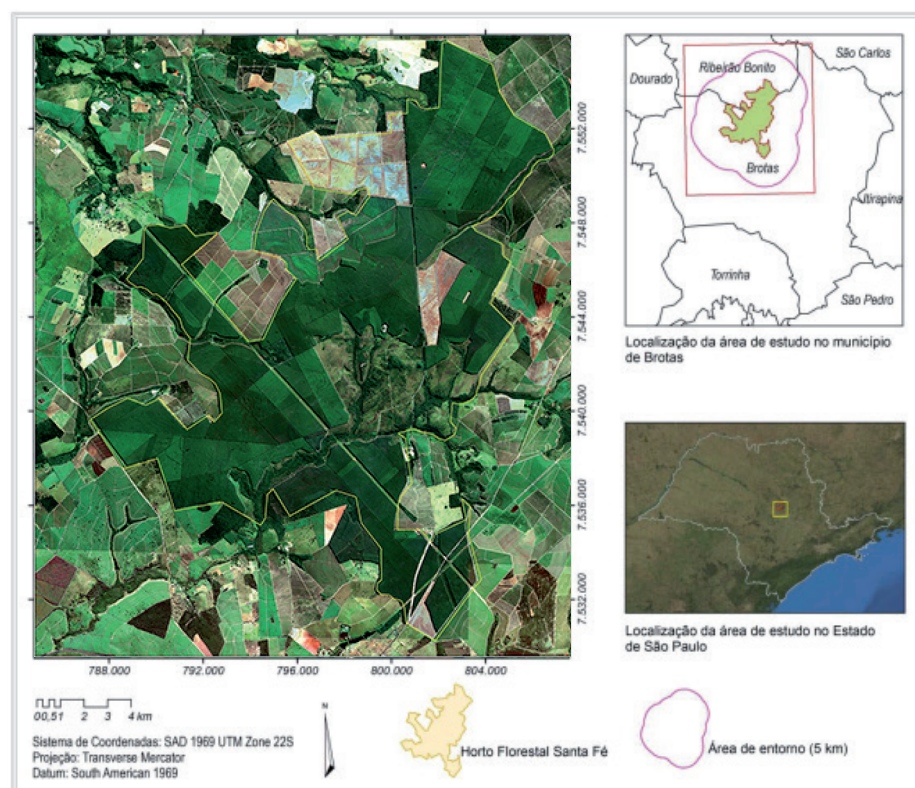


Figura 1. Área do Horto Florestal Santa Fé e seu entorno.

A paisagem do entorno é constituída por uma matriz onde predominam usos agrícolas diversos, incluindo o cultivo de cana-de-açúcar, a citricultura e pastagens. Além dos usos antrópicos, ainda ocorrem alguns remanescentes de vegetação nativa, com destaque para a mata ciliar dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, que interceptam as glebas do Horto Florestal Santa Fé.

A área de estudo era ocupada pelo cultivo de pastagens e, nos últimos 42 anos, vem sendo cultivada com *Eucalyptus* sp. Antes da última colheita do reflorestamento a área estava sendo cultivada com plantio comercial de clones de *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) para a produção de celulose.

Características do relevo, solo e clima

A área estudada localiza-se na divisão geomorfológica das Cuestas Basálticas, com altitudes variando em torno de 750 m (VIEIRA, 1997). O solo é mapeado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 1999). As características químicas do solo da área de estudo foram determinadas no laboratório de fertilidade de solo da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (SP), da Universidade do Estado de São Paulo (UNESP), e são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo da área de estudo, anteriormente ocupada com cultura de eucalipto^{1, 2}.

pH	P (mg dm ⁻³)	MO (g dm ⁻³)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC (mmolc dm ⁻³)	H + Al	Al	SB	V (%)
4,3	6,7	14,7	0,5	19,5	11,9	81,2	38,1	5,6	43,1	53,1

¹ pH, valor determinado em solução de CaCl₂; P, fósforo; MO, matéria orgânica total; K, potássio; Ca, cálcio; Mg, magnésio; CTC, capacidade de troca catiônica; H + Al, acidez potencial; Al, alumínio; SB, soma de bases; V, saturação de bases.

² Valores de enxofre, micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês, zinco) e granulometria (areia, silte e argila) foram, respectivamente: S (mg dm⁻³) = 2,45; B (mg dm⁻³) = 0,18; Cu (mg dm⁻³) = 0,47; Fe (mg dm⁻³) = 56; Mn (mg dm⁻³) = 0,84; Zn (mg dm⁻³) = 0,72; argila (g kg⁻¹) = 47; silte (g kg⁻¹) = 63; areia total (g kg⁻¹) = 890; silte + argila (g kg⁻¹) = 953.

Segundo a classificação de Koeppen, o clima da cidade de Brotas, SP, é caracterizado como Cwa (tropical de altitude) com verão úmido e inverno seco, com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. O clima de características tropicais apresenta temperatura mínima anual de 15 °C e temperatura máxima média anual de 27 °C, com fevereiro como o mês mais quente (média de 24,1 °C) e julho, o mais frio (média de 17,8 °C). A precipitação média anual é de 1.209 mm, com dezembro como o mês mais chuvoso, com média de 189 mm, e julho, o mês mais seco, com média de 25 mm (Tabela 2)

Tabela 2. Valores climáticos médios dos últimos 30 anos para o Município de Brotas, SP.

Meses do ano	Temperatura do ar (°C)			Chuva (mm)
	Mínima	Máxima	Média	
Janeiro	18,3	29,5	23,9	200,1
Fevereiro	18,6	29,6	24,1	179,5
Março	17,8	29,3	23,6	132,7
Abril	15,2	27,8	21,5	62,7
Maio	12,5	25,9	19,2	50,9
Junho	11,1	24,8	18,0	34,0
Julho	10,6	25,1	17,8	25,7
Agosto	12,0	27,3	19,6	25,2
Setembro	14,0	28,4	21,2	57,5
Outubro	15,7	28,7	22,2	106,2
Novembro	16,5	29,0	22,8	145,9
Dezembro	17,7	28,9	23,3	189,3
Ano	15,0	27,9	21,4	1209,7
Mínima	10,6	24,8	17,8	25,2
Máxima	18,6	29,6	24,1	200,1

Fonte: CEPAGRI (2014).

Amostragem do banco de sementes do solo

Para a amostragem do banco de sementes do solo, foram sorteadas 40 parcelas, e o solo foi coletado no interior de uma parcela de 50 cm x 50 cm localizada no centro das parcelas maiores. O solo para o estudo de banco de sementes foi retirado até a profundidade de 5 cm. A amostragem da camada superficial do solo tem sido a mais comumente utilizada em estudos desta natureza, por ser a mais representativa em termos de densidade e riqueza de sementes viáveis do banco.

As amostras para o estudo do banco de sementes foram coletadas separando-se a serapilheira do solo, e as sementes foram retiradas e colocadas em sacos plásticos de cor preta, de modo a reduzir a influência da luminosidade. Para a contagem e identificação das plântulas emergidas das espécies presentes no banco de sementes, foi utilizado o método de germinação. As amostras foram colocadas em bandejas plásticas perfuradas de 26 cm x 36 cm, com 4 cm de profundidade, dispostas em bancadas (sombreadas a 34% de interceptação de luz em um viveiro), em delineamento totalmente casualizado. Para monitorar a eventual entrada de propágulos externos, foram colocadas três bandejas contendo areia esterilizada. A irrigação foi feita na periodicidade necessária para manter o solo úmido.

A contagem e a identificação dos indivíduos foram feitas em intervalos de 15 dias durante 10 meses. Quando a identificação imediata não foi possível, o exemplar foi replantado em saco de polietileno contendo substrato constituído de terra de Cerrado e esterco e mantido até a sua identificação, a qual foi feita com o uso de chaves de identificação e comparação com materiais depositados no herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos (Ufscar), em São Carlos, SP.

Levantamento florístico no sub-bosque de eucalipto

Para o levantamento florístico e a análise de estrutura, foi utilizado o método de parcelas. As coletas foram feitas entre os anos de 2009 e 2010. Foram demarcadas 5 parcelas de 5 m x 40 m, que foram subdivididas em 20 parcelas menores, de 5 m x 10 m, totalizando 1.000 m² de amostragem.

As parcelas foram dispostas de forma que as 4 primeiras localizavam-se na borda do talhão, junto à divisa com o Cerrado, e as demais foram dispostas sistematicamente a cada 5 m em direção ao interior. Das 100 subparcelas foram sorteadas 50, nas quais foram amostradas as espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas regenerantes do sub-bosque. Quando não foi possível a identificação no local, foram coletadas e herborizadas amostras dessas espécies e a identificação foi feita em laboratório do Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos (Ufscar) na cidade de São Carlos, SP.

Manejo da área em regeneração

O corte do eucalipto foi feito em novembro de 2010. Três meses após o corte, foram instaladas 25 parcelas de 300 m² (25 m x 12 m), com bordadura de 10 m entre elas, totalizando aproximadamente 2 ha. A primeira coleta pós-corte antes do primeiro tratamento foi feita em fevereiro de 2011, as coletas subsequentes foram feitas em julho de 2011, abril de 2012, outubro de 2012, novembro de 2013 e maio de 2014, sempre um mês após a aplicação dos insumos químicos utilizados nos tratamentos.

Foram utilizados neste experimento cinco tratamentos (cinco repetições): testemunha (ausência de manejo); capina química total; capina química total e fertilização química das espécies nativas arbustivas e arbóreas; coroamento químico; coroamento químico e fertilização química. O estabelecimento das posições de cada tratamento nas parcelas foi definido por sorteio. Essas parcelas foram amostradas e as espécies e o número de indivíduos foram avaliados durante quatro anos.

Para a capina química e o coroamento químico foi utilizado produto comercial cujo princípio ativo é o amônio de glifosato (792,5 g kg⁻¹), diluído de acordo com as recomendações do fornecedor. Esse produto comercial foi desenvolvido para o controle de plantas infestantes em áreas de florestas de pinus e eucalipto. A

quantidade aplicada em tanques costais de 20 L dependia da quantidade de plantas infestantes na área total e na coroa de cada espécie arbustiva ou arbórea nativa.

Para a fertilização, foi utilizada a quantidade de 150 g por planta do adubo formulado com os nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Três meses após a retirada do eucalipto foi feita uma primeira manutenção com 100 g da fórmula NPK 80-30-16 e 50 g da fórmula NPK 10-00-20. A segunda manutenção foi feita sete meses após a primeira, com 150 g da fórmula NPK 00-00-54.

Quando não foi possível fazer a identificação no local, foram coletadas e herborizadas amostras dessas espécies e a identificação foi feita em laboratório do Departamento de Botânica da Ufscar na cidade de São Carlos, SP.

Análise dos dados

Para as comparações entre os tratamentos, os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett). Quando essas duas pressuposições foram atendidas, foi aplicada a análise de variância (Anova), seguida pelo teste de Tukey com 0,05 de significância. Todas as análises foram feitas usando o software R (R PROJECT, 2009).

Resultados e Discussão

Banco de sementes do solo

Emergiram das amostras do banco de sementes 31 espécies, das quais apenas 5 eram espécies lenhosas nativas. Essas espécies arbustivas e arbóreas também estavam presentes na área aberta (Tabela 3). Três dessas espécies eram do gênero *Miconia*, pertencente à família Melastomataceae. Baidier et al. (1999) e Tabarelli e Mantovani (1997) observaram que o banco de sementes é constituído principalmente de árvores e arbustos pioneiros de Melastomataceae, o que pode ser um mecanismo importante no estabelecimento desta família. Dalling et al. (1998) observaram que espécies do gênero *Miconia* apresentam elevada produção de sementes, as quais foram detectadas nos primeiros 3 cm do solo, o que pode justificar a maior presença.

A fraca germinação de espécies arbustivas e arbóreas no banco de sementes pode ser erroneamente associada aos distintos mitos de impactos ambientais causados pelos reflorestamentos com *Eucalyptus* spp., entre eles a liberação de substâncias químicas alelopáticas no solo. O trabalho de Carmo et al. (2012) mostra que a baixa densidade e a diversidade de plantas frequentemente verificadas no sub-bosque de reflorestamentos de *Eucalyptus* sp. não estão diretamente relacionadas com efeitos supressores promovidos pela presença dessas espécies. Esse fato é reforçado por extensa revisão de Viani et al. (2010), que apontam os plantios de *Eucalyptus* sp. ou *P. elliotii* como possíveis áreas de conservação da biodiversidade em oposição à alcunha de “desertos verdes” que é atribuída a eles.

Estudos feitos em florestas nativas ou mesmo em sub-bosque silvicultural ou em áreas abertas em todo o Brasil mostram sempre que a maior parte das espécies do banco de sementes é caracterizada como herbácea e praticamente não existe similaridade florística entre o banco de sementes e o estrato arbustivo-arbóreo (CALEGARI et al., 2013; CARMO et al., 2012; COSTALONGA et al., 2006; GONÇALVES et al., 2007; NOBREGA et al., 2009; SCHORN et al., 2013). Dessa forma, o banco de sementes do solo pode conter informações sobre a dinâmica da vegetação, mas não está necessariamente relacionado com a vegetação existente. Brown (1992) afirma que a metodologia de germinação disseminada e utilizada em estudos de banco de sementes subestima as amostras em decorrência de aspectos associados à dormência e mortalidade das sementes. Dessa forma, o banco de sementes do solo deve ser sempre observado associado a outras análises, como a avaliação do banco de plântulas.

Após a colheita do eucalipto, as espécies herbáceas viáveis constatadas no banco de sementes do solo possivelmente colonizarão a área aberta antes das espécies arbustivas e arbóreas. Dessa maneira, a restauração depende de outros mecanismos de revegetação, tal como o banco de plântulas que já se estabeleceram sob o dossel do eucalipto.

Tabela 3. Lista de espécies arbóreas e arbustivas, em ordem alfabética de famílias, encontradas nas parcelas de área aberta (AA), banco de plântulas do sub-bosque de *Eucalyptus* (BP) e banco de sementes do sub-bosque de *Eucalyptus* (BS)¹.

Família / Espécie ²	AA	BP	BS	FV	B	GE	SD
ANACARDIACEAE							
<i>Anacardium humile</i> A. St.-Hil.	X	X		B	C	NP	Z
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	X	X		A	M	P	Z
ANNONACEAE							
<i>Annona coriacea</i> Mart.	X	X		A	C	NP	Z
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	X			A	C	NP	Z
<i>Annona dioica</i> A. St. - Hil.	X			A	C	NP	Z
<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St.-Hil.) Saff.	X			A	C	NP	Z
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	X	X		A	C-M	NP	Z
APOCYNACEAE							
<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Muell. Arg.		X		A	M	NP	NZ
<i>Peschiera fuchsiaeifolia</i> (A. DC.) Miers.	X	X		A	C	P	Z
ARALIACEAE							
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	X			A	C	P	Z
<i>Schefflera vinosa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin & Fiaschi	X			B	C	NP	Z
ARECACEAE							
<i>Attalea geraensis</i> Barb. Rodr.	X			A	C	P	Z
ASTERACEAE							
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	X			B	C	P	NZ
<i>Chromolaena maximiliani</i> (Schrud.) R. M. King & Rob.		X		B	C-M	P	NZ
<i>Gochnatia pulchra</i> Cabrera	X	X		B	C	NP	NZ
BIGNONIACEAE							
<i>Memora peregrina</i> (Miers) Sandwith	X	X		B	C	NP	NZ
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	X			A	C	NP	NZ
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	X			A	C-M	NP	NZ
CARYOCARACEAE							
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	X			A	C	P	Z
CLASTRACEAE							
<i>Maytenus robusta</i> Reissek	X			A	C-M	NP	Z
<i>Peritassa campestris</i> (Cambess.) A. C. Sm.	X			B	C	NP	Z
CLETHRACEAE							
<i>Clethra scabra</i> Pers.	X			A	C-M	P	NZ
COMBRETACEAE							
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	X			A	C-M	NP	NZ
CONNARACEAE							
<i>Rourea induta</i> Planch.	X			A	C	P	NZ
CUNONIACEAE							
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	X			A	C	P	NZ
EBENACEAE							
<i>Diospyros hispida</i> A. DC.	X			A	C	NP	Z
ERYTHROXYLACEAE							
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	X			B	C-M	NP	Z
<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A. St.-Hil.	X			B	C-M	NP	Z
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	X			B	C	NP	Z
EUPHORBIACEAE							
<i>Croton urucurana</i> Baill.	X			A	C-M	P	Z
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax.	X			A	C-M	P	Z

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Família / Espécie ²	AA	BP	BS	FV	B	GE	SD
FABACEAE							
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	X			A	C	NP	NZ
<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev	X			A	C	NP	NZ
<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.	X			A	C	NP	NZ
<i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth.	X	X		B	C	NP	Z
<i>Bauhinia holophylla</i> Steud. ^{*(QA)}	X			A	C	NP	NZ
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	X	X		A	C	NP	NZ
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth. ^{*(VU)}	X			A	C-M	P	NZ
<i>Cassia ferruginea</i> Schrad. ex DC.	X	X		A	C-M	NP	NZ
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guill. ex Benth.	X			A	M	NP	NZ
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. ^{*(QA)}	X	X		A	C-M	NP	Z
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. ^{*(QA)}	X	X		A	C	NP	NZ
<i>Hymenaea martiana</i> Hayne	X			A	C	NP	Z
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	X			A	C-M	NP	NZ
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	X			A	C-M	NP	NZ
<i>Mimosa hirsutissima</i> Mart.	X			B	C	P	NZ
<i>Ormosia arborea</i> Harms		X		A	C	NP	Z
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.	X			A	C-M	NP	NZ
LAMIACEAE							
<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	X			A	C-M	P	Z
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	x	X		A	C-M	P	Z
LAURACEAE							
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart.		X		A	C-M	NP	Z
<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	X			A	C-M	NP	Z
<i>Persea punctata</i> Meisn. ^{*(CR)}		X		A	M	NP	Z
MALPIGHIACEAE							
<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Griseb.) B. Gates		X		B	C	P	NZ
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	X	X		A	C-M	NP	Z
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	X			A	C-M	NP	Z
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A. Juss.	X			A	C	P	Z
MALVACEAE							
<i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook. & Arn.) Hassl.	X			A	M	P	Z
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	X	X		A	C	NP	NZ
<i>Helicteres sacarolha</i> A. St.-Hil.	X			B	C-M	P	NZ
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	X			A	C-M	NP	NZ
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	X	X		A	C-M	NP	NZ
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	X			A	C	NP	NZ
MELASTOMATACEAE							
<i>Leandra aurea</i> (Cham.) Cogn.		X		B	C-M	NP	Z
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana.	X	X		A	C-M	P	Z
<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.	X		X	A	C-M	P	Z
<i>Miconia stenostachya</i> DC.	X		X	B	C-M	NP	Z
MENISPERMACEAE							
<i>Cissampelos ovalifolia</i> DC.	X	X		B	C	P	Z
MYRCINACEAE							
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez.		X		A	C-M	P	Z
<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez.		X		A	C-M	NP	Z
MYRISTICACEAE							
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	X	X		A	C-M	NP	Z
MYRTACEAE							
<i>Calyptanthus lucida</i> Mart. ex DC.		X		A	M	NP	Z
<i>Campomanesia adamantium</i> Blume	X	X		B	C	P	Z
<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O. Berg.	X			B	C-M	NP	Z
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	X			A	C-M	NP	Z
<i>Eugenia hyemalis</i> Cambess.	X			B	C-M	NP	Z
<i>Eugenia pitanga</i> (O. Berg) Nied.		X		A	C-M	NP	Z
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	X			A	C-M	P	Z
<i>Eugenia triphylla</i> O. Berg.		X		B	C-M	NP	Z
<i>Myrcia bella</i> Cambess.	X			A	C	NP	Z
<i>Myrcia crassifolia</i> (Miq.) Kiaersk. ^{*(EN)}		X		A	C-M	NP	Z
<i>Myrcia fallax</i> (A. Richard) DC.		X		A	C-M	NP	Z
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	X	X		A	C-M	NP	Z
<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & Legrand.	X	X		B	C	NP	Z
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	X			A	C-M	NP	Z
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	X	X	X	A	C-M	NP	Z
<i>Psidium australe</i> Cambess.	X			B	C	NP	Z
<i>Psidium cinereum</i> Mart. ex DC.	X			B	C-M	NP	Z
<i>Psidium laruotleanum</i> Cambess.	X	X	X	B	C	NP	Z

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Família / Espécie ²	AA	BP	BS	FV	B	GE	SD
NYCTAGINACEAE							
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell		X		A	C	NP	Z
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell		X		A	C	NP	Z
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	X			A	C-M	NP	Z
OCHNACEAE							
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	X			A	C-M	NP	Z
PIPERACEAE							
<i>Piper arboreum</i> Aubl.		X		A	C-M	NP	Z
PROTEACEAE							
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotz.	X			A	C-M	NP	NZ
<i>Roupala montana</i> Aubl.	X	X		A	C-M	NP	NZ
RUBIACEAE							
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Benth. & Hook. f.	X	X		A	C-M	NP	Z
<i>Faramea multiflora</i> A. Rich. ex DC.	X	X		B	M	NP	Z
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	X	X		A	C	NP	Z
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schlecht) K. Schum.	X	X		A	C-M	P	Z
RUTACEAE							
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	X			A	C-M	P	Z
SAPINDACEAE							
<i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk.	X	X		A	M	NP	Z
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	X			A	C-M	NP	Z
<i>Serjania lethalis</i> A. St.-Hil.		X		B	M	P	NZ
SAPOTACEAE							
<i>Pradosia brevipes</i> (Pierre) T. D. Penn.	X			B	C	NP	Z
SIPARUNACEAE							
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.		X		A	C-M	NP	Z
SOLANACEAE							
<i>Solanum auriculatum</i> (Aiton) Kuntze.		X		B	C	P	Z
<i>Solanum lycocarpum</i> L.	X			B	C	P	Z
<i>Solanum paniculatum</i> L.	X	X		B	C-M	P	Z
<i>Solanum stipulatum</i> Vell.	X			B	C	P	Z
STYRACACEAE							
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	X			A	C	NP	Z
URTICACEAE							
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethlage	X			A	M	P	Z
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	X			A	C-M	P	Z
VERBENACEAE							
<i>Lippia lasiocalycina</i> Cham.	X	X		B	M	P	NZ
VOCHYSIACEAE							
<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	X			A	C-M	NP	NZ
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	X			A	C	P	NZ
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	X			A	C	P	NZ
<i>Qualea parviflora</i> Mart.		X		A	C-M	NP	NZ
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	X			A	C	NP	NZ

¹ FV, forma de vida (A, arbóreo; B, arbustivo); B, bioma (C, Cerrado; M, Mata Atlântica); GE, grupo ecológico (P, pioneira; NP, não pioneira); SD, síndromes de dispersão (Z, zoocórica; NZ, não zoocórica).

² #CR (em perigo crítico), #EN (em perigo), #QA (quase ameaçada) e #VU (vulnerável).

Fonte: conforme Mamede et al. (2007)

Banco de plântulas no sub-bosque de eucalipto

A riqueza da biodiversidade florestal nativa em 1 ha de sub-bosque resultou no levantamento de 51 espécies arbustivas e arbóreas pertencentes a 28 famílias, das quais as famílias Myrcinaceae, Piperaceae e Siparunaceae foram as únicas que não ocorreram posteriormente na área aberta (Tabela 3).

No banco de plântulas, a família Myrtaceae foi a que apresentou maior número de espécies. Tabarelli e Peres (2002) relataram que a família Myrtaceae demonstra grande interação com a fauna, e a dispersão de sementes e o recrutamento das plantas estão diretamente relacionados com a permanência e conservação da fauna dispersora. Torresan et al. (2011) observaram, na mesma área de eucalipto deste estudo, 53 espécies de aves distribuídas em 23 famílias e 11 ordens. A zoocoria foi a forma de dispersão de cerca de

60% das espécies florestais nativas (Tabela 3). Esse fato demonstra que o sub-bosque de eucalipto favorece a circulação da fauna (LYRA-JORGE et al., 2010), bem como a presença de morcegos e aves, que são os principais e mais eficientes dispersores de sementes.

A maioria das espécies lenhosas amostradas era de arbóreas (68,5 %) e não pioneiras (53,7 %). Além disso, 44,4 % ocorriam tanto em áreas de Cerrado quanto de Mata Atlântica (Tabela 3). Apesar de o estudo desenvolver-se em área de Cerrado, a presença de espécies de Mata Atlântica decorre das condições ambientais favoráveis de sombra, umidade do solo e do ar, presença de serapilheira, acúmulo de matéria orgânica no solo e ausência de competição com espécies herbáceas, principalmente gramíneas exóticas.

Pesquisas sobre espécies arbustivas e arbóreas nativas no sub-bosque dos reflorestamentos com eucalipto e pinus no Brasil têm apontado, desde o início da década de 1980 (SCHLITTLER, 1984), que comunidades vegetais consideravelmente diversas estão associadas a esses sistemas, o que indica que tais locais podem ser catalisadores da regeneração natural de muitas espécies florestais, tanto em áreas de Cerrado quanto de Mata Atlântica (ARMANDO et al., 2011; FERRACINI et al., 2013; MODNA, et al., 2010; ONOFRE et al., 2010; SILVA JÚNIOR et al., 1995).

Das plantas jovens encontradas no sub-bosque, 23 também ocorreram na área aberta (Tabela 3), o que reflete a importância do banco de plântulas no processo de regeneração. No período de análise deste estudo, o reflorestamento de eucalipto tinha em torno de sete anos de idade. O número de espécies arbustivas e arbóreas na área provavelmente seria ainda maior se a permanência do reflorestamento ocorresse por um tempo mais longo. Nos trabalhos de Silva Júnior et al. (1995), Onofre et al. (2010) e Armando et al. (2011), que avaliaram a diversidade em sub-bosque de eucaliptais com idades entre 20 e 50 anos, a diversidade florestal nativa foi bem mais elevada, e resultou em 103, 111 e 91 espécies, respectivamente.

Além da diversidade de espécies florestais nativas que se desenvolvem em seu interior, os reflorestamentos proporcionam condições favoráveis para a germinação e o desenvolvimento de algumas espécies florestais nativas ameaçadas. No sub-bosque, foram encontradas quatro espécies identificadas com algum grau de ameaça de extinção no *Livro vermelho das espécies vegetais ameaçadas do Estado de São Paulo* (MAMEDE et al., 2007). São elas: *Cassia ferruginea*, *Copaifera langsdorffii*, *Dalbergia miscolobium* e *Persea punctata*.

Os plantios de eucalipto em propriedades agrícolas, se manejados corretamente, podem favorecer o surgimento de um fragmento florestal nativo (LUGO, 1997). Espécies regeneradas naturalmente em povoamentos de eucalipto podem constituir opção para a recuperação da cobertura florestal em ambientes degradados pela pecuária e agricultura intensivas e propiciar rentabilidade econômica ao agricultor com a retirada e venda das toras de eucalipto (OLIVEIRA et al., 2011). Apesar dos efeitos destrutivos das colheitas dos reflorestamentos comerciais, a recuperação das espécies nativas arbustivas e arbóreas pode ocorrer rapidamente (FERRACINI et al., 2013).

Espécies lenhosas desenvolvendo-se na área aberta

As famílias que mais ocorreram após a colheita do eucalipto foram Myrtaceae e Fabaceae (Tabela 3). Estudos de Bordini (2007) e Rissi (2011) também apontaram essas duas famílias como as mais importantes em área de regeneração no Cerrado. Gomes et al. (2004), descrevendo a comunidade arbustivo-arbórea do Horto Santa Fé, observaram que Myrtaceae e Fabaceae foram as famílias mais ricas em espécies em um remanescente de cerradão, um padrão consistente com a maioria dos levantamentos feitos em áreas de cerrado (DURIGAN et al., 1997).

A maior parte das espécies que ocorreram na área aberta foi de arbóreas (72 %), zoocóricas (56 %), não pioneiras (56 %), e 42% ocorreram tanto em áreas de Cerrado quanto de Mata Atlântica (Tabela 3). Resultado semelhante foi encontrado na avaliação das plântulas no sub-bosque. Entre as 99 espécies amostradas, destacaram-se em densidade: *P. fuchsiaefolia*, *A. Ihotskiana*, *X. aromatica*, *C. urucurana*,

M. albicans, *M. lingua*, *R. viburnoides*, *C. hydrangeifolia*, *S. vinosa*, *V. sebifera*, *C. langsdorffii*, *Q. grandiflora*, *P. cinereum*, *S. americanum*, *A. falcata*, *D. miscolobium*, *P. australe*, *P. marcgravii*, *O. pulchella* e *R. montana*. Dessas espécies, ao menos 10 já ocorriam no sub-bosque.

Após quatro anos da colheita do eucalipto, o número de espécies da área aberta permaneceu praticamente constante e não houve mudanças significativas na composição florística. Rissi (2011), avaliando a revegetação em área de Cerrado em Bauru, SP, também observou que não foram registradas mudanças significativas na composição florística da comunidade regenerante ao longo de cerca de um ano.

Na área de estudo, ao longo da sucessão o ambiente provavelmente se tornará mais propício ao surgimento de espécies arbóreas tardias. Trabalhos de Durigan e Ratter (2006) e Durigan (2009) mostram que áreas de Cerrado evoluem de fisionomias mais abertas para outras mais fechadas, como o cerradão, pois o sombreamento toma conta da área e essa alteração de ambiente proporciona maior diversidade de espécies.

O número de indivíduos amostrados diminuiu de 634 na primeira coleta para 289 na última coleta. No inverno, após a primeira amostragem, ocorreu geada na área, o que provocou perda considerável de indivíduos, porém não resultou em perda da riqueza florística. Essa mesma característica foi observada por Brando e Durigan (2004), depois de geada em área de Cerrado no noroeste paulista. O fraco recrutamento de novos indivíduos e espécies florestais nativas na área aberta também ocorreu pela intensa colonização das gramíneas exóticas *U. decumbens* e *M. minutiflora* após a retirada do reflorestamento. Essas gramíneas impedem os processos de germinação e o recrutamento de espécies nativas presentes no banco de sementes (MATOS; PIVELLO, 2009).

A riqueza de espécies das parcelas nas quais foi feita a capina química total resultou em um número de espécies menor que o da testemunha (sem tratamento) e dos demais manejos (Tabela 4). Como a aplicação do herbicida na parcela toda é feita de forma não seletiva, provavelmente o glifosato atingiu as folhas das espécies arbóreas e arbustivas e eliminou os indivíduos jovens regenerantes que cresciam entre as gramíneas. Bordini (2007) e de Rissi (2011) atribuíram a diminuição do número de espécies ao longo do período de avaliação a uma possível sensibilidade de algumas espécies ao controle químico aplicado.

Tabela 4. Variação do número de indivíduos, da riqueza e do índice de diversidade de Shannon em consequência dos tratamentos¹.

Tratamentos	Indivíduos	Riqueza	Shannon
Controle	110,2 (17,6) a	41,3 (2,5) a	3,31 (0,26) a
Capina química total	141,0 (20,9) a	32,8 (4,0) b	2,85 (0,28) a
Capina química total + fert. química	148,0 (24,8) a	41,5 (4,4) a	3,38 (0,20) a
Coroamento químico	120,5 (14,5) a	39,5 (3,9) ab	3,18 (0,17) a
Coroamento químico + fert. química	119,2 (11,9) a	39,5 (1,7) ab	3,00 (0,11) a

¹ FV, forma de vida (A, arbóreo; B, arbustivo); B, bioma (C, Cerrado; M, Mata Atlântica); GE, grupo ecológico (P, pioneira; NP, não pioneira); SD, síndromes de dispersão (Z, zoocórica; NZ, não zoocórica).

A aplicação de herbicida no controle de *U. decumbens* é um tratamento eficiente e capaz de acelerar significativamente a regeneração da vegetação do Cerrado, como comprovaram Durigan et al. (1997). Entretanto as espécies arbustivas e arbóreas devem apresentar altura suficiente para que suas folhas não sejam atingidas pela pulverização.

O número de indivíduos e a diversidade de Shannon dos tratamentos não diferiram significativamente em relação à parcela sem tratamento algum (Tabela 4). O manejo da área com capina química e fertilização química não trouxe benefícios quanto à aceleração da revegetação e nem quanto ao aumento do número de indivíduos ou de espécies.

A diversidade de Shannon (H') variou de 2,85 (capina química total) a 3,38 (capina química total e fertilização química), e não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4). Outros estudos em áreas de Cerrado relatam valores semelhantes (DURIGAN et al., 1994; FELFILI; SILVA JUNIOR, 1993) e considerados elevados para áreas de Cerrado (FELFILI et al., 2002) mesmo em uma área regenerando-se após cultivos sucessivos por mais de 40 anos.

Considera-se que, em áreas de Cerrado, a diversidade de espécies e o potencial de regeneração natural sejam decorrentes da resiliência desse bioma, que é provocada principalmente pela brotação de estruturas subterrâneas preexistentes (RIZZINI; HERINGER, 1962). Esse fato tornou-se um paradigma, e diversos autores, mesmo sem comprovação in loco, generalizam que o rebrotamento seja a principal forma de regeneração natural das espécies de Cerrado. Entretanto, o surgimento de rebrotas ocorre, em sua maioria, em áreas onde a vegetação é apenas queimada ou retirada superficialmente uma ou mais vezes, mas sem revolvimento severo e contínuo do solo (DURIGAN et al., 2011).

Como a área em estudo passou por manejo agrícola constante e por longo período, principalmente com o uso de subsoladores agrícolas e de herbicidas, torna-se praticamente inviável a permanência de estruturas radiculares que possam rebrotar depois de décadas. Acredita-se que os resultados satisfatórios quanto à recolonização e à diversidade decorram da facilitação da plantação de eucalipto no desenvolvimento inicial das espécies. A ausência de competição com gramíneas e condições mais favoráveis de fertilidade, umidade do solo e microclimáticas geraram um sub-bosque diverso e isso possibilitou, após a retirada da cobertura vegetal do eucalipto, a colonização inicial da área aberta antes mesmo da competição com as gramíneas invasoras na fase de germinação.

A estratégia de manejo adequada para áreas de Cerrado cultivadas anteriormente com eucalipto e que devem ser recuperadas com vegetação arbustiva e arbórea nativa seria o atraso na colheita do talhão de eucalipto por um tempo maior que os sete anos para que aumente a ocupação do sub-bosque com mais indivíduos de mais espécies. A maior densidade de plantas jovens arbustivas e arbóreas no sub-bosque aumenta as chances de sucesso de recolonização quando a área torna-se aberta, uma vez que tem início a formação da vegetação pioneira, que ameniza a competição inicial com as gramíneas invasoras.

Conclusões

O banco de sementes do solo pode contribuir imediatamente após a retirada do eucalipto como forma de revegetação da área com espécies herbáceas, principalmente gramíneas, mas não favorece a colonização por espécies arbustivas e arbóreas.

O banco de plântulas de espécies arbustivas e arbóreas sob o dossel do eucalipto parece ser a principal estratégia de regeneração de muitas espécies quando a área torna-se aberta após a retirada do reflorestamento de eucalipto.

A regeneração natural é tão eficiente para a recolonização da área quanto os distintos manejos químicos com adubação e controle de gramíneas invasoras. Portanto, a forma de manejo mais adequada para regenerar áreas de Cerrado com histórico de silvicultura é a regeneração natural sem utilização de insumos químicos ao longo do processo. Essa forma de manejo contribui para minimizar custos e maximizar a sustentabilidade ambiental, pois evita o lançamento de substâncias químicas poluentes no ambiente.

Agradecimentos

À Embrapa, pelo financiamento dos projetos Silvsust e Biobrotas, e à empresa International Paper do Brasil, pela cessão da área e parceria técnico-financeira.

Referências

ARMANDO, D. M. S.; ROSA, T. C.; SOUSA, H. de S.; SILVA, R. A.; CARVALHO, L. C. da S.; GONZAGA, A. P. D.; MACHADO, E. L. M.; COSTA, M. do P. Colonização de espécies arbustivo-arbóreas em povoamento de *Eucalyptus* spp., Lavras, MG. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 376-389, 2011.

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.

BORDINI, W. C. **Manejo da regeneração natural de vegetação de cerrado, em áreas de pastagem, como estratégia de restauração na Fazenda Santa Maria do Jauru, Município de Porto Esperidião, MT**. Piracicaba, 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

BRANDO, P. M.; DURIGAN, G. Changes in Cerrado vegetation after disturbance by frost (São Paulo State, Brazil). **Plant Ecology**, v. 175, p. 205-215, 2004.

BROWN, D. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. **Canadian Journal of Botany**, v. 70, p. 1603-1612, 1992.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; CAMPOS, L. C.; SILVA, E.; GLERIAN, J. M. Evaluation of soil seeds bank for forest restoration in Carandaí, MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 871-880, 2013.

CARMO, F. M. S.; POEIRAS, L. M.; GONÇALVES, A. B.; MELLO, S. M.; NETO, J. A. A. M.; BORGES, E. E. L.; SILVA, A. F. Germinação do banco de sementes de espécies nativas sob dossel de espécies exóticas. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 583-591, 2012.

CEPAGRI. **Clima dos Municípios Paulistas**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_091.html>. Acesso em: 17 dez. 2014.

COSTALONGA, S. R.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; SILVA, A. F. da; BORGES, E. E. de L.; GUIMARAES, F. P. Florística do banco de sementes do solo em áreas contíguas de pastagem degradada, plantio de eucalipto e floresta em Paula Cândido, MG. **Floresta**, v. 36, n. 2, p. 239-250, 2006.

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.

DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R. Phytosociology and structure of a frequently burnt Cerrado vegetation in SE- Brazil. **Flora**, v. 189, p. 153-160, 1994.

DURIGAN, G.; FRANCO, G. A. D. C.; PASTORE, J. A.; AGUIAR, O. T. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 9, n. 1, p. 71-85, 1997.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. Successional changes in Cerrado and Cerrado/forest ecotonal vegetation in Western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. **Edinburgh Journal of Botanic**, v. 63, n. 1, p. 119-130, 2006.

DURIGAN, G. Estrutura e diversidade de comunidades florestais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p. 185-215.

DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. de; MAX, J. C. M.; BOAS, O. V.; CONTIERI, W. A.; RAMOS, V. S. Manual para recuperação da vegetação de cerrado. 3. ed. rev. e atual. São Paulo: SMA, 2011. 19 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999.

FERRACINI, T. P.; MEDRI, P. S.; BATISTA, A. C.; MOTA, M. C.; BIANCHINI, E.; TOREZAN, J. Passive Restoration of Atlantic Forest Following *Pinus taeda* Harvesting in Southern Brazil. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 6, p. 770-776, 2013.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. A comparative study of cerrado (sensu stricto) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 277-289, 1993.

FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; SILVA JÚNIOR, M. C. da.; MARIMON, B. S.; DELITTI, W. B. C. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa - MT. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 103-112, 2002.

GOMES, B. Z.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J. Y. Estrutura do cerradão e da transição entre cerradão e floresta paludícola num fragmento da International Paper do Brasil Ltda., em Brotas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p. 249-262, 2004.

GONÇALVES, A. R.; MARTINS, R. C. C.; MARTINS, I. S.; FELFILI, J. M. Banco de sementes do sub-bosque de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. na flora de Brasília – DF. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 23-32, 2007.

HOFFMANN, W. A.; HARIDASAN, M. The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a neotropical savanna. **Austral Ecology**, v. 33, p. 29-36, 2008.

LUGO, A. E. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p. 9-19, 1997.

LYRA-JORGE, M. C.; RIBEIRO, M. C.; CIOCHETI, G.; TAMBOSI, L. R.; PIVELLO, V. R. Influence of multi-scale landscape structure on the occurrence of carnivorous mammals in a human-modified savanna, Brazil. **European Journal of Wildlife Research**, v. 56, n. 3, p. 359-368, 2010.

MATOS, D. M. S.; PIVELLO, V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres – alguns casos brasileiros. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 27-30, 2009.

MAMEDE, M. C. H.; SOUZA, V. C.; PRADO, J.; BARROS, F.; WANDERLEY, M. G. L.; RANDO, J. G. **Livro vermelho das espécies vegetais ameaçadas do Estado de São Paulo**. São Paulo, SP: Instituto de Botânica, 2007. 165 p.

METZGER, J. P.; LEWINSON, T. M.; JOLY, C. A.; CASATTI, L.; RODRIGUES, R. R.; MARTINELLI, L. A. **Impactos potenciais das alterações propostas para o Código Florestal Brasileiro na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos**: documento-síntese. Programa BIOTAFAPESP e ABECO. São Paulo: Fapesp; ABECO, 2010.

MODNA, D.; DURIGAN, G.; VITAL, M. V. C. Pinus elliottii Engelm como facilitadora da regeneração natural da mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 73-83, 2010.

NÓBREGA, A. M. F.; VALERI, S. V.; DE PAULA, R. C.; DO CARMO, M.; PAVANI, M. D.; SILVA, S. A. Banco de sementes de remanescentes naturais e de áreas reflorestadas em uma várzea do rio Mogi-Guaçu. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 403-411, 2009.

OLIVEIRA, E.; SOUSA, L.; RADOMSKI, M. Regeneração natural em sub-bosque de Corymbia citriodora no noroeste do estado do Paraná. **Floresta**, v. 41, n. 2, jul. 2011.

ONOFRE, F. F.; ENGEL, V. E.; 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.

R PROJECT. **R**: a Language and Environment for Statistical Computing. Version 2.10.1., Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2009. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 17 dez. 2014.

RISSI, M. N. **Regeneração natural de um fragmento de cerrado degradado com a formação de pastagens de braquiária (*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster)**. 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

RIZZINI, C. T.; HERINGER, E. P. **Preliminares acerca das formações vegetais e do reflorestamento no Brasil Central**. Rio de Janeiro, RJ: Secretaria de Agricultura, 1962. 79 p.

SCHLITTLER, F. H. M. **Composição florística e estrutura fitossociológica do subbosque de uma plantação de *Eucalyptus tereticornis* Sm., no município de Rio Claro, SP**. 1984. 141 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.

SCHORN, L. A.; FENILLI, T. A. B.; KRIEGER, A.; PELLENS, G. C.; BUDAG, J. J.; NADOLNY, M. C. Composição do banco de sementes no solo em áreas de preservação permanente sob diferentes tipos de cobertura. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 49-58, 2013.

SILVA, J. S. da; RANIERI, V. E. L. O mecanismo de compensação de reserva legal e suas implicações econômicas e ambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, p. 115-132, 2014.

SILVA JÚNIOR, M. C.; SCARANO, F. R.; CARDEL, F. S. Regeneration of an Atlantic forest formation in the understorey of a Eucalyptus grandis plantation in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, p. 147-152, 1995.

SPAROVEK, G.; BERNDT, G.; BARRETO, A. G.; KLUG, I. L. F. The revision of the Brazilian Forest Act: increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation? **Environmental Science & Policy**, v. 16, p. 65-72, 2012.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Colonização de clareiras naturais na floresta Atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 20, p. 57-66, 1997.

TABARELLI, M.; PERES, C. A. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. **Biological Conservation**, v. 106, p. 165–176, 2002.

TORRESAN, F. E.; VITAL, D. M.; ARAUJO, L. S.; COLA, M. G. S. **Diversidade de espécies de aves em silvicultura de eucalipto**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. de. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, v. 20, p. 533-552, 2010.

VIEIRA, J. D. (Coord.). **Flora**. Relatório de atividades 1995/1996. Pesquisa em ambiência florestal. Mogi Guaçu: Champion Papel e Celulose, 1997.

Anexos



Fotos 1 e 2. Aplicação de herbicida e adubação química na área aberta.



Fotos 3 a 8. Placa formalizando a parceria entre Embrapa e International Paper para a execução do trabalho e demais fotos representando as 25 parcelas de 300 m² (25 m x 12 m), totalizando aproximadamente 2 ha. Cada parcela é representada por um número e cada um dos cinco tratamentos é identificado por uma cor: amarela – testemunha (ausência de manejo); vermelha – capina química total; azul – capina química total e fertilização química das espécies nativas arbustivas e arbóreas; verde – coroamento químico; branca – coroamento químico e fertilização química.



Monitoramento por Satélite