



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
CENTRO NACIONAL DE AVALIAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E DE PESQUISA E
CONSERVAÇÃO DO CERRADO

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de
Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio

Relatório Final
(2018-2019)

**RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA POR SEMEADURA DIRETA EM
ÁREA DE CERRADO INVADIDA POR *PINUS CARIBAEA* VAR.
HONDURENSIS**

Maria Eduarda Moreira Salomon Camargo

Orientador: Alexandre Bonesso Sampaio

Brasília 08/2019

Resumo

Espécies invasoras são constantes impeditivos à conservação dentro e fora de Unidades de Conservação. Semeadura direta aparece como um método de restauração coerente com ambientes predominantemente savânicos como o Cerrado. Neste trabalho, o controle da invasão por *Pinus caribaea*, em uma área de campo sujo, foi seguido pela semeadura de 18 espécies nativas. Foram estabelecidas 16 parcelas, separadas em duas áreas, Área Controle (AC) e Área experimental, sendo esta dividida nas situações: Área com Pinus (AP): antes do manejo (controle de *P. caribaea* e semeadura) e Área Restaurada (AR): após o manejo. A vegetação destas parcelas foi amostrada a fim de caracterizar cobertura do solo, riqueza e área basal de espécies lenhosas. Espécies semeadas representaram a maior porcentagem da cobertura do solo na AR. A riqueza das espécies de cobertura apresentou valores maiores na AR em relação a AP. A AP apresentou maior riqueza e densidade de espécies lenhosas ≥ 5 cm de diâmetro e menor riqueza e densidade para lenhosas < 5 cm de diâmetro. A soma da área basal das espécies lenhosas (≥ 5 cm e < 5 cm de diâmetro) apresentou valores superiores na AP. A cobertura inicial do solo por espécies de crescimento rápido foi condizente com outros estudos de restauração por semeadura direta, reduzindo a competição com espécies exóticas e mantendo condições propícias para o estabelecimento de outras espécies nativas. A semeadura direta vem se confirmando eficaz como método de restauração, contribuindo para a criação de uma comunidade com maior riqueza e estruturação similar às áreas nativas de campos e savanas.

Palavras chaves: savana, invasão biológica, recuperação de áreas degradadas.

Abstract

Invasive species are constant impediments to conservation inside and outside the Conservation Units. Direct seeding appears as a coherent method of restoration for savanic environments such as the Cerrado. In this work, the control of the invasion by *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in an area of campo sujo, was followed by the sowing of 18 native species. 16 plots were established, divided into two areas, Control Area (AC) and Experimental Area, the last one was divided in the situations: Area with *Pinus* (AP): before management (control of *P. caribaea* and sowing) and Restored Area (AR): after management. The vegetation of these plots was sampled in order to characterize species richness and diversity, basal area of woody species and soil cover. Sown species represent the largest percentage of soil cover in AR. The richness of the cover species presented higher values in AR compared to AP. The AP presented higher richness and density of woody species ≥ 5 cm diameter and lower richness and density for woody <5 cm diameter. The sum of the basal area of the woody species (≥ 5 cm and <5 cm diameter) presented higher values in AP. The initial soil cover by fast-growing species was consistent with other restoration studies by direct sowing, reducing competition with exotic species and keeping favorable conditions for the establishment of other native species. Direct seeding has proven effective as a method of restoration, contributing to the creation of a richness community and similar structure to native fields and savannas.

Key words: savanna, biological invasion, degraded area recovery

Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Lista de espécies semeadas em janeiro de 2018 na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília.....7
- Tabela 2.** Lista de espécies amostradas em duas áreas em restauração no final da segunda estação chuvosa após controle de *Pinus caribaea* e semeadura direta de espécies nativas do Cerrado na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília.....14

Lista de figuras

- Figura 1.** Limite das Áreas Restauradas (AR1 e AR2) nas seguintes situações: a) antes do corte dos indivíduos adultos de *Pinus caribaea*; b) logo após o corte e semeadura das espécies nativas (Imagens obtidas a partir do programa Google Earth Pro, Image 2019 Maxar Technologies).....8
- Figura 2.** Desenho amostral das parcelas permanentes (20 x 20m), subparcelas para amostragem das lenhosas < 5 cm de diâmetro (5 x 5 m) e quadrantes para coleta de serapilheira (25 x 25 cm).....9
- Figura 3.** Valores médios de riqueza das espécies de cobertura na Área Controle e Área Restaurada (a) e Área com *Pinus* e Área Restaurada (b).....10
- Figura 4.** Cobertura do solo por categoria nas áreas: a) Área Restaurada e Área Controle; b) Área Restaurada e Área com *Pinus*.....11
- Figura 5.** Soma da área basal de espécies lenhosas ≥ 5 cm de diâmetro (a) e espécies lenhosas < 5 cm de diâmetro (b).....12
- Figura 6.** Valores médios de riqueza de espécies lenhosas ≥ 5 cm de diâmetro (a) e < 5cm de diâmetro (b) por área (Área com *Pinus* e Área Restaurada).....13
- Figura 7.** Valores médios de densidade de espécies lenhosas ≥ 5 cm de diâmetro (a) e < 5cm de diâmetro (b) por área (Área com *Pinus* e Área Restaurada).....13

Sumário

Resumo Abstract	
Lista de Figuras e Tabelas	
Introdução.....	5
Objetivo.....	6
Material e métodos.....	6
Resultados.....	9
Discussão e Conclusões.....	18
Recomendações de Manejo.....	20
Agradecimentos.....	21
Referências Bibliográficas.....	22

Introdução

Segundo o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa, hoje o Brasil tem cerca de 26 milhões de hectares que apresentam necessidade de restauração pela supressão ou ausência da vegetação nativa, dentre estes, 5 milhões de hectares se encontram dentro de Unidades de Conservação. O Cerrado entra como o segundo bioma com maior demanda de restauração no Brasil devido à crescente perda de vegetação nativa pelas crescentes pressões antrópicas (PLANA-VEG, 2017).

As savanas ao redor do mundo, assim como o Cerrado, são caracterizadas pela coexistência da vegetação herbácea, arbustiva e arbórea, tendo suas variações de acordo com o solo, clima e regime do fogo (Higgins *et al.* 2000). Portanto, a restauração de áreas savânicas deve levar em consideração a grande biodiversidade presente no estrato herbáceo e arbustivo, a fim de se obter resultados efetivos que tragam a reintrodução de todos os perfis de vegetação (Pellizzaro *et al.* 2017).

Atualmente o plantio de mudas arbóreas é o foco de estudos e execução de ações de restauração, porém este método possui incompatibilidade com a diversidade do bioma predominantemente herbáceo e suas funções ecossistêmicas (Veldman *et al.* 2015). A semeadura direta, método utilizado neste estudo, além de possuir potencial de redução de custos, torna possível a introdução em larga escala da biodiversidade herbácea e arbustiva através do plantio direto de sementes no solo (Sampaio *et al.* 2015; Martins 2015). Porém, esta técnica ainda é incipiente como prática de restauração (Silva & Vieira 2017) e apenas recentemente começou a ser implantada em larga escala no Cerrado (Schmidt *et al.* in press).

A invasão biológica é um problema recorrente em diversos ecossistemas no mundo, assim como no Brasil e no Cerrado (Sampaio e Schmidt 2013), e está entre as principais causas de perda de biodiversidade dentro e fora de Unidades de Conservação (Ziller, 2001). Espécies lenhosas, como as do gênero *Pinus*, alteram fisicamente a estrutura do ambiente e têm efeito significativo em muitos processos ecossistêmicos (Richardson *et al.* 1994), tornando-se, assim como outras espécies invasoras, constantes impeditivos à conservação e à restauração.

Pinus caribaea var. *hondurensis* é uma espécie nativa da América Central (Critchfield & Little 1966) que possui registro de invasão em diversos ecossistemas, ocasionando grandes impactos em ambientes abertos como nas savanas da África do Sul, Austrália, Nova Zelândia, Argentina, Chile e Brasil (Ziller, 2000). Esta espécie foi cultivada no Jardim Botânico de Brasília com finalidade de banco genético e posteriormente com fins paisagísticos, tornando-se espécie invasora agressiva em áreas de vegetação de campos e savanas.

Objetivo

Este trabalho tem como objetivo avaliar e acompanhar o desenvolvimento inicial da vegetação, bem como a diversidade de espécies nativas do Cerrado em uma área em processo de restauração ecológica, por meio de semeadura direta de espécies herbáceas, arbóreas, arbustivas e subarbustivas nativas do Cerrado, após o corte de indivíduos adultos de *Pinus caribaea* na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF. Os objetivos específicos foram: i) avaliar e acompanhar o estabelecimento e a riqueza das espécies nativas semeadas e oriundas da regeneração natural; ii) analisar o crescimento e área basal de espécies lenhosas remanescentes e semeadas; iii) avaliar a cobertura do solo por espécies nativas e exóticas.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF, (EEJBB – 15° 52' 40" S e 47° 51' 57" W), localizada na região central do bioma Cerrado. O clima da região é sazonal, caracterizado por uma estação chuvosa correspondente aos meses de outubro a março, e uma estação seca, correspondente aos meses de abril a setembro (Ribeiro & Walter 1998). A precipitação varia de 1200 a 1800 mm por ano (Sette 2005), estando concentrada em grande quantidade na estação chuvosa, período correspondente a 90% da precipitação anual da região (Sette 2005; Ribeiro & Walter 1998). O solo na área experimental é predominantemente cambissolo, com uma área mal drenada em parte das parcelas deste experimento.

Este estudo trata de uma região de campo sujo que há 10 anos começou a ser invadida por *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Em janeiro de 2018, foram cortados cerca de 3.000 indivíduos adultos de *P. caribaea* em uma área de aproximadamente 2 hectares dentro da EEJBB. A invasão se deu a partir de indivíduos plantados, sem fins comerciais, na cerca que divide a Estação Ecológica do Parque Ecológico Garça Branca e de uma área residencial. Após o corte dos indivíduos adultos, a área foi queimada para a retirada das acículas de *Pinus* que recobriam o solo. Porém, pela influência do período chuvoso, algumas áreas permaneceram com grande quantidade de acícula, o que pode ter dificultado o preparo do solo, a semeadura e a germinação das sementes (Falleiros *et al.* 2011). Após o corte dos indivíduos, em uma área de cerca de 0,6 hectare, o solo foi arado com micro-trator e foram semeadas manualmente, pelo método de semeadura direta, 18 espécies nativas do Cerrado (sendo 8 herbáceas, 5 arbóreas, 3 arbustivas e 2 subarbustivas). Foram escolhidas

preferencialmente espécies de hábito herbáceo-arbustivo tendo em vista as características da área anterior à invasão.

Tabela 1. Lista de espécies semeadas em janeiro de 2018 na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília

Espécie	Nome Comum	Família	Forma de vida
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	Macela	Asteraceae	Arbusto
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Caju	Anacardiaceae	Árborea
<i>Andira cujabensis</i> Benth.	Angelim	Fabaceae	Árborea
<i>Andropogon fastigiatus</i> Sw.	Capim Andropogon nativo	Poaceae	Herbácea
<i>Aristida recurvata</i> Kunth	Aristida pequena	Poaceae	Herbácea
<i>Aristida riparia</i> Trin.	Capim rabo de burro	Poaceae	Herbácea
<i>Axonopus aureus</i> P. Beauv.	Capim pé de galinha	Poaceae	Herbácea
<i>Axonopus barbigerus</i> (Kunth) Hitchc.	Capim colônia	Poaceae	Herbácea
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	Candeeiro	Asteraceae	Árborea
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá do cerrado	Fabaceae	Árborea
<i>Hyparrhenia bracteata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Stapf	Capim Jaraguá nativo	Poaceae	Herbácea
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	Pau santo	Calophyllaceae	Árborea
<i>Lepidaploa aurea</i> (Mart. ex DC.) H. Rob.	Amargoso	Asteraceae	Arbusto
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert	Capim brinco de princesa	Poaceae	Herbácea
<i>Mimosa clausenii</i> var. prorsiseta Barneby	Mimosa baratinha	Fabaceae	Arbusto
<i>Stylosanthes capitata</i> Vogel	Estilosantes	Fabaceae	Subarbusto
<i>Stylosanthes macrocephala</i> M.B. Ferreira & Sousa Costa	Estilosantes	Fabaceae	Subarbusto
<i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze	Capim Fiapo	Poaceae	Herbácea

Para o estudo da área, foram estabelecidas 16 parcelas permanentes de 20 x 20 m, sendo 8 em cada uma das seguintes condições: (i) Área Controle (AC - campo sujo não-invadido) e (ii) Área experimental, sendo esta última dividida nas situações: a) Área com *Pinus* (AP - área anterior ao manejo) e b) Área Restaurada (AR - área após o corte dos indivíduos de *Pinus caribaea* e semeadura de espécies nativas). A Área Restaurada foi dividida em duas subáreas (AR1 e AR2), tendo em vista a diferença de profundidade e drenagem do solo entre as mesmas. Foram estabelecidas 4 parcelas permanentes de 20 x 20 m em cada uma das subáreas. A vegetação das parcelas da AP foi amostrada antes do manejo (corte dos *Pinus* e semeadura), (Amorim *et al.* dados não publicados), sendo que em cada parcela, todos os indivíduos lenhosos com diâmetro a 30 cm do solo ≥ 5 cm foram identificados e medidos em altura e diâmetro; em subparcelas de 5x5 m (Figura 2), todos os indivíduos lenhosos com

diâmetro menor de 5 cm também foram medidos em altura e diâmetro. Para caracterização do estrato herbáceo e cobertura do solo das áreas AP e AC (Amorim *et al.* dados não publicados), foi utilizado o método de interceptação de linhas, no qual em cada parcela foi estabelecido uma linha de 20 m com pontos de coleta de dados a cada 20 cm (totalizando 100 pontos de amostragem por parcela). Em cada um destes pontos, foram amostradas todas as espécies que tocaram uma estaca perpendicular ao solo, observando-se a altura de toque dos indivíduos (Canfield, 1941).



Figura 1. Limite das Áreas Restauradas (AR1 e AR2) nas seguintes situações: a) antes do corte dos indivíduos adultos de *Pinus caribaea* (dezembro de 2017); b) após o corte e sementeira das espécies nativas (julho de 2019). Imagens obtidas a partir do programa Google Earth Pro, Image 2019 Maxar Technologies.

As parcelas da Área Restaurada (AR1 e AR2) foram amostradas na segunda estação chuvosa após a sementeira e reamostradas, seguindo a mesma metodologia, após a estação

chuvosa (dezembro/janeiro de 2018 e maio/abril de 2019 respectivamente). Para análise da serapilheira, foram feitas 25 coletas em quadrantes de 25 x 25 cm nos intervalos entre parcelas. Esta foi triada em laboratório e seca em estufa a 60°C para obtenção do peso seco de cada fração. As coletas realizadas em campo foram triadas e identificadas no Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade de Brasília e encaminhadas para o Herbário do Jardim Botânico de Brasília. O estudo foi autorizado pela administração da EEJBB (Autorização n^o 25/2018, SEMA DF).

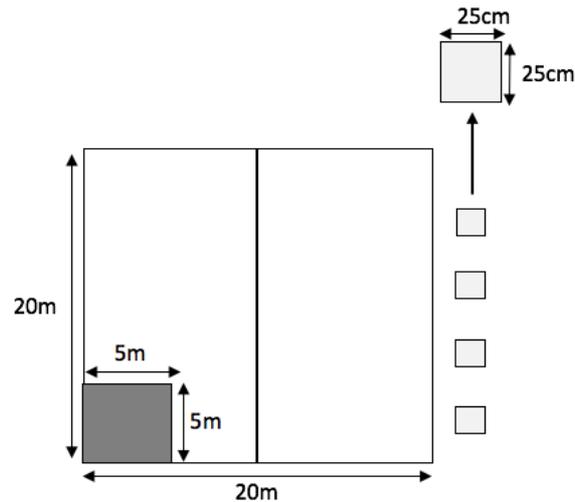


Figura 2. Desenho amostral das parcelas permanentes (20 x 20 m), subparcelas para amostragem das lenhasos < 5cm de diâmetro (5 x 5 m) e quadrantes para coleta de serapilheira (25 x 25 cm).

Análises Estatísticas

As variáveis resposta foram analisadas por ANOVA de medidas repetidas para comparar as variações ao longo do tempo.

Resultados

A cobertura do solo da área anterior à retirada dos *Pinus* e à sementeira (Área com *Pinus*) apresentou 44 espécies nativas e 1 espécie exótica. Na segunda estação chuvosa após a sementeira, a cobertura do solo na Área Restaurada não apresentou diferença significativa em relação a época da amostragem (início e final da estação chuvosa, $p = 0,2$) nem em relação as subáreas AR1 e AR2 ($p = 0,6$), apresentando 128 espécies, dentre as quais 11 foram sementeiras e 4 são exóticas. Já a Área Controle apresentou 221 espécies nativas e nenhuma exótica. A riqueza diferiu significativamente entre as áreas ($p < 0,05$), variando de 85 a 38 espécies por

parcela na AC; 64 a 30 espécies por parcela na AR; e 29 a 17 espécies por parcela na AP (Figura 3).

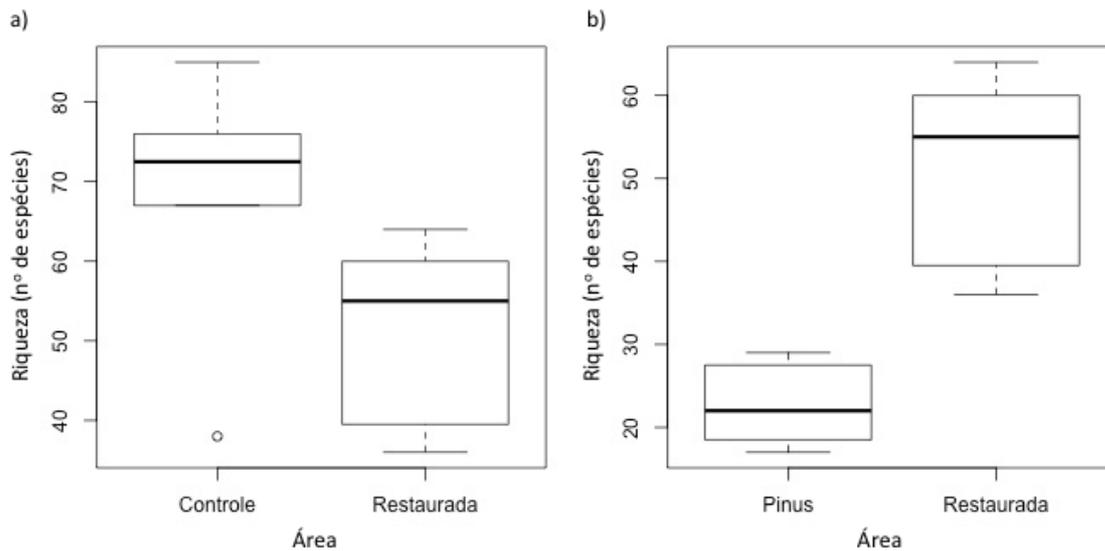


Figura 3. Valores médios de riqueza das espécies de cobertura na Área Controle e Área Restaurada (a) e Área com *Pinus* e Área Restaurada (b).

Na Área Restaurada, *Stylosanthes capitata* foi a espécie que apresentou maior quantidade de toques e, conseqüentemente, maior porcentagem na cobertura do solo nas duas subáreas no início e final da estação chuvosa, seguida por *Echinolaena inflexa* (AR1) e *Lepidaploa aurea* (AR2) no início da estação chuvosa e *Paspalum thrasyooides* (AR1) e *Cassityha filiformis* (AR2) ao final da estação. *Pinus caribaea* foi a espécie com maior quantidade de toques na Área com *Pinus*, e *Echinolaena inflexa* foi a de maior quantidade de toques para a Área Controle. A cobertura do solo por categoria (Figura 4) apresentou diferença significativa entre as categorias ($p < 0.0001$) e entre as áreas ($p < 0,005$). A maior porcentagem da cobertura do solo na Área Restaurada se deu pelas espécies semeadas, seguida pelas espécies espontâneas e *Pinus*, esta última categoria inclui acícula, toco e outras estruturas mortas de *P. caribaea*. A Área com *Pinus* apresentou maior cobertura do solo pela categoria *Pinus*, seguido por espécies espontâneas. A Área Controle apresentou maior cobertura por espécies espontâneas, seguido por serapilheira.

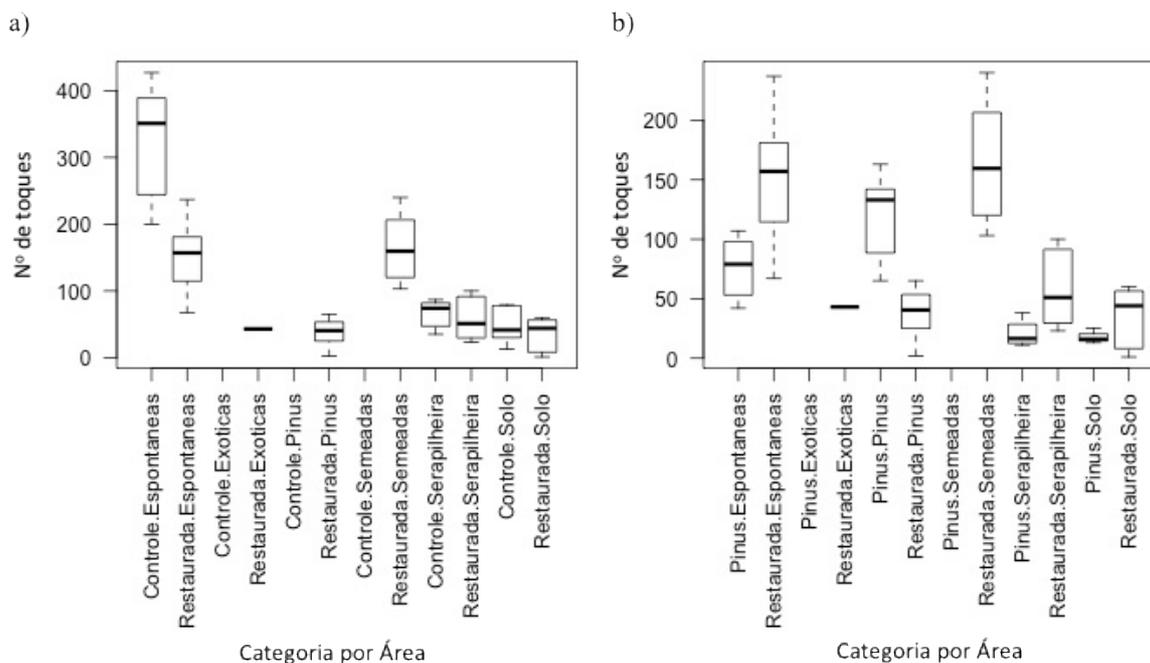


Figura 4. Cobertura do solo por categoria nas áreas: a) Área Restaurada e Área Controle; b) Área Restaurada e Área com *Pinus*.

A alta cobertura do solo na AR pela categoria “*Pinus*” se deu principalmente pela concentração de acícula no solo, sendo a porção de maior peso da serapilheira. As demais porções representadas por estruturas de *P. caribaea* (galho de *Pinus* e pinha) corresponderam a 18,1% do total da serapilheira. As estruturas da vegetação nativa, que são representadas pelas porções dicotiledônea (folha, flor e fruto), galho de dicotiledôneas e monocotiledônea e representaram 9,1%, 7,3%, e 2,5% do total da serapilheira, respectivamente.

A amostragem das espécies lenhosas ≥ 5 cm de diâmetro apontou 14 espécies nativas para a AR, e 24 espécies nativas e 1 exótica (*Pinus caribaea*) para AP. Dentre estas, *Psidium myrsinites* apresentou a maior soma da área basal ($0,0885 \text{ m}^2$) e *Dalbergia miscolobium* a maior altura (média das alturas dos indivíduos = 4,9 m) para AR; *Pinus caribaea* apresentou a maior soma da área basal ($53,120 \text{ m}^2$) e *Vochysia thyrsoidea* a maior altura (média das alturas dos indivíduos = 6,5 m) para AP. A amostragem de espécies lenhosas < 5 cm de diâmetro apontou 31 espécies nativas para AR e 9 espécies nativas para AP, *P. caribaea* foi a única espécie exótica amostrada nas duas áreas. *Miconia albicans* apresentou a maior soma da área basal nas duas áreas, com $0,0036 \text{ m}^2$ para AR e $0,0305 \text{ m}^2$ para AP. *Roupala montana* foi a de maior altura (média da altura dos indivíduos = 1,4 m) na AR e *Baccharis reticularia* (média da altura dos indivíduos = 2,4 m) na AP. A soma da área basal das espécies lenhosas

(≥ 5 cm e < 5 cm de diâmetro) na Área com *Pinus* apresentou valores superiores em relação a Área Restaurada (Figura 5). A riqueza das espécies lenhosas (≥ 5 cm e < 5 cm de diâmetro) apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as áreas AR e AP (Figura 6). As espécies lenhosas ≥ 5 cm de diâmetro apresentaram variação de 13 a 1 espécie por parcela na AP; e 8 a 1 espécie por parcela na AR. Já as espécies lenhosas < 5 cm de diâmetro, variaram de 5 a 1 espécie por parcela (AP) e de 16 a 4 espécies por parcela (AR). A densidade de espécies lenhosas também apresentou diferenças significativas entre as áreas (Figura 7). AP apresentou maior densidade das espécies lenhosas ≥ 5 cm de diâmetro (variando de 87 a 1 indivíduo por parcela), enquanto AR apresentou maior densidade das espécies lenhosas < 5 cm de diâmetro (variando de 109 a 8 indivíduos por parcela).

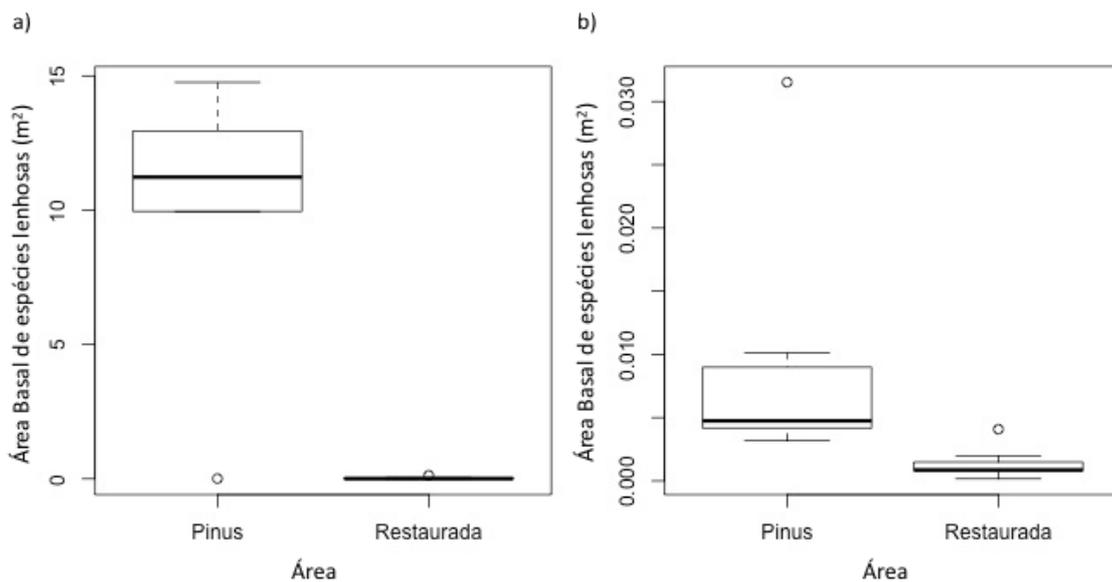


Figura 5. Soma da área basal de espécies lenhosas ≥ 5 cm de diâmetro (a) e espécies lenhosas < 5 cm de diâmetro (b).

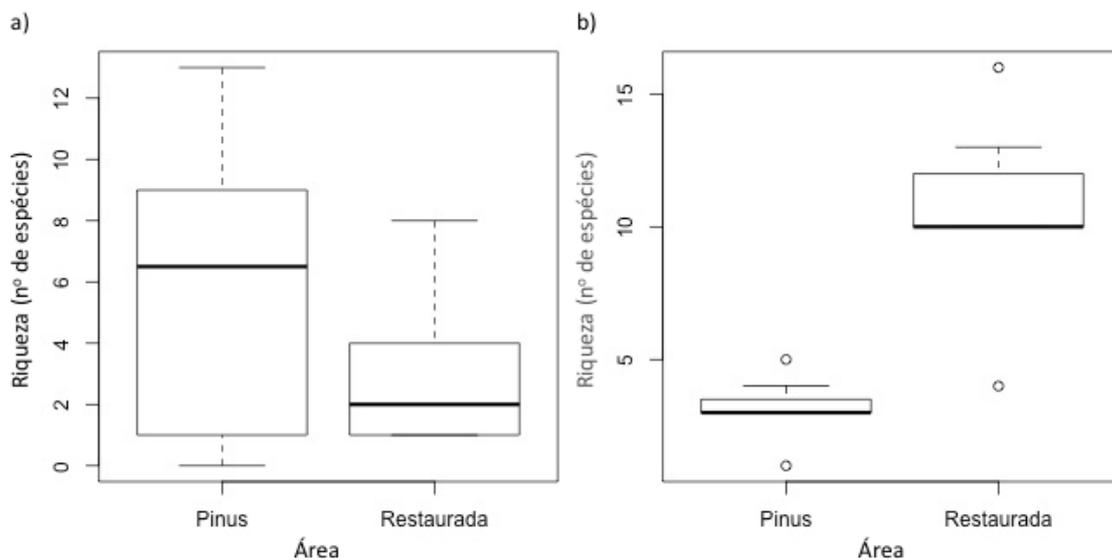


Figura 6. Valores médios de riqueza de espécies lenhosas ≥ 5 cm de diâmetro (a) e < 5 cm de diâmetro (b) por área (Área com *Pinus* e Área Restaurada).

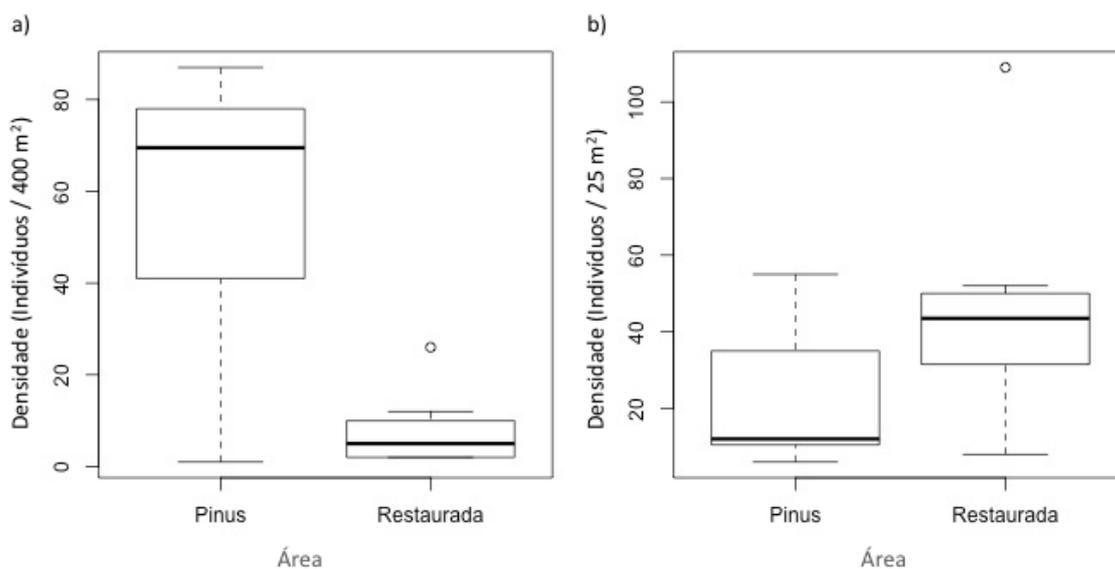


Figura 7. Valores médios de densidade de espécies lenhosas ≥ 5 cm de diâmetro (a) e < 5 cm de diâmetro (b) por área (Área com *Pinus* e Área Restaurada).

Com as medições de cobertura de plantas e as medições de espécies lenhosas, foram amostradas na Área Restaurada um total de 132 espécies nativas espontâneas (89,8% do total de espécies da área), 11 espécies semeadas (7,5%) e 4 espécies exóticas (2,7%) (Tabela 2). As espécies exóticas encontradas na AR foram *Pinus caribaea*, *Melinis minutiflora* P. Beauv, *Cenchrus polystachios* (L.) Morrone e *Brachiaria decumbens* Stapf. Na Área com *Pinus*

foram encontradas um total de 64 espécies nativas espontâneas e 1 espécie exótica (*Pinus caribaea*); e na Área Controle um total de 221 espécies nativas e nenhuma espécie exótica.

Tabela 2. Lista de espécies amostradas na Área Restaurada, na segunda estação chuvosa após controle de *Pinus caribaea* e semeadura direta de espécies nativas do Cerrado na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília (*espécies encontradas também na Área com *Pinus*).

Espécie e Autor(es)	Família	Forma de vida
<i>Pfaffia</i> sp.	Amaranthaceae	Herbácea
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	Arbórea
<i>Annona tomentosa</i> R.E.Fr.	Annonaceae	Arbusto
<i>Eryngium juncifolium</i> (Urb.) Mathias & Constance	Apiaceae	Herbácea
<i>Mandevilla myriophylla</i> (Taub. ex Ule) Woodson.	Apocynaceae	Subarbusto
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	Asteraceae	Arbusto
<i>Ageratum fastigiatum</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae	Arbusto
<i>Baccharis reticularia</i> DC. *	Asteraceae	Arbórea
<i>Lepidaploa aurea</i> (Mart. ex DC.) H.Rob.	Asteraceae	Arbusto
<i>Jacaranda ulei</i> Bureau & K.Schum.	Bignoniaceae	Arbusto
<i>Euploca salicoides</i> (Cham.) J.I.M.Melo & Semir.	Boraginaceae	Subarbusto
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	Celastraceae	Arbórea
<i>Bulbostylis jacobinae</i> (Steud.) Lindm.Planch.	Cyperaceae	Herbácea
Cyperaceae 1	Cyperaceae	Herbácea
Cyperaceae 2	Cyperaceae	Herbácea
Cyperaceae 3	Cyperaceae	Herbácea
Cyperaceae 4	Cyperaceae	Herbácea
Cyperaceae 5	Cyperaceae	Herbácea
<i>Lagenocarpus rigidus</i> Nees.	Cyperaceae	Herbácea
<i>Rhynchospora albiceps</i> Kunth	Cyperaceae	Herbácea
<i>Rhynchospora armerioides</i> J.Presl & C.Presl	Cyperaceae	Herbácea
<i>Rhynchospora emaciata</i> (Nees) Boeckeler	Cyperaceae	Herbácea
<i>Rhynchospora tenuis</i> Link	Cyperaceae	Herbácea
<i>Scleria leptostachya</i> Kunth	Cyperaceae	Herbácea

<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	Arbórea
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil. *	Dilleniaceae	Arbusto
<i>Croton antisiphiliticus</i> Mart. *	Euphorbiaceae	Arbusto
<i>Croton didrichsenii</i> G.L.Webster	Euphorbiaceae	Subarbusto
<i>Croton goyazensis</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Arbusto
<i>Croton</i> sp. 1	Euphorbiaceae	Arbusto
<i>Croton</i> sp. 2	Euphorbiaceae	Arbusto
<i>Croton</i> sp. 3	Euphorbiaceae	Arbusto
<i>Calliandra dysantha</i> var. <i>macrocephala</i> (Benth.) Barneby *	Fabaceae	Subarbusto
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. *	Fabaceae	Arbórea
<i>Galactia peduncularis</i> (Benth.) Taub.	Fabaceae	Herbácea
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	Arbórea
<i>Mimosa pseudoradula</i> Glaz. ex Barneby	Fabaceae	Subarbusto
<i>Mimosa speciosissima</i> Taub.	Fabaceae	Subarbusto
<i>Stylosantes macrocephala</i> M. B. Ferreira & Souza Costa	Fabaceae	Subarbusto
<i>Stylosanthes capitata</i> Vogel	Fabaceae	Subarbusto
<i>Zornia latifolia</i> Sm.	Fabaceae	Subarbusto
<i>Sisyrinchium vaginatum</i> Spreng.	Iridaceae	Herbácea
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.	Lamiaceae	Arbórea
<i>Cyanocephalus tacianae</i> (Harley) Harley & J.F.B.Pastore	Lamiaceae	Herbácea
<i>Hypenia</i> cf. <i>calycina</i> (Pohl ex Benth.) Harley	Lamiaceae	Arbusto
<i>Hyptis linarioides</i> Pohl ex Benth.	Lamiaceae	Arbusto
<i>Hyptis villosa</i> Pohl ex Benth.	Lamiaceae	Herbácea
<i>Cassytha filiformis</i> L. *	Lauraceae	Trepadeira
<i>Diplusodon rosmarinifolius</i> A.St.-Hil. *	Lythraceae	Subarbusto
<i>Diplusodon villosus</i> Pohl	Lythraceae	Subarbusto
<i>Banisteriopsis campestris</i> (A.Juss.) Little	Malpighiaceae	Subarbusto
<i>Banisteriopsis gardneriana</i> (A.Juss.) W.R.Anderson & B.Gates.	Malpighiaceae	Trepadeira
<i>Banisteriopsis schizoptera</i> (A.Juss.) B.Gates	Malpighiaceae	Arbusto

<i>Byrsonima linearifolia</i> A.Juss.	Malpighiaceae	Subarbusto
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	Malpighiaceae	Arbórea
<i>Heteropterys campestris</i> A.Juss. *	Malpighiaceae	Arbusto
<i>Heteropterys</i> sp.	Malpighiaceae	Arbusto
<i>Peixotoa</i> cf. <i>reticulata</i> Griseb.	Malpighiaceae	Arbusto
<i>Pavonia grandiflora</i> A.St.-Hil.	Malvaceae	Subarbusto
<i>Cambessedesia hilariana</i> (Kunth) DC.	Melastomataceae	Subarbusto
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana *	Melastomataceae	Arbórea
<i>Miconia burchellii</i> Triana *	Melastomataceae	Arbusto
<i>Miconia fallax</i> DC. *	Melastomataceae	Arbusto
<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	Arbórea
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	Arbórea
<i>Microlicia polystemma</i> Naudin	Melastomataceae	Subarbusto
<i>Microlicia vestita</i> DC.	Melastomataceae	Subarbusto
<i>Pleroma candolleianum</i> (Mart. ex DC.) Triana	Melastomataceae	Arbórea
<i>Rhynchanthera grandiflora</i> (Aubl.) DC.	Melastomataceae	Arbusto
<i>Trembleya parviflora</i> (D.Don) Cogn. *	Melastomataceae	Arbórea
<i>Cissampelos ovalifolia</i> DC.	Menispermaceae	Subarbusto
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	Myrtaceae	Arbórea
<i>Myrcia linearifolia</i> Cambess.	Myrtaceae	Arbusto
<i>Myrcia pinifolia</i> Cambess.	Myrtaceae	Arbusto
<i>Myrcia rubella</i> Cambess.	Myrtaceae	Arbusto
<i>Psidium firmum</i> O.Berg	Myrtaceae	Arbusto
<i>Psidium myrsinites</i> DC. *	Myrtaceae	Arbórea
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	Nyctaginaceae	Arbórea
<i>Ouratea confertiflora</i> (Pohl) Engl. *	Ochnaceae	Arbusto
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill. *	Ochnaceae	Arbórea
<i>Ouratea nervosa</i> (A.St.-Hil.) Engl.	Ochnaceae	Arbusto
<i>Ouratea riedeliana</i> Engl.	Ochnaceae	Subarbusto
<i>Sauvagesia linearifolia</i> A.St.-Hil.	Ochnaceae	Herbácea
<i>Oxalis densifolia</i> Mart. & Zucc. ex Zucc.	Oxalidaceae	Subarbusto
<i>Passiflora</i> sp.	Passifloraceae	Trepadeira
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> *	Pinaceae	Arbórea

<i>Andropogon fastigiatus</i> Sw.	Poaceae	Herbácea
<i>Andropogon virgatus</i> Desv.	Poaceae	Herbácea
<i>Anthaenantia lanata</i> (Kunth) Benth.	Poaceae	Herbácea
<i>Aristida capillacea</i> Lam.	Poaceae	Herbácea
<i>Aristida gibbosa</i> (Nees) Kunth.	Poaceae	Herbácea
<i>Aristida riparia</i> Trin.	Poaceae	Herbácea
<i>Aristida setifolia</i> Kunth.	Poaceae	Herbácea
<i>Axonopus aureus</i> P. Beauv.	Poaceae	Herbácea
<i>Axonopus</i> sp.	Poaceae	Herbácea
<i>Cenchrus polystachios</i> (L.) Morrone	Poaceae	Herbácea
<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase *	Poaceae	Herbácea
<i>Elionurus muticus</i> (Spreng.) Kuntze	Poaceae	Herbácea
<i>Eragrostis</i> sp.	Poaceae	Herbácea
<i>Ichnanthus inconstans</i> (Trin. ex Nees) Döll	Poaceae	Herbácea
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert	Poaceae	Herbácea
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	Poaceae	Herbácea
<i>Mesosetum loliforme</i> (Hochst.) Chase	Poaceae	Herbácea
<i>Panicum campestre</i> Nees ex Trin.	Poaceae	Herbácea
<i>Panicum peladoense</i> Henrard	Poaceae	Herbácea
<i>Panicum</i> sp.	Poaceae	Herbácea
<i>Paspalum convexum</i> Humb. & Bonpl. ex Flüggé	Poaceae	Herbácea
<i>Paspalum gardnerianum</i> Nees *	Poaceae	Herbácea
<i>Paspalum hyalinum</i> Nees ex Trin.	Poaceae	Herbácea
<i>Paspalum lanciflorum</i> Nees ex Steud.	Poaceae	Herbácea
<i>Paspalum pilosum</i> Lam.	Poaceae	Herbácea
<i>Paspalum thrasyoides</i> (Trin.) S.Denham	Poaceae	Herbácea
Poaceae 1	Poaceae	Herbácea
Poaceae 2	Poaceae	Herbácea
Poaceae 3	Poaceae	Herbácea
Poaceae 4	Poaceae	Herbácea
Poaceae 5	Poaceae	Herbácea
Poaceae 6	Poaceae	Herbácea
Poaceae 7	Poaceae	Herbácea

Poaceae 8	Poaceae	Herbácea
Poaceae 9	Poaceae	Herbácea
Poaceae 10	Poaceae	Herbácea
Poaceae 11	Poaceae	Herbácea
Poaceae 12	Poaceae	Herbácea
<i>Trachypogon</i> sp.	Poaceae	Herbácea
<i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze *	Poaceae	Herbácea
<i>Trichantheicum cyanescens</i> (Nees ex Trin.) Zuloaga & Morrone	Poaceae	Herbácea
<i>Trichantheicum parvifolium</i> (Lam.) Zuloaga & Morrone	Poaceae	Herbácea
<i>Urochloa decumbens</i> Stapf.	Poaceae	Herbácea
<i>Polygala glochidata</i> var. <i>glochidiata</i> Kunth	Polygalaceae	Herbácea
<i>Roupala montana</i> Aubl. *	Proteaceae	Arbórea
<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Rubiaceae	Herbácea
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	Rubiaceae	Arbusto
<i>Sabicea brasiliensis</i> Wernham	Rubiaceae	Subarbusto
<i>Casearia sylvestris</i> Sw. *	Salicaceae	Arbórea
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	Styracaceae	Arbórea
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae	Arbórea
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl *	Vochysiaceae	Arbórea
<i>Xyris</i> cf. <i>hymenachne</i> Mart.	Xyridaceae	Herbácea
<i>Xyris savanensis</i> Miq.	Xyridaceae	Herbácea
Dicotiledônea 1	Não identificada	Herbácea
Dicotiledônea 2	Não identificada	Herbácea
Dicotiledônea 3	Não identificada	Herbácea
Lenhosa 1	Não identificada	Arbórea
Lenhosa 2	Não identificada	Arbórea

Discussão e Conclusões

A presença de espécies do gênero *Pinus*, principalmente em ambientes abertos como campos e savanas, onde há predominância da vegetação heliófila, apresenta efeitos negativos significativos na cobertura vegetal nativa (Ziller & Galvão 2002). Entre os diversos fatores

que ocasionam estes efeitos sobre a riqueza e diversidade das espécies nativas, aparece o sombreamento ocasionado por indivíduos adultos de *Pinus* spp., afetando diretamente as espécies dependentes da exposição do sol. Outro fator é a cobertura espessa de acículas no solo, segundo Falleiros et al. (2011) e Dispigno & Zalba (2003), o processo de recuperação da vegetação nativa sob áreas manejadas pela invasão de *Pinus* spp., é retardado principalmente pelo efeito do acúmulo de acículas no solo. Os mesmos autores também relatam que a cobertura do solo por acículas está inversamente relacionada com a riqueza de espécies herbáceas, além de apresentar efeito negativo na germinação e estabelecimento de outras espécies. Neste trabalho, a retirada da camada de acícula pelo fogo e pela ação mecânica no preparo do solo pode ter facilitado a germinação e o estabelecimento das espécies semeadas, assim como de espécies encontradas no banco de sementes do solo, acelerando o processo de restauração e regeneração natural (Zaidan & Carreira 2008). Esta regeneração também pode ter sido acelerada pelo revolvimento do solo no processo de preparação deste, facilitando a germinação ao expor o banco de sementes do solo (Gross *et al.*, 1990; Zaidan & Carreira 2008). Estes fatores, em conjunto com a ausência de dominância de gramíneas exóticas e a riqueza e diversidade da vegetação que circula a área experimental, pode ter ocasionado a relevante diferença de espécies encontradas em relação a quantidade de espécies semeadas. Além disto, Cava *et al.* (2016) relata que a regeneração natural de áreas que ainda mantenham capacidade de regeneração natural pode se mostrar tão eficaz quanto o plantio de espécies na recuperação da riqueza da área, e que a elevada resiliência do Cerrado pode ter efeito significativo na regeneração de áreas degradadas.

Na segunda estação chuvosa após a semeadura, a grande porcentagem de cobertura do solo por espécies subarbustivas, arbustivas e herbáceas, como *Stylosantes capitata* e *Lepidaploa aurea* e *Echinolaena inflexa*, foi condizente com outros estudos de restauração por semeadura direta (Pellizzaro, 2016; Coutinho, 2019). Isto porque estas espécies possuem um crescimento rápido em comparação com outras espécies do Cerrado (Sampaio *et al.* 2015). Deste modo, a semeadura direta ao introduzir todos os estratos da vegetação, permite que as espécies de crescimento rápido ocupem rapidamente o solo, evitando que espécies exóticas invasoras se propaguem rapidamente (Sampaio *et al.* 2015). Outro fator benéfico do crescimento rápido do estrato herbáceo e arbustivo é que, além de ajudar no controle da erosão e nas características químicas e físicas do solo (Silva *et al.* 2015), possibilita a manutenção de um microclima propício para que outras espécies, como as de crescimento mais lento, se estabeleçam e cresçam abaixo da cobertura formada (Sampaio *et al.* 2015).

A semeadura direta vem se confirmando como método eficaz de reintrodução da biodiversidade nativa em ecossistemas degradados. O método, apesar de ser incipiente como método de restauração e necessitar de estudos aprofundados na área, traz a oportunidade de escolha das espécies de acordo com a área anterior à invasão ou degradação, contribuindo para a criação de uma comunidade complexa (Sampaio *et al.* 2019), trazendo maior riqueza de espécies e estruturação similar às áreas nativas de campos e savanas.

Recomendações de Manejo

O controle de espécies exóticas é uma condição necessária para a restauração e é um tema complexo e de difícil execução. Envolve aspectos que vão além de erradicar os indivíduos ali presentes: como a minimização dos meios de dispersão, entrada da espécie e reinvasão da área, mitigação dos danos causados pela invasão e impactos sócio-econômicos envolvidos. Para restaurar áreas perturbadas pela invasão de espécies lenhosas como a do gênero *Pinus*, é necessária a intervenção com a finalidade de controlar a invasão e retomar a biodiversidade nativa da região e seus processos ecossistêmicos. Para isto, faz-se necessária a retirada dos indivíduos presentes na área. Abreu (2013) aponta como métodos eficientes ecologicamente, e viáveis economicamente, de controle de *Pinus* spp.: o corte raso com ou sem desdobro, aplicação de herbicida, e a queima dos indivíduos menores. A remoção da camada de acícula que recobre o solo é necessária, tendo em vista que esta, além de dificultar o estabelecimento de outras espécies, é uma das principais causas da perda de biodiversidade em áreas invadidas por *Pinus* no Cerrado (Abreu, 2013). Para isto, é recomendável a utilização de queima controlada. Esta, além de retirar a camada de acícula, pode facilitar a regeneração da vegetação nativa a partir do banco de sementes do solo e estimular o reaparecimento das gramíneas e ciperáceas no sistema (Abreu, 2013).

O sucesso da restauração após a erradicação da espécie invasora é constantemente bloqueado pela reinvasão da área ou pelo estabelecimento de outras espécies invasoras (Abreu, 2013). Diante disto, técnicas de restauração devem ser empregadas após o controle dos invasores. Apesar de técnicas de regeneração natural assistida em áreas de Cerrado que apresentam elevada resiliência sejam recomendadas, estas não são devidamente testadas e validadas (Durigan *et al.* 2011), fazendo-se necessária a introdução da vegetação por outros meios. Diante disto, a semeadura direta aparece cada vez mais como uma técnica eficiente para reintrodução das espécies nativas, além de ser viável economicamente e ter potencial de baixo custo, se comparado com a produção e plantio de mudas (Sampaio *et al.* 2015;

Pellizzaro *et al.* 2017). O método permite a reintrodução da vegetação nativa, em pequena e larga escala, de forma manual ou com a utilização de maquinário agrícola adaptado. Pode ser utilizado em diferentes metodologias, sendo preferível a semeadura em área total, tendo em vista a cobertura do solo, o adensamento e o enriquecimento florístico (Martins, 2015). Ao utilizar a semeadura direta, pode-se escolher as espécies a serem utilizadas, levando em consideração a diversidade das diferentes formas de vida e a estruturação da vegetação da área anterior à invasão.

O processo de invasão biológica tende a se multiplicar progressivamente com o tempo, dificultando a resiliência dos ecossistemas afetados (Bechara, 2003). Com isso, áreas com um grau inicial de invasão devem se tornar prioritárias em ações de manejo, sendo realizado em conjunto com a introdução da vegetação nativa.

Agradecimentos

Agradeço especialmente ao Alexandre Sampaio e à Isabel Schmidt pela oportunidade deste projeto e pela paciente orientação e disponibilidade.

Igualmente ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza pelo financiamento e oportunidade de execução deste projeto, assim como à Universidade de Brasília e ao Laboratório de Ecologia Vegetal pela estrutura e conhecimento.

Agradeço à Luísa Madeira, à Ana Clara Amorim, à Valéria Pereira e a todas as pessoas que ajudaram em campo; à Roberta Chacon pelas horas de doação e paciência cedidas para identificação das espécies; ao Jardim Botânico de Brasília e à SEMA DF pela licença.

Agradeço à Rede de sementes do Cerrado e à Associação de Coletores de Sementes da Chapada dos Veadeiros Cerrado de Pé por tornarem possível a inclusão da diversidade herbácea e arbustiva na restauração, e por estarem dia, a dia, contribuindo com a conservação deste bioma tão rico que é o Cerrado.

Referências Bibliográficas

- ABREU, Rodolfo C. R. Ecologia e controle da invasão de *Pinus elliottii* no campo cerrado. 2013. Tese de Doutorado. **Universidade de São Paulo**.
- BECHARA, Fernando C. et al. Restauração ecológica de restingas contaminadas por *Pinus* no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC. 2003.
- CANFIELD, R. Hi. Application of the line interception method in sampling range vegetation. **Journal of forestry**, v. 39, n. 4, p. 388-394, 1941.
- CAVA, M. G. B. et al. Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. **Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.
- COUTINHO, A. G. et al. Effects of initial functional- group composition on assembly trajectory in savanna restoration. **Applied Vegetation Science**, v. 22, n. 1, p. 61-70, 2019.
- CRITCHFIELD, W. B. & LITTLE, E. L. Geographic distribution of the pines of the world. Miscellaneous Publication 991, U.S. Department of Agriculture Forest Service, Washington, D.C.
- DISPIGNO, L.; ZALBA, S. M. Cambios en las comunidades vegetales luego del control de ejemplares aislados de *Pinus halepensis*. San Luis, Argentina: **Livro de resumos XXIX Jornadas Argentinas de Botánica**. 2003
- DURIGAN, G., Melo, A.C.G., Max, J.C.M., Vilas Bôas, O. & Contieri, W.A. 2011. Manual para recuperação da vegetação de cerrado. 3 ed. **SMA**, São Paulo, 2011.
- FALLEIROS, Renan M.; ZENNI, Rafael D.; ZILLER, Sílvia R. Invasão e manejo de *Pinus taeda* em campos de altitude do Parque Estadual do Pico Paraná, Paraná, Brasil. **Floresta**, v. 41, n. 1, 2011.
- GROSS, L. K. (1990). A Comparison of Methods for Estimating Seed Numbers in the Soil. *Journal of Ecology*, 78(4), 1079–1093.
- HIGGINS, Steven I.; BOND, William J.; TROLLOPE, Winston S.W. Fire, resprouting and variability: a recipe for grass–tree coexistence in savanna. **Journal of Ecology**, v. 88, n. 2, p. 213–229, 2000.
- MARTINS, S.V., 2015. Restauração ecológica de ecossistemas degradados, 2nd ed. Ed. UFV, Viçosa, MG.
- MMA, (Ministério do Meio Ambiente). Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa, 78p. 2017.
- PELLIZZARO, Keiko F. et al. “Cerrado” restoration by direct seeding: field establishment and

- initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 3, p. 681-693, 2017.
- PELLIZZARO, Keiko F. Restauração ecológica por meio de semeadura direta no Cerrado: avaliando espécies de diferentes formas de vida e densidades de plantio. Dissertação de Mestrado. **Universidade de Brasília**, 2016.
- RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. (1998) Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Cerrado: ambiente e flora. Sano, S. M.; Almeida, S. P. de (Ed.). pp. 89-166. Planaltina: **EMBRAPA- CPAC**.
- RICHARDSON, David M.; WILLIAMS, P. A.; HOBBS, Richard J. Pine invasions in the Southern Hemisphere: determinants of spread and invadability. **Journal of biogeography**, p. 511-527, 1994.
- SAMPAIO, A.B.; Vieira, D.L.M.; Holl, K.D.; Pellizaro, K.F.; Alves, M.; Coutinho, A.G.; Cordeiro, A.O.O.; Ribeiro, J.F.; Schmidt, I.B. Lessons on direct seeding to restore Neotropical savanna. *Ecological Engineering*. Ecological Engineering, 2019.
- SAMPAIO, Alexandre B. et al. Guia de restauração do Cerrado: volume 1: semeadura direta. **Embrapa Cerrados-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2015.
- SAMPAIO, Alexandre B.; SCHMIDT, Isabel B. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 32-49, 2014.
- SCHMIDT, I.B., URZEDO, D.I., PIÑA-RODRIGUES, F.C.M., VIEIRA, D.L.M., REZENDE, G.M., SAMPAIO, A.B., AND JUNQUEIRA, R.G.P. (in press) Community-based native seed production for restoration in Brazil: the role of science and policy. *Plant Biology*.
- SETTE, Denise M. Os climas do cerrado do Centro-Oeste. **Revista brasileira de climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.
- SILVA, Raíssa R.P. et al. Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 4, p. 393-401, 2015.
- SILVA, Raíssa R.P.; VIEIRA, Daniel L.M. Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. **Applied Vegetation Science**, v. 20, n. 3, p. 410-421, 2017.
- VELDMAN, Joseph W. et al. Where tree planting and forest expansion are bad for biodiversity and ecosystem services. **BioScience**, v. 65, n. 10, p. 1011-1018, 2015.
- ZAIDAN, Lilian B.P.; CARREIRA, Rosana C. Seed germination in Cerrado species. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 167-181, 2008.

ZILLER, S.R. A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. Tese de doutoramento. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 268 p. 2000.

ZILLER, Sílvia R.; GALVÃO, Franklin. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *P. taeda*. **Floresta**, v. 32, n. 1, 2002.

ZILLER, Sílvia Renate. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. 2001.