

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
“PLANEJAMENTO E USO DE RECURSOS RENOVÁVEIS”

IVONIR PIOTROWSKI SANTOS

PROBABILIDADE DE SUCESSO DE ESPÉCIES FLORESTAIS NA SEMEADURA
DIRETA EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Sorocaba/SP

2020

IVONIR PIOTROWSKI SANTOS

Probabilidade de sucesso de espécies florestais na semeadura direta em restauração
ecológica

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em “Planejamento e uso de recursos renováveis”, para obtenção do título de Doutor em Ciências ambientais.

Orientação: Prof. Dra. Fatima Conceição Márquez Piña-Rodrigues
Coorientador- Prof. Dr. José Mauro Santana da Silva.

Sorocaba/SP

2020

Piotrowski Santos, Ivonir

Probabilidade de sucesso de espécies florestais na
semeadura direta em restauração ecológica / Ivonir
Piotrowski Santos -- 2020.
98f.

Tese de Doutorado - Universidade Federal de São Carlos,
campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Fatima Conceição Márquez Piña-
Rodrigues

Banca Examinadora: Alexandre Marco da Silva, Débora
Zumkeller Sabonaro, Elza Alves Corrêa, Nobel Penteadó
de Freitas

Bibliografia

1. Semeadura direta. 2. Restauração ecológica. 3. Áreas
degradadas. I. Piotrowski Santos, Ivonir. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(Sin)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

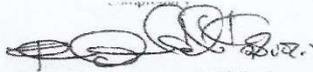
Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979

IVONIR PIOTROWSKI SANTOS

**PROBABILIDADE DE SUCESSO DE ESPÉCIES FLORESTAIS
NA SEMEADURA DIRETA EM RESTAURAÇÃO
ECOLÓGICA**

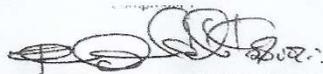
**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação para obtenção do título de doutor em
Planejamento e Uso de Recursos Renováveis.
Universidade Federal de São Carlos.
Sorocaba, 26 de agosto de 2020.**

Orientadora:



**Prof. Dra. Fátima Conceição Márquez Piña-Rodríguez
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar – Campus Sorocaba**

Certifico que a sessão de defesa foi realizada com a participação à distância dos membros Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Sorocaba, Profa. Dra. Elza Alves Corrêa, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Registro, Prof. Dr. Nobel Penteadado de Freitas, da Universidade de Sorocaba – UNISO e Profa. Dra. Débora Zumkeller Sabonaro, da Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba e, depois das arguições e deliberações realizadas, os participantes à distância estão de acordo com o conteúdo do parecer da comissão examinadora redigido no relatório de defesa de Tese de Ivonir Piotrowski Santos.



**Prof. Dra. Fátima Conceição Márquez Piña-Rodríguez
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar**

Dedico ao meu pai, Virgílio Santos (em memória) o qual sempre incentivou e se orgulhou da profissão por mim escolhida e minha mãe Genni Piotrowski Santos por todo exemplo de batalha e amor a família.

A minha esposa Ana Paula Gaspar Piotrowski e aos meus filhos Arthur Gaspar Piotrowski e Davi Gaspar Piotrowski pela união em família e momentos de alegria a cada etapa alcançada.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de São Carlos e a todos seus membros discentes, técnicos e professores pelo apoio profissional pela oportunidade de concretizar este trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Planejamento e uso de Recursos Renováveis em sua coordenação nas pessoas do Prof. Dr. Fábio Minoru Yamaji, Prof^a Dr^a Franciane Andrade de Pádua e secretaria na pessoa da técnica administrativa Luciana Kawamura pelo ótimo trabalho e incentivo durante todo tempo do curso.

Aos meus companheiros do Laboratório de Sementes e Mudanças Florestais (LASEM) por todo apoio na coleta de dados e nas reuniões de discussão de resultados e atividades em campo.

A professora Fatima Piña-Rodrigues por sempre acreditar em meu trabalho e pelas incontáveis horas dedicadas a me apoiar tanto na vida profissional quanto também nos conselhos de vida pessoal.

Ao professor José Mauro Santana da Silva pelas orientações de campo e discussões de toda etapa da silvicultura.

Aos técnicos de campo Neri e Alemão que sempre estavam prontos a apoiar nas atividades de coleta de dados e planejamento de manejo da área de estudo.

A banca de defesa de Tese constituída pelas pessoas do Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva, Dra. Débora Zumkeller Sabonaro, Profa. Dra. Elza Alves Corrêa e Prof. Dr. Nobel Penteadado de Freitas e que trouxeram grandes contribuições para a finalização do trabalho e novas ideias de continuidade em artigos.

Agradecemos o apoio financeiro da AES- Tietê por meio dos projetos “Tecnologias de restauração por semeadura direta e plantio por mudas- PROEX-FAI nº 23112.000809/2016-45 e “Inovações tecnológicas e controle de qualidade para a semeadura direta na restauração florestal”. PROEX-FAI nº 23112.002785/2017-40.

RESUMO

SANTOS, Ivonir Piotrowski. Probabilidade de sucesso de espécies florestais na semeadura direta em restauração ecológica. 2020. 84 f. Programa de Pós Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis- PPGPUR- Tese (Doutorado em “Planejamento e uso de recursos renováveis”) – Centro de Ciências e Tecnologias para Sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2020.

Dentre as técnicas em larga escala, a semeadura direta é vista como metodologia promissora de baixo custo e eficiente, mas requer a seleção de espécies que possam ser utilizadas no início da restauração. Assim, nossos objetivos foram de identificar espécies florestais com potencial para semeadura direta em áreas de floresta sazonal a partir da investigação do seu comportamento e sobrevivência das espécies com fins de classificar as espécies com base na sua probabilidade de sucesso e potencial para semeadura direta. Em área de 1,92 ha, foi implantado o plantio direto de 38 espécies florestais, em sistema de grupos de três fileiras com densidade de 250.000 sementes.ha⁻¹. A emergência foi monitorada durante 720 dias em diferentes intervalos e todos os indivíduos foram identificados e marcados em 160 parcelas de 3 x 1m. Contamos e medimos a altura (H) e o diâmetro na altura do solo (DAS) para todas as mudas. Estabelecemos classes de potenciais com base em seu crescimento (H, DAS), germinabilidade, emergência e probabilidade de sucesso. Apenas 23 espécies emergiram com 3 a 241 indivíduos, e total de 1520 plantas e 1317 sobreviventes após 720 dias (13.719 indivíduos.ha⁻¹). A emergência da família Fabaceae apresentou a maior riqueza (12 espécies) seguida pela Bignoniaceae (3 espécies). As maiores alturas foram observadas para a pioneira *Mimosa bimucronata* e a não pioneira *Astronium urundeuva*. A seleção de espécies promoveu maior riqueza, diversidade e densidade que as metodologias tradicionais de semeadura direta. A classificação das espécies com maior potencial permitiu aumentar o número de espécies estabelecidas nos plantios e o número de sementes a serem utilizadas pelo restaurador proporcionando estrutura e cobertura no início do plantio.

Palavras-chave: Recuperação ambiental. Muvuca. Áreas degradadas. Sementes florestais

ABSTRACT

SANTOS, Ivonir Piotrowski. Probability of success of forest species in direct seeding in ecological restoration. 2020. 84 f. Graduate Program in Planning and Use of Renewable Resources - PPGPUR- Thesis (Doctorate in “Planning and use of renewable resources”) - Science and Technology Center for Sustainability, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2020.

Among the large-scale techniques, direct seeding is seen as a promising low-cost and efficient methodology, but it requires improvement and, mainly, a selection of species that can be used at the beginning of the restoration. Thus, our objectives were (a) to identify forest species with potential for direct seeding in seasonal forest areas, (b) to investigate the behavior and survival of species over the studied period and (c) to classify species based on their probability of success and potential for direct seeding. In an area of 1.92 ha, direct planting of 38 forest species was implemented, in a system of groups of three rows with a density of 250,000 seeds.ha⁻¹. The emergency was monitored over 720 days at different intervals and all individuals were identified and tagged in 160 plots of 3 x 1m. We count and measure the height (H) and the diameter at the height of the ground (DHS) for all seedlings. We classify species into classes of potentials based on their growth (H, DHS), germinability, emergency, and probability of success. Only 23 species emerged with a range of 3 to 241 individuals, with a total of 1520 plants and 1317 survivors after 720 days (13,718 individuals.ha⁻¹). The emergence of Fabaceae family presented the highest richness (12 species) followed by Bignoniaceae (3 species). The highest heights were observed for the pioneer *Mimosa bimucronata* and the non-pioneer *Astronium urundeuva*. The selection of species promoted higher richness, diversity and density than traditional methodologies of direct seeding and the classification by potential allowed to determine the number of species established in the plantations and the number of seeds to be used by the restorer providing structure and coverage in the beginning of planting.

Keywords: Environmental recovery. Muvuca. Degraded areas. Forest seeds

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Área de pastagem degradada com inserção de fragmentos de Floresta Estacional Decidual em estágio intermediário de sucessão com 1920 m ² com presença das espécies <i>Urocloa decumbens</i> R.D. Webster e regeneração natural de <i>Baccharis dracunculifolia</i> DC..	34
Figura 2: Alterações pluviométricas (mm) e de temperatura (°C) durante a fase experimental. Sorocaba/SP, 2020.....	34
Figura 3 Retirada da espécie <i>Baccharis dracunculifolia</i> com utilização de motorroçadora em área de estudo de semeadura direta em setembro de 2017. Fonte: autor.....	35
Figura 4 Aplicação de produto químico ZAPP QI 620 em área de estudo de semeadura direta no município de Sorocaba-SP em outubro de 2017. Fonte: Autor.....	36
Figura 5 Preparação do plantio de semeadura direta, estabelecido em sistema de renque formado pelo conjunto de três linhas (L1, L2, L3), espaçadas entre si de 1,5 m e separado dos demais renques por 3 m. Subsolagem realizada em dezembro de 2017 na profundidade de 50cm. Fonte: Autor.....	37
Figura 6 Semeadura direta realizada em dezembro de 2017 em área de 1,92 ha no município de Sorocaba- SP. Fonte: Autor.....	38
Figura 7 Linha do tempo da semeadura direta realizada em dezembro de 2017 e monitoramento até dezembro de 2019 no município de Sorocaba- SP. Em dezembro de 2019, foto com drone da área total de semeadura direta em destaque no quadro amarelo.	39
Figura 8 (A) Esquema da divisão da área em cinco blocos de 384m ² cada totalizando 1920m ² de área de experimento no município de Sorocaba-SP. (B) Esquema das parcelas de monitoramento dividido em subparcelas de 3 x 1m nas linhas de plantio de semeadura direta realizada no município de Sorocaba- SP em dezembro de 2017.....	41
Figura 9 Box-plot das médias de germinabilidade das espécies com sementes grandes (n=4), médias (n=8) e pequenas (n=11) das 23 espécies apresentando emergência na semeadura direta em Sorocaba, SP. Grande (<1.000 sementes/ kg); Média (1.000 a 10.000 sementes/ kg); Pequena (10.000 a 100.000 sementes/ kg).....	57
Figura 10 - Número de indivíduos emergentes por classe de tamanho em plantio de semeadura direta aos 720 dias em Sorocaba- SP. Acrônimos das espécies indicados no ANEXO 3. Ind= número de indivíduos. Grande (<1.000 sementes/ kg); Média (1.000 a 10.000 sementes/ kg); Pequena (10.000 a 100.000 sementes/ kg).....	58

Figura 11 - Número de plantas emergentes e de mortalidade de indivíduos ao longo de 720 dias de monitoramento em plantio de semeadura direta no município de Sorocaba- SP. Plantio em dezembro de 2017. Dados coleta dos em 2019.	59
Figura 12 - Número de plantas sobreviventes por espécie ao longo do estudo de 30 a 720 dias após a semeadura, em plantio de semeadura direta em Sorocaba, SP. Data de plantio: dezembro de 2017. No alto, espécies com alta sobrevivência, ao centro, espécies com média sobrevivência e abaixo, espécies com baixa sobrevivência.	60
Figura 13 - Representação gráfica do resultado da análise de modelo geral linear (GLM) e equação representando a associação entre as variáveis de germinabilidade (%) e probabilidade de sucesso de estabelecimento das plantas emergidas no plantio de semeadura direta em Sorocaba- SP.....	62
Figura 14 - Germinabilidade das sementes (%), sobrevivência (%) das plantas e probabilidade de sucesso de estabelecimento das sementes de espécies utilizadas na semeadura direta em plantio em Sorocaba-SP. Plantio em dezembro de 2017. Dados de plantio de dezembro de 2017. Nomes das espécies relacionadas no anexo3.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das sementes de acordo com seu número/kg em classes de tamanho das espécies e quantidades e proporções de sementes empregadas na semeadura direta, na região de Sorocaba-SP. (a) semente pequena na quantidade de média; (b) semente média na quantidade de pequena.....	43
Tabela 2 - Classificação das sementes de acordo com seu número.kg-1 em classes de tamanho das espécies e quantidades e proporções de sementes empregadas na semeadura direta, na região de Sorocaba-SP. (a) cálculo baseado na quantidade de sementes de tamanho médio; (b) cálculo baseado na quantidade de sementes de tamanho pequeno.	43
Tabela 3 - Sistema de classificação das às espécies-alvo em relação ao seu comportamento na semeadura direta. Notas variando de 1 (baixa ou pequeno) a 4 (alta ou grande). (μ = média; σ = desvio padrão). Adaptado de: Salomão et al. (2014). H= média em altura aos 720 dias; DAC= média em diâmetro na altura do colo aos 720 dias; E (%) = emergência percentual por espécie ao longo de 720 dias; S (%) = percentual de sobrevivências aos 720 dias pós-plantio; Suc- probabilidade de sucesso.	47
Tabela 4 - Relação de espécies empregadas na semeadura direta, no município de Sorocaba SP em dezembro de 2017, por classes de tamanho (Tam), nomes científicos e popular, família, grupo ecológico (P= pioneira, NP= não pioneira), dispersão, número de sementes por quilo, não de sementes nas parcelas em campo (960m ²), número de indivíduos emergentes nas parcelas e % de emergentes na relação sementes emergidas por número de sementes em campo. Ind= Indivíduos, Sem= sementes. Ane= Anemocórica, Aut= Autocórica, Zoo= Zoocórica-----	50
Tabela 5 - Frequência das espécies nas unidades amostrais (n=160) em experimento de semeadura direta com 23 espécies no município de Sorocaba- SP.	54
Tabela 6 - Dados de diversidade taxonômica e distinção taxonômica obtidos para o número de plantas emergentes e sobreviventes em plantio de semeadura direta em Sorocaba-SP...	61
Tabela 7 - Notas de aptidão para as espécies que obtiveram indivíduos sobreviventes até os 720 dias em plantio por semeadura direta no município de Sorocaba- SP em dezembro de 2017. Ind.= Indivíduos sobreviventes, cm= Altura, DACmm= Diâmetro na altura do colo, (S%) = Sobrevivência, (cm) e classe de aptidão por espécie.	64

Tabela 8 - Classes de aptidão para as 23 espécies emergentes considerando suas notas em Altura (Hcm), diâmetro na altura do colo DACmm, Germinabilidade (GD%), Sobrevivência (S) e probabilidade de sucesso (Suc).....	67
Tabela 9 - Relação de espécies de regeneração natural presentes nas parcelas de monitoramento e que não foram semeadas em estudo de semeadura direta no município de Sorocaba-SP.	68

SUMÁRIO

1 INRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E MONITORAMENTO	18
2.2 SEMEADURA DIRETA	19
2.2.1 Setor agrícola.....	19
2.2.2 Setor florestal.....	20
2.3 TAMANHO DAS SEMENTES.....	21
2.4 ADUBAÇÃO VERDE.....	22
2.5 DORMÊNCIA DE SEMENTES.....	23
2.6 REDE DE SEMENTES	24
2.7 POLÍTICA E LEGISLAÇÃO NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA	25
2.7.1 Acordos internacionais e o total de áreas a serem restauradas.....	25
2.7.2 Legislações federais.....	26
2.7.3 Resoluções Estaduais.....	29
2.8 CUSTOS	30
2.9 APTIDÃO DE ESPÉCIES	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 LOCAL DE ESTUDO	33
3.2 PREPARO DO SOLO E MANUTENÇÕES	35
3.3 MONITORAMENTO E COLETA DE DADOS	40
3.4 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES	41
3.5 COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES	44
3.6 CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES EM RELAÇÃO AO DESEMPENHO NA SEMEADURA DIRETA	44
3.3 REGENERAÇÃO PASSIVA	48
3.4 ANÁLISE DOS DADOS	48
4 RESULTADOS	49
4.1 SELEÇÃO, COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DA COMUNIDADE DE ESPÉCIES NA SEMEADURA DIRETA	49
4.2 GERMINABILIDADE E EMERGÊNCIA DAS ESPÉCIES.....	55
4.3 MORTALIDADE, ESTABELECIMENTO, SOBREVIVÊNCIA E DISTINÇÃO TAXONÔMICA	58
4.4 CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES EM RELAÇÃO AO DESEMPENHO NA SEMEADURA DIRETA	61
4.5 REGENERAÇÃO PASSIVA.....	68
5 DISCUSSÃO	69
6 CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS	82

1 INTRODUÇÃO

Em todo mundo, estima-se que 2 bilhões de hectares de florestas e terras agrícolas desmatadas e degradadas precisem ser restauradas (POTAPOV; LAESTADIUS; MINNEMEYER, 2011). Com esse objetivo, em 2011 foi lançado o programa *Bonn Challenge* de cooperação global, cuja meta é restaurar 150 milhões de hectares até 2020 e 350 milhões até 2030 (SUDING *et al.*, 2015; DAVE *et al.*, 2019). Diante dos processos de degradação ambiental, desflorestamentos e o aumento das evidências do aquecimento global, o Brasil se propôs a restaurar 12 milhões de hectares até o ano de 2030 previstos no Decreto nº 8972 de 23 de janeiro de 2017 que instituiu a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (BRASIL, 2017a). Além deste compromisso, o Brasil assumiu o desafio 20 x 20, que visa restaurar 20 milhões de hectares até o ano de 2020 na América Latina e Caribe (INITIATIVE 20 x 20, 2020).

Muitas técnicas de restauração ecológica vêm sendo utilizadas e avaliadas quanto ao seu desempenho e recursos empregados e o desafio é encontrar similaridades nos fatores que agregam o sucesso do retorno dos processos ecológicos desde o início da formação da floresta. A escolha do manejo, do preparo do solo, controle de pragas e operacionalização da condução da área restaurada deve ser considerada tecnicamente, evitando a ineficiência do objetivo almejado (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015a). Além disto, é preciso descrever metodologias adequadas de restauração assim como acompanhar seus resultados com fins de ajudar no cumprimento dessas metas (BRANCALION *et al.*, 2016).

As estimativas de estabelecimento de processos ecológicos como a formação de cobertura de copa e estruturação de classes de tamanho permitem avaliar o sucesso da restauração, uma vez que a curto prazo, em comparação com outros atributos como o retorno da diversidade de espécies e de formas de vida de uma floresta natural que dependem de um prazo maior (SUGANUMA *et al.*, 2013). Algumas condições encontradas em florestas de referência demonstram que o tempo é fator chave para alcançar a restauração de processos ecológicos (CROUZEILLES *et al.*, 2016). No entanto, o sucesso da restauração depende dos objetivos traçados podendo alcançar seus objetivos ao longo do tempo ou serem cumpridos objetivos específicos dentro de uma ampla visão da política da restauração (BAKER; ECKERBERG, 2016).

Os diversos tipos de sítio possuem especificidades de histórico de degradação que devem ser levados em conta na estratégia do planejamento para execução da restauração (MORAES; CAMPELLO; FRANCO, 2010). O método mais empregado na restauração ativa

é o plantio de mudas, porém, o alto custo e a maior demanda de mão de obra e manutenções requerem reduzir os recursos envolvidos e promover maior eficiência no retorno dos processos ecológicos para a área (TYMUS *et al.*, 2018). A restauração chamada de passiva, por meio da regeneração natural, pode ser alternativa a ser considerada em muitos locais pois formam gatilhos ecológicos de desenvolvimento sucessional, promovendo um contínuo retorno das espécies e processos ecológicos (REIS *et al.*, 2014). Porém, em áreas agrícolas abandonadas, esta pode não ser uma boa opção por não ter capacidade de estabelecer espécies dominantes de florestas naturais (ASANOK *et al.*, 2013).

Entre os métodos de restauração ativa, a sementeira direta vem se destacando pelas suas inúmeras vantagens. Dentre elas está a possibilidade de se realizar rápida avaliação dos resultados iniciais em curto prazo, uma vez que a densidade de mudas estabelecidas pode ser estimada poucos meses após o plantio (MELI *et al.*, 2017). O uso da sementeira direta está se tornando alternativa promissora para a restauração de áreas degradadas em grande escala, possibilitando obter densidade de indivíduos por hectare superior ao plantio de mudas (FERREIRA *et al.*, 2009; AGUIRRE *et al.*, 2015; FREITAS *et al.*, 2019). Por sua facilidade de emprego, reduz custos de mão de obra e tempo do manejo de gramíneas comparada ao plantio de mudas (CAMPOS-FILHO *et al.*, 2013). No entanto, apesar da eficiência da sementeira em campo, requer alta disponibilidade de sementes, não apenas em quantidade, como também em diversidade.

O Sistema Nacional de Sementes e Mudanças instituído pela Lei nº 10.711/03 (BRASIL, 2003) e regulamentada pelo Decreto nº 5.153/04 (BRASIL, 2004), controlam o processo produtivo. Contudo, o mercado no setor florestal de sementes, requer investimento de tempo e recursos na produção de sementes com qualidade (URZEDO *et al.*, 2019). Sabendo-se que a produção brasileira está abaixo da necessidade para atender a restauração (FREIRE; URZEDO; PINA-RODRIGUES, 2017) seria preciso ampliar a capacidade instalada das redes de sementes em pelo menos 350 vezes (URZEDO *et al.*, 2020). Essa questão evidencia que, para atender a demanda e os compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, é necessário que, além da redução de custos na cadeia de restauração, se possa promover o maior aproveitamento das sementes utilizadas na sementeira direta.

Alguns fatores relacionados às exigências ecológicas, produção e qualidade de sementes devem ser levados em consideração para o sucesso da restauração na sementeira direta. Destacam-se a qualidade inicial de germinação das sementes, sua emergência em campo, crescimento das plântulas e sobrevivência que, juntos com o tamanho e a profundidade de sementeira são determinantes para promover a maior taxa de

estabelecimento das espécies (DOUST, ERSKINE; LAMB, 2006). Com isso, as condições atuais do sítio, potencial da regeneração natural e barreiras de recuperação da vegetação devem ser avaliadas antes da aplicação da metodologia (SCHMIDT *et al.*, 2019). Mesmo tendo sucesso na fase de emergência, o estabelecimento das espécies pode diminuir significativamente ou as sementes podem ter menor qualidade fisiológica impedindo sua germinação inclusive em laboratório (AGUIRRE *et al.*, 2015). Por isto, é necessário, em algumas espécies, que sejam empregadas técnicas que favoreçam a rápida emergência em campo, como por exemplo, a utilização de técnicas de quebra de dormência (FERREIRA *et al.*, 2007; PEREIRA, 2012).

A eficiência da sementeira direta está ligada à disponibilidade de sementes no mercado, à confiabilidade em suas características de germinação, estabelecimento e potencial de competição que devem ser associadas à realização de práticas para a erradicação das gramíneas invasoras (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2006; DOUST; ERSKINE; LAMB, 2008). Estudos sobre a sementeira direta sugerem seu uso como técnica de restauração complementar ao plantio de mudas, em função da falta de conhecimento sobre as espécies e a baixa disponibilidade de fornecedores de sementes (CECCON, 2014; CECCON; GONZÁLEZ; MARTORELL, 2016). A utilização de mudas em conjunto com a sementeira direta pode complementar a diversidade da floresta (GUERIN *et al.*, 2012) já que muitas espécies têm restrição de uso na sementeira direta. Dentre essas estão as espécies com sementes recalcitrantes (CAMPOS-FILHO *et al.*, 2013) e aquelas com baixo crescimento ou falha de germinação, podendo, no futuro, serem substituídas por mudas na forma de enriquecimento (FREITAS *et al.*, 2019).

A sementeira direta é indicada para enriquecimento de áreas plantadas visando ampliar a diversidade de espécies tardias que dificilmente aportariam naturalmente (COLE *et al.*, 2011) e pode também necessitar de mais uma fase de sementeira uma vez que as sementes podem não encontrar o nicho necessário para seu estabelecimento, requerendo o enriquecimento com espécies tardias e menos tolerantes à competição com invasoras (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2008; MELI *et al.*, 2017). Em alguns plantios por sementeira direta com mais de 10 anos, em área considerada com potencial para regeneração natural, a técnica obteve sucesso propiciando alta densidade de plantas e diversidade de espécies (FREITAS *et al.*, 2019).

O estabelecimento das espécies pode não se mostrar satisfatório em se tratando de diversidade, portanto, é necessária a utilização de outras metodologias como forma complementar a restauração da área (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2006). Com isso, a seleção

de espécies com aptidão para semeadura direta deve buscar aquelas que possam se estabelecer em áreas degradadas e ocupadas por espécies invasoras, um dos principais desafios para o sucesso da técnica (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2008). Essa questão é essencial, uma vez que uma quantidade limitada de espécies responde significativamente ao uso da semeadura direta (HOSSAIN; ELLIOTT; CHAIRUANGSRI, 2014).

A seleção de espécies adequadas para a restauração é um processo no qual por meio do conhecimento adquirido em plantios somam-se requisitos que podem aumentar o sucesso e eficiência dos projetos. A escolha de espécies pode diminuir custos da restauração (FLORENTINE *et al.*, 2013), uma vez que o uso de espécies com alta mortalidade ou baixo desempenho em condições climáticas adversas ou mesmo susceptível a herbivoria ou doenças significa reduzir o desempenho do plantio (PILON; DURIGAN, 2013). Para isso a seleção de espécies, bem como as características das sementes utilizadas, devem ser consideradas no momento da implantação do projeto (TUNJAI; ELLIOTT, 2012), garantindo que estejam presentes características funcionais nos ecossistemas onde a interação com outras espécies, a facilitação e as interações com o solo e clima favorecem resultados dos processos ecológicos (HOOPER *et al.*, 2005).

A alta emergência e sobrevivência das plantas na semeadura direta sugerem que estas sejam características recomendadas para serem utilizadas na técnica (CECCON; GONZÁLEZ; MARTORELL, 2016) além da rápida emergência (HOSSAIN; ELLIOTT; CHAIRUANGSRI, 2014). Para a densidade de sementes, a quantidade deve ser calculada por espécie de acordo com conhecimentos sobre sua funcionalidade (CAMPOS-FILHO *et al.*, 2013). Vale lembrar que o sucesso da restauração está ligado a vários fatores tanto biótico quanto abióticos e características intrínsecas das sementes bem como sua relação com o local de implantação do plantio (BROADHURST *et al.*, 2008) e o projeto inicial, ser igualmente considerados com metas a serem alcançadas com um monitoramento efetivo para guiar a condução da floresta (NOSS, 1999).

Com base no apresentado, o presente trabalho pretende contribuir para aprimorar a técnica de semeadura direta a partir da seleção de espécies com aptidão e probabilidade de sucesso de uso na semeadura direta. Para tanto, buscou-se atingir os seguintes objetivos: (a) identificar espécies florestais com aptidão para a semeadura direta em áreas de Floresta Estacional, (b) analisar o comportamento e a sobrevivência das espécies ao longo do período estudado e (c) classificar as espécies testadas em função de sua probabilidade de sucesso e aptidão na semeadura direta contribuindo para aprimorar as suas práticas de uso e forma de aplicação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E MONITORAMENTO

A restauração ecológica visa facilitar a recuperação de áreas que foram direta ou indiretamente alteradas pelo homem e suas ações devem ser muito bem planejadas e dispor de tempo para o acompanhamento de seus resultados (SER, 2004), sendo sustentável a longo prazo (SUDING *et al.*, 2015). No processo de sucessão de florestas há vários fatores a serem considerados e a dinâmica da restauração deve considerar a sucessão secundária da floresta para favorecer processos que visem a manutenção de interações ecológicas e o favorecimento de alimentos e micro- habitats para a biodiversidade local (BRANCALION *et al.*, 2015_b).

Para atingirmos a eficiência na restauração, devemos avaliar o projeto antes da execução com perguntas essenciais e baseados em teorias científicas e práticas para determinar respostas para as perguntas: quando, o que, onde e como restaurar os ecossistemas (ROHR *et al.*, 2018). Vale lembrar que, antes de se pensar em recuperar deve-se preservar as florestas que ainda existem (SILVA; RODGERS, 2018), pois o nível de desmatamento é maior do que o das restaurações (MOURA, 2018). Por isso, deve-se aliar a agricultura com práticas de restauração, podendo beneficiar tanto a produção agrícola quanto o meio ambiente (BENAYAS; BULLOCK, 2012).

A preservação das florestas naturais deve ser priorizada, pois é improvável o retorno de todas as características ecológicas da área mesmo tendo alto custo e cumprindo todas as etapas da restauração (SHOO *et al.*, 2015). Técnicas de restauração ecológica com custos mais reduzidos podem ser eficientes quando inseridas em paisagem próxima a áreas naturais e que possuem maior resiliência (TRENTIN *et al.*, 2018). Porém, o caminho da restauração é dinâmico e pode percorrer em diversas direções sendo que o estudo da previsibilidade da linha do tempo é meta futura para alcançar objetivos ecológicos distintos para cada situação (PALMER; FALK; ZEDLER, 2006).

Recuperar e conservar a cobertura arbórea traz tanto benefícios ecológicos quanto equilíbrio climático e economia social (LEWIS *et al.*, 2019) e estes parâmetros devem ser monitorados. Para isso, a avaliação de regenerantes pode ser um bom indicador para o sucesso da restauração (LIMA *et al.*, 2016) e requer a utilização de protocolos específicos para cada região, levando em conta fatores tanto de ecologia quanto socioeconômicos, ao exemplo dos protocolos para a Mata Atlântica (VIANI *et al.*, 2017) e de funcionalidade ecológica (PIÑA-RODRIGUES *et al.* 2015).

2.2 SEMEADURA DIRETA

2.2.1 Setor agrícola

O termo semeadura direta ainda é confuso visto, que a técnica recebe vários nomes e, dentre os mais utilizados, citam-se plantio direto, sistema de plantio direto, semeadura direta, sistema de semeadura direta, plantio direto na palha e sistema de plantio direto na palha, dentre outros, sendo que plantio direto é o que mais se destaca (ARATANI, 2020). Os termos mais empregados, semeadura direta ou plantio direto, são focados na redução de práticas de manejo anteriores ao plantio. Em geral, se baseiam na ausência de práticas de revolvimento do solo, na incorporação de resíduos orgânicos de culturas anteriores que são deixados na superfície da área plantada, contribuindo para ciclagem de nutrientes, estruturação do solo (DENARDIN *et al.*, 2012) e no aumento da produtividade pela prática de rotação de culturas (MARCELO; CORÁ; FERNANDES, 2012).

A semeadura direta na área agrícola foi introduzida com finalidade de controle da erosão do solo, ou seja, com enfoque conservacionista. Posteriormente, adotou-se um conjunto de práticas que atendessem a aspectos econômicos e sociais envolvendo o sistema de produção, a rotação de culturas, fertilidade do solo, manejo da descompactação do solo e plantio de culturas sobre a palhada da cultura anterior (KOCHHANN; DENARDIN, 2000). O chamado sistema de plantio direto visa aliar sistemas tecnológicos, promovendo o baixo manejo no solo dispensando práticas como aração e gradagem, porém tende a trabalhar com o solo nas linhas de plantios ou nas covas e manutenções da cobertura do solo (HERNANI; DENARDIN, 2020).

Na agricultura, o cultivo de soja no sistema de plantio direto é competitivo com o convencional e tem ganho tanto em relação à rentabilidade quanto à conservação dos recursos naturais (ALVIM; OLIVEIRA JUNIOR, 2005). Ao longo do tempo, o sistema de plantio direto melhora a estabilidade da estrutura do solo, diminui a sua temperatura e aumenta a umidade fazendo com que aumente a produtividade das culturas (BROWN *et al.*, 2018; COSTA *et al.*, 2003).

Para contribuir na melhoria da qualidade do solo, a semeadura de adubos verde também mostra resultados positivos na agricultura, em especial quando plantada em consórcio com espécies agrícolas, como o feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.) que propicia aumento de produtividade ao longo do tempo na produção de milho (HEINRICHS *et al.*, 2002), bem como seu consórcio com milheto que promoveu maior rendimento para a

cultura do feijão (DUARTE-JÚNIOR; COELHO; PONCIANO, 2008). Porém é indispensável a utilização de produtos químicos para controlar a competição com invasoras e maquinários apropriados para o trabalho da semeadura e manejo da cultura (FIDELIS *et al.*, 2003).

O chamado cultivo mínimo visa escolher atividades que gerem o menor impacto no solo, sendo, portanto, dispensando o uso de arados e grades. No cultivo mínimo o trabalho é desenvolvido no sulco de plantio por meio do preparo das linhas com subsoladores e a aplicação de adubação e herbicidas em uma única operação (ALBUQUERQUE FILHO, 2020).

2.2.2 Setor florestal

A semeadura direta torna-se opção viável, tanto técnica quanto econômica nos projetos de restauração ecológica, onde diversos trabalhos, vem demonstrando sua eficácia, inclusive em áreas consideradas de baixa resiliência (GUERIN *et al.*, 2012). A rápida cobertura da área bem como o alto índice de estabelecimento dos indivíduos faz com que a semeadura direta seja competitiva com outros modelos tornando-se economicamente viável e trazendo resultados satisfatórios ao longo do tempo (CAMPOS-FILHO *et al.*, 2013).

Na restauração florestal por semeadura direta o conceito conservacionista tem valor de destaque, visto que a recuperação ecológica do local depende de fatores para criarem um ciclo permanente e sustentável. Em função disto, a relação entre a quantidade de sementes empregada e a densidade de plantas que se deseja obter é questão-chave, porém a disponibilidade destas sementes no mercado é fator a ser considerado (PALMA; LAURANCE, 2015).

A densidade dos indivíduos resultantes da semeadura direta é bastante variável e depende de muitos fatores que envolvem tanto as sementes quanto o ambiente em campo. Em áreas de semeadura recente, o número de indivíduos pode chegar a mais de 30.000 plantas.ha⁻¹ (CAMPOS-FILHO *et al.*, 2013), mas pode se reduzir com o tempo, constatando-se aos três anos de idade locais com cerca de 4.200 indivíduos.ha⁻¹ (FREITAS *et al.*, 2019). No que se refere à riqueza de espécies 62 espécies de árvores, arbustos e gramíneas foram observados em estudo no Cerrado (PELLIZZARO *et al.*, 2017).

Alguns fatores devem ser levados em consideração para o sucesso da restauração por semeadura direta. Na fase de semeadura, as sementes podem não encontrar um conjunto de fatores ambientais adequado para sua emergência e estabelecimento, gerando a necessidade de enriquecimento do plantio com espécies tardias que, embora menos tolerantes à

competição por invasoras, podem se desenvolver à sombra (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2008; MELI *et al.*, 2017). O sucesso da implantação da semeadura direta como técnica para restauração de áreas degradadas está ligado a diversos fatores no qual incluem-se a emergência e sobrevivência das espécies (BONILLA-MOHENO; HOLL, 2010). A velocidade de emergência das espécies semeadas, pode favorecer o sucesso da germinabilidade visto que reduz a predação das sementes (WOODS; ELLIOTT, 2004).

Tanto na fase de emergência das sementes quanto na de desenvolvimento das plântulas (< 0,20 m de altura), o controle da matocompetição é fator de grande importância para o sucesso no estabelecimento das espécies (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2008; KLIPPEL *et al.*, 2015). Isto porque, o controle destas gramíneas favorece o processo de emergência das espécies alvo e facilita a regeneração (REZENDE; VIEIRA, 2019). Deste modo, as atividades de limpeza da área devem ser iniciadas antes do plantio para que a camada morta possa ter tempo de se decompor e favorecer as atividades de plantio.

No plantio direto com sementes, as condições do solo e a profundidade de semeadura podem interferir na eficiência do método. Segundo Aguirre *et al.* (2015), a cobertura das sementes propiciou maior emergência e sementes enterradas com e sem *mulch* mostraram significativa melhora na taxa de emergência e estabelecimento de plântulas, enquanto as sementes sem cobertura no solo não apresentaram resultado satisfatório (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2006) salientando que, a profundidade inadequada pode ser problema para as sementes pequenas (MELI *et al.*, 2017).

2.3 TAMANHO DAS SEMENTES

O tamanho das sementes pode ser tratado de várias formas para relacioná-lo dentro da espécie pois a massa específica difere uma das outras, bem como a sua forma que faz com que sementes arredondadas ou achatadas tenham condições distintas de uso na semeadura direta. A partir do peso de mil sementes pode-se estimar a quantidade de sementes por quilograma e assim dividir as espécies em classes de tamanho e formato.

Os diferentes tamanhos de sementes podem ter desempenhos distintos nos plantios e as sementes pequenas têm papel importante na restauração de áreas degradadas por semeadura direta e tendem a apresentar desempenho aceitável na emergência e estabelecimento das plantas (AGUIRRE *et al.*, 2015). Espécies que produzem sementes pequenas, tais como *Solanum lycocarpum* Saint Hilaire e *Croton floribundus* Spreng são

importantes para promover a rápida cobertura do solo, atrair a fauna e com isso, podem ser utilizadas em larga escala.

O tamanho e massa específica das sementes é um importante fator a ser considerado na semeadura direta, pois sementes maiores, além de ter maior estrutura de reserva, também tem menor taxa de predação (SANTOS *et al.*, 2012) e vantagem na emergência e desenvolvimento das mudas (TRIPATHI; KHAN, 1990), sendo associadas a espécies tolerantes à sombra que possuem melhor desempenho em campo (HOOPER; CONDIT; LEGENDRE, 2002). Sementes grandes e com maior massa específica, possuem maior desempenho na emergência das espécies, com bom estabelecimento das plantas em campo (FERREIRA *et al.*, 2009), resultando em maior competitividade com invasoras (PEREIRA, 2012). Várias pesquisas mostram que espécies com sementes maiores tendem a apresentar maior densidade de mudas estabelecidas do que as pequenas (FLORENTINE *et al.*, 2013; DOUST; ERSKINE; LAMB, 2006; HOSSAIN; ELLIOTT; CHAIRUANGSRI, 2014). Além disso, sementes maiores estão associadas às espécies de classes de sucessão tardias as quais apresentam melhor desempenho na semeadura direta (TUNJAI; ELLIOTT, 2012), enquanto sementes menores tendem a ter maiores taxas de predação (SANTOS *et al.*, 2012). Em geral, sementes grandes da família Fabaceae apresentam maior emergência em campo, porém, em relação ao desenvolvimento inicial em altura das mudas, as sementes menores apresentam melhores resultados (PEREIRA, 2012).

O tamanho das sementes dentro da espécie também é fator a ser considerado, sendo recomendado, para o caso da espécie *Hymenaea courbaril* (Jatobá), utilizar as sementes grandes ou médias dentro da espécie, para melhor resultado na produção de mudas (PAGLIARINI *et al.*, 2014). Porém estudo realizado por Alves *et al.* (2005) concluiu que o tamanho das sementes não afetou a germinabilidade e sim somente o tamanho das mudas.

Para a etapa de semeadura, o tamanho das sementes também deve ser levado em consideração pois a utilização de maquinários para o lançamento das sementes no solo pode ser um impedimento ou não criar uma uniformidade da mistura necessitando portanto de ajuste operacional em etapas de semeadura (CAMPOS-FILHO *et al.*, 2013).

2.4 ADUBAÇÃO VERDE

Dentre os métodos de semeadura direta utilizados na restauração florestal, a mistura de sementes de adubo verde e espécies florestais de diferentes classes de sucessão e hábito é conhecida como “muvuca de sementes” (CAMPOS-FILHO *et al.*, 2013). O uso de espécies

de diferentes ciclos de vida, como as agrícolas de curto ciclo de vida proporcionam melhor estrutura ao solo possibilitando um microclima úmido para a emergência das espécies florestais (ISA, 2020).

Como premissa para a mistura de sementes para restauração por meio da técnica de “muvuca”, está ter riqueza de espécies e considerar a utilização de espécies pioneiras e não pioneiras bem como espécies de adubação verde. Dentre essas destacam-se *Cajanus cajan* (L.) Huth (Feijão guandu), *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (Feijão de porco) e *Crotalaria juncea* (Crotalária) (PIETRO-SOUZA; SILVA, 2014) e que têm o papel de inibidoras do retorno das espécies de gramíneas invasoras (RAUPP *et al.*, 2020). Estudo feito por Souza-Filho (2002) mostra efeito inibidor alelopático do feijão de porco na germinação de espécies invasoras de cultura, porém somente em alto grau de concentração do extrato.

O feijão guandu foi testado e avaliado como eficaz contribuindo para diminuir a mortalidade e aumentando tanto a área basal quanto à altura das espécies florestais, sua utilização também pode ser considerada caso o projeto objetive vender suas sementes ou mesmo utilizá-la alimentação humana e animal (BELTRAME; RODRIGUES, 2007). As plantas de adubação verde podem contribuir com o estabelecimento das plantas nativas no local pois a taxa de herbivoria nestas espécies é maior quando semeadas juntamente e na mesma linha das nativas (GUERIN *et al.*, 2012; REIS *et al.*, 2019).

2.5 DORMÊNCIA DE SEMENTES

A capacidade que as sementes possuem de ficar longos períodos no solo sem germinar é uma vantagem para sua perpetuação devido a capacidade de germinar em diferentes períodos e condições do local (PIÑA-RODRIGUES; MARTINS, 2012). A quebra de dormência das espécies com dormência física pode ser acelerada e uniformizada para melhor aproveitamento das condições do solo (GUERIN *et al.*, 2012).

A quebra de dormência é indicada para aceleração do processo de incremento da cobertura do solo (SANTOS *et al.*, 2012). Em estudos de campo realizados por Sampaio *et al.* (2019) foi recomendada para as espécies *Annona crassiflora* Mart. e *Guazuma ulmifolia* Lam. devido a não apresentarem sucesso comparadas à outras espécies. Da mesma forma, a superação da dormência de seis espécies arbóreas da família Fabaceae promoveu uniformidade na emergência e sucesso no estabelecimento das plântulas (PEREIRA, 2012).

Nas espécies dormentes e de rápida cobertura, a dormência pode ser quebrada para acelerar e uniformizar sua emergência, enquanto para outras a emergência ao longo do tempo

na área do plantio é favorável ao processo (CAMPOS- FILHO *et al.*, 2013). A prática da quebra de dormência depende de maiores estudos de sua eficácia na semeadura em campo. Em estudo realizado por Oliveira *et al.* (2019) em que não utilizaram a prática de quebra de dormência, foram obtidos bons resultados de média de emergência (8,9%) para 36 espécies em área de Cerrado.

2.6 REDE DE SEMENTES

A baixa taxa de emergência de espécies e, conseqüentemente, a grande quantidade de sementes necessárias para proporcionar um número ideal de plantas estabelecidas na área requer uma fonte de sementes que possa colher e distribuir os propágulos com eficiência e menor custo (WALBOONYA; ELLIOTT, 2020). As redes de sementes atuam no fornecimento de material reprodutivo tanto para produção de mudas quanto para a utilização na semeadura direta além de propiciar o desenvolvimento econômico das comunidades envolvidas, promovendo melhorias na qualidade de vida e renda a partir da atividade de colheita com a venda desse material para restauradores (URZEDO *et al.* 2020).

As sementes colhidas pelas comunidades locais favorecem a obtenção de material em diferentes procedências, propiciando a adaptabilidade da espécie às condições ideais de desenvolvimento (SCHMIDT *et al.*, 2019). Por isso, uma política pública que gere mecanismos que propiciem o gerenciamento da produção de sementes em escala territorial dando apoio comercial, técnico e científico para os produtores pode ser a saída para o desenvolvimento do setor visto que a capacidade produtiva encontra dificuldades em se manter e se comprometer com os avanços científicos e ecológicos na prática da obtenção e preparo das sementes (OLDFIELD; OLWELL, 2015).

No caso das práticas realizadas pela Rede de Sementes do Xingu estas inserem-se nos critérios propostos por Holl (2017). Segundo a autora, a restauração é um processo de tomadas de decisão que devem vir de baixo para cima, partindo dos envolvidos e atores diretos como as comunidades atingindo gestores e executores. O empoderamento das mulheres nas práticas de colheita e a venda das sementes também é um exemplo dos benefícios adquiridos além da melhora na renda familiar trazendo, com isso, melhores condições de saúde, moradia e alimentação (URZEDO *et al.*, 2015).

Os dados de produção de sementes evidenciam a necessidade de se promover o seu maior aproveitamento, tanto na produção de mudas, quanto na semeadura direta.

A quantidade de sementes utilizadas em semeadura direta tem sido alta, com média de 300.000 sementes.ha⁻¹ (CAMPOS-FILHO *et al.*, 2013; FREITAS *et al.*, 2019). Estimativas realizadas mostram que, para atender as demandas de restauração firmadas nos acordos internacionais assinados pelo Brasil, seria necessária a produção de 881 a 4.443 toneladas anuais de sementes (FREIRE; URZEDO; PINA-RODRIGUES, 2017), podendo chegar até 15,6 toneladas.ano⁻¹ (URZEDO *et al.*, 2020). Porém a capacidade de produção está abaixo de 500 toneladas.ano⁻¹ (URZEDO *et al.*, 2019). Para atender as demandas e acordos do Brasil, é necessário que políticas públicas sejam direcionadas à produção de sementes para a restauração.

2.7 POLÍTICA E LEGISLAÇÃO NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A legislação é um importante instrumento para guiar as atividades ambientais, porém muitas vezes a ciência e a política se contradizem fazendo com que parâmetros ecológicos não sejam contemplados nos projetos de restauração (DURIGAN *et al.*, 2010). Acordos internacionais para a agenda 2030, necessitam de governança ambiental para o avanço em estratégias para cumprir metas e controlar atividades do aquecimento global e desmatamentos (SEIXAS *et al.*, 2020). Por sua vez, as normas de produção de sementes nativas deveriam se restringir aos parâmetros de controle de produção, pois a exigência de controle técnico da qualidade pode ser um entrave nos custos e, conseqüentemente, na viabilidade da colheita e beneficiamento (URZEDO *et al.*, 2020).

2.7.1 Acordos internacionais e o total de áreas a serem restauradas

Entre os anos de 2011 e 2014, em duas reuniões entre governos e organizações não governamentais, o chamado desafio de Bonn se propôs a restaurar 150 milhões de hectares (ha) até o ano de 2020 e 350 milhões de hectare até o ano de 2030 (DAVE *et al.*, 2019). Para o acompanhamento das metas foi desenvolvido um site de acompanhamento com uma ferramenta denominada de Barômetro. O site “O Barômetro” tem a função de sistematizar as informações e publicar os resultados de acompanhamento do progresso em relação as áreas restauradas e ao impacto social e econômico gerado (BONNCHALLENGE, 2020). Segundo as informações presentes, mostra que o compromisso dos países para 2020 foi de mais de 170 milhões de há, porém ainda não foi fechado o relatório para demonstrar a totalidade dos compromissos executados (LANDSCAPE NEWS, 2020).

Para atender os compromissos ambientais assumidos pelo Brasil, será necessário restaurar 12 milhões de hectares nos próximos 20 anos, meta que foi firmada no Decreto nº 8.972 de 23 de janeiro de 2017 que instituiu a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (BRASIL, 2017_a) auxiliada pela iniciativa 20 x 20 para restaurar até 20 milhões de ha na América Latina e Caribe até 2020 (INITIATIVE 20 x 20, 2010).

2.7.2 Legislações federais

2.7.2.1 Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012):

Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

Revogando o Código Florestal em vigor desde 1965, a Lei Florestal chamada também de “Novo Código Florestal” é importante na área de restauração pois estabelece os locais que devem ser restaurados para o retorno da cobertura com florestas. As chamadas Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) são os principais destaques para estabelecer a quantidade de áreas e a localização para ser implantados os projetos. Além disso, a implantação do Cadastro Ambiental Rural (CAR), tem o intuito de registrar todas as propriedades rurais e plotar suas divisas em mapa alocando onde há necessidade de plantios de restauração e, com isso, se cadastrar no chamado Programa de Regularização Ambiental (PRA) com prazo pré-determinado para início e término da recomposição.

2.7.2.2 Lei Nº 10.711, de 5 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003) e Decreto nº 5.153 de 23 de julho de 2004:

Dispõem sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e Regulamenta a Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, e dá outras providências.

Na busca de organização do setor de sementes, a Lei de Sementes nº 10.711/2003 (BRASIL, 2003) continha o artigo 47 que viabilizou a necessidade de regulamentação de um sistema de produção de sementes para as espécies florestais, conforme ressaltado:

Fica o Mapa autorizado a estabelecer mecanismos específicos e, no que couber, exceções ao disposto nesta Lei, para regulamentação da produção e do comércio de sementes de espécies florestais, nativas ou exóticas, ou de interesse medicinal ou ambiental, bem como para as demais espécies referidas no parágrafo único do art. 24.

A partir desta autorização, o Decreto nº 5153/04 (BRASIL, 2004), em seu Capítulo XII, trouxe parâmetros técnicos de qualidade e organização para a produção do setor florestal, evidenciando práticas de controle e origem dos lotes para resgate de informações e responsabilidades. O Registro Nacional de Sementes e Mudanças- RENSEM torna-se obrigatório para vários atores do setor de sementes e mudas florestais, dentre eles o Responsável Técnico (RT) e o produtor e deu suporte ao cumprimento das regras e avanços na tecnologia de sementes e melhoria genética das espécies.

O problema é que a legislação não conseguiu amparar as questões específicas das sementes florestais. A obrigatoriedade do Registro Nacional de Cultivares-RNC, prevista na Lei nº 10711/03 e exigida também para as espécies florestais no Decreto nº 5.153/04, não se adapta às especificidades do setor, onde a necessidade de registrar cada uma das espécies da enorme diversidade das formações florestais representa um elevado custo para os produtores na inserção de cada uma delas no RNC.

Além desta exigência, a legislação impôs ao setor a mesma necessidade de controle de qualidade exigida para agricultura, onde a maioria das espécies já são melhoradas, domesticadas e o sistema de produção foi consolidado há mais de 50 anos. Estas exigências são apontadas em documento elaborado em 2014 pelo Ministério do Meio Ambiente (FREIRE; URZEDO; PINA-RODRIGUES, 2017) endereçado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo consideradas como potencialmente preocupantes para a expansão da atividade de restauração pois afetam o processo comercial e de produção de propágulos, gerando uma situação de ilegalidade no processo produtivo e invisibilidade de seus atores (SCHMIDT *et al.*, 2019; URZEDO *et al.*, 2020).

2.7.2.3 Decreto Nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017 (BRASIL, 2017_a):

Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PROVEG).

Partindo do princípio do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (BRASIL, 2017_a) que foi produzido no ano de 2013 por várias organizações e integrantes técnicos (PLANAVEG, 2017), em 2017 foi publicado em formato de Decreto a Política

Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa, estando de acordo para o cumprimento das metas estipuladas no acordo internacional do *Bonn Challenge* de 2014.

Para atuar nesta política foi criada a Comissão Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (CONAVEG) para agir tanto no planejamento de políticas públicas quanto no desenvolvimento de técnicas com menores custos e criar planos de monitoramento para os plantios com objetivos concretos de cumprimento do objetivo da restauração. O CONAVEG contava com membros representantes de estados e municípios, sociedade civil organizada, academia e governo e esta comissão foi extinta em 2019 por meio do Decreto nº 9.759/2019 (BRASIL, 2019).

2.7.2.4 Instrução Normativa nº 17, de 26 de abril de 2017 (BRASIL, 2017_b) e Instrução Normativa nº 19, de 16 de maio de 2017 (BRASIL, 2017_b):

Regulamentam a Produção, a Comercialização e a Utilização de Sementes e Mudanças de Espécies Florestais ou de Interesse Ambiental ou Medicinal, Nativas e Exóticas, visando garantir sua procedência, identidade e qualidade.

Diante do artigo 47 da Lei de Sementes e após o Decreto 5.153/04 (BRASIL, 2004), após 14 anos foram publicadas as normativas específicas voltadas à produção de sementes e mudas florestais e de interesse ambiental. O aparato legal veio em um momento em que os acordos internacionais demandavam uma quantidade grande de sementes e por este motivo a organização do setor se fazia necessária para estabelecer um mercado de sementes com capacidade técnica e garantia de qualidade física e genética das espécies.

O fortalecimento da figura do coletor de sementes, principal ator no processo de produção de sementes arbóreas para a restauração, pode ser considerado um avanço no arcabouço legal, pois reforçou o seu reconhecimento para o setor e fez com que muitos informais e trabalhadores irregulares se formalizassem junto à viveiristas e restauradores. Não obstante, a questão do monitoramento da qualidade germinativa das sementes ainda é um grande problema a ser superado tendo em vista a exigência de que sua realização seja feita por laboratórios credenciados junto ao MAPA (URZEDO *et al.*, 2020). O credenciamento de um laboratório baseia-se em normas técnicas e procedimentos que têm custo elevado de construção (FREIRE; URZEDO; PINA-RODRIGUES, 2017; SCHMIDT *et al.*, 2019).

Problemas burocráticos ainda devem ser resolvidos, pois tratam-se de conhecimentos técnicos como o de marcação de matrizes, seleção de espécies, calendário

fenológico e emissão de notas fiscais, porém o setor estuda a melhor forma de cumprir estes requisitos e espera-se dos órgãos competentes pela legislação e pela fiscalização no MAPA que compreendam as diferenças entre produção de espécies de monocultura e espécies para restauração.

2.7.3 Resoluções Estaduais

2.7.3.1 Resolução SMA N° 32, de 03 de abril de 2014 (SÃO PAULO, 2014):

Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas no Estado de São Paulo.

Tendo em vista estudos que buscavam avaliar os resultados das restaurações em São Paulo e, após vários encontros técnicos sobre o tema, o estado torna-se novamente pioneiro em propor mecanismos legais de restauração florestal no país por meio da publicação da SMA n° 32/14 (SÃO PAULO, 2014). Esta resolução estabelece que a restauração deve priorizar resultados alcançados, diferente de teorias passadas que se preocupavam mais com a metodologia de implantação e não tinha tempo hábil para se avaliar a longo prazo a situação ecológica da área.

Com a metodologia escolhida, a implantação do modelo é de responsabilidade do técnico que decide como implantar. Além disso, dentro das metas estabelecidas, o estado estabeleceu o Sistema Informatizado de Apoio à Restauração Ecológica (SICAR) para auxiliar tanto o corpo técnico do projeto em controlar e sistematizar as informações de trabalhos realizados na área quanto o órgão ambiental.

Esta estratégia permite que a sociedade civil possa consultar o andamento das atividades realizadas. que pode durar até 20 anos, para o cumprimento dos índices ideais de cobertura do solo com plantas nativas e quantidade de espécies e indivíduos regenerantes nativos. O monitoramento é programado para os anos 3, 5, 10, 15 e 20 anos e os parâmetros necessários para o cumprimento constam no anexo 1 da resolução para cada tipo de bioma.

2.7.3.2 Portaria CBRN 01/2015 (SÃO PAULO, 2015):

Estabelece o Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica.

Para dar andamento no objetivo principal da Resolução SMA Nº 32/14 que busca a eficiência ecológica do trabalho realizado, o protocolo de monitoramento surgiu para embasar os técnicos em como proceder para acompanhar a área, bem como tomar decisões para corrigir situações que este julgue tecnicamente pertinente para o bom andamento do plantio.

O protocolo se baseia em três condicionantes para o sucesso da restauração que seriam a cobertura do solo com vegetação nativa, a densidade de indivíduos nativos regenerantes e o número de espécies de indivíduos regenerantes tendo como base avaliações de parâmetros pré-estabelecidos nos anos em cumprimento ao anexo 1 da Resolução SMA nº 32/14.

2.8 CUSTOS

O custo da restauração é fator chave para se falar em aumento de escala, visto que a parte econômica pode se tornar impeditivo para a realização do projeto bem como a falta de conhecimento sobre as práticas de controle e manejo do plantio pode não favorecer o sucesso do retorno dos processos ecológicos desejados (BENINI; ADEOLATO, 2017). Trabalhar com os custos da restauração por meio de incentivos como o pagamento por serviços ambientais (PSA), pode ser uma saída para aumentar e manter as áreas restauradas, porém dificuldades como a administração desses recursos ainda são um desafio a ser enfrentado (ROHR *et al.*, 2018).

A semeadura direta é uma alternativa de menor custo (RAUPP *et al.*, 2020), porém considerada de maior risco de sucesso e a seleção de espécies e sementes com boa qualidade pode influenciar nos resultados desejados (ENGEL; PARROTA, 2001) devendo, portanto, ser recomendada em consórcio com plantios de mudas (SOUZA; ENGEL, 2018). Os custos efetivos da semeadura direta são pouco citados nos trabalhos (PALMA; LAURANCE, 2015) e quando analisados o desempenho em relação ao custo das plântulas emergidas em relação ao preço por muda possui vantagem (RAUPP *et al.*, 2020). Esta posição não é unânime entre os autores, uma vez que alguns deles consideram que custos *versus* benefícios da semeadura direta não são compatíveis (ROHR *et al.*, 2018). Os custos de restauração por semeadura

direta podem chegar a custar apenas 36% do custo total do plantio de mudas (PÉREZ *et al.*, 2019) e, de acordo com a seleção correta das espécies, a relação entre a quantidade de plantas estabelecidas por sementes desonera os custos dos praticados com a utilização de mudas (MELI *et al.*, 2017).

2.9 APTIDÃO DE ESPÉCIES

A escolha de espécies pode diminuir custos da restauração (FLORENTINE *et al.*, 2013), uma vez que utilizar espécies com alta mortalidade ou baixo desempenho em condições climáticas adversas ou mesmo susceptível a herbivoria ou doenças pode significar reduzir o desempenho do plantio (PILON; DURIGAN, 2013). Ainda assim, a escolha das espécies pode estar sendo baseada na disponibilidade destas no mercado (PALMA; LAURANCE, 2015). A seleção das espécies na sementeira direta é uma difícil tarefa, visto que depende de muitos fatores ainda não conhecidos bem como a sincronização das atividades de colheita, beneficiamento e armazenamento com a época e o tipo de sementeira (GUERIN *et al.*, 2012) e constitui uma etapa que requer maior atenção do que o próprio planejamento do projeto (WALBOONYA; ELLIOTT, 2020).

Devido aos altos custos e baixa adaptação de alguma espécie, é necessário que as espécies selecionadas tenham condições de estabelecimento ou estejam adaptadas ao sistema e local de implantação. Portanto, devem ser estudadas mais espécies para atingir maior riqueza e densidade (SOUZA; ENGEL, 2018), o que poderia ser indicador que devemos levar os conhecimentos científicos na prática da colheita e manejo das sementes para ter uma melhora de rendimento das sementes disponíveis (MERRITT; DIXON, 2011).

A prática do preparo de solo deve ser levada em conta visando favorecer as condições físicas do solo para o favorecimento da germinação e a seleção das espécies pode interferir na efetividade da sementeira (GUERIN *et al.*, 2012). Isto colabora para superar os filtros que vão desde a colheita de sementes até a época hidrológica correta da sementeira, bem como o ambiente de desenvolvimento das espécies (RODRIGUES, 2018).

A qualidade fisiológica das sementes é importante na aquisição das espécies, portanto, além dos testes de germinação padrão em laboratório, deve-se buscar outras análises rápidas e com bons resultados na avaliação do potencial de seu potencial germinativo. Dentre as técnicas podemos citar a avaliação da condutividade elétrica (GUOLLO *et al.*, 2017), imagens por meio de raio X (NORONHA; MEDEIROS; PEREIRA, 2018), teste de tetrazólio (SANTOS; ATAÍDE; PIRES, 2019), dentre outros.

O sucesso de estabelecimento depende de características intrínsecas às sementes de cada espécie tais como o seu tamanho, capacidade germinativa, crescimento das plântulas e sua sobrevivência. Ao mesmo tempo, depende de fatores abióticos como a profundidade de semeadura e condições de luz determinantes para a taxa de estabelecimento das espécies (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2006). Portanto, a seleção das espécies é crítica para o sucesso da restauração e as características das sementes devem ser consideradas no momento da implantação do projeto de restauração (TUNJAI; ELLIOTT, 2012).

A seleção de espécies para semeadura direta torna-se necessária para que a técnica possa ser eficiente nas restaurações de áreas degradadas, em especial aquelas ocupadas por espécies invasoras (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2008). Isto porque, poucas espécies apresentam sucesso de estabelecimento nestas condições (HOSSAIN; ELLIOTT; CHAIRUANGSRI, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado a partir de dezembro de 2017 no município de Sorocaba, São Paulo, Brasil (23°35'07.77" S-47°31'05.90" O) em área de 1920 m², inserida em local com solo tipo Cambissolo (VILLELA, *et al.*, 2015) e paisagem circundada por remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual em estágio intermediário de sucessão (CORRÊA *et al.*, 2014) cercada por pastagens de *Urocloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster e regeneração da espécie *Baccharis dracunculifolia* DC (Figura 1). Na avaliação da situação atual da área foi confirmada a presença da espécie *U. decumbens* sendo considerada invasora em campos abertos e *B. dracunculifolia* como colonizadora e invasora que se propaga intensamente em áreas degradadas (GOMES; FERNANDES, 2002).

O clima, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo *Cwa* (Clima subtropical de inverno seco), com média de precipitação anual de 1355 mm, com meses mais secos de abril a setembro e temperatura média de 20,8°C (INMET, 2010). As temperaturas médias máximas dos anos de 2018 e 2019 foram 28,1°C e 29,0°C e as mínimas 16,7°C e 17,3°C, sendo os meses mais quentes de dezembro a março e os mais frios de maio a agosto com precipitação total foi de 947,4 mm em 2018 e 1233mm em 2019 (Figura 2).



Figura 1 Área de pastagem degradada com inserção de fragmentos de Floresta Estacional Decidual em estágio intermediário de sucessão com 1920 m² com presença das espécies *Urocloa decumbens* R.D. Webster e regeneração natural de *Baccharis dracunculifolia* DC.

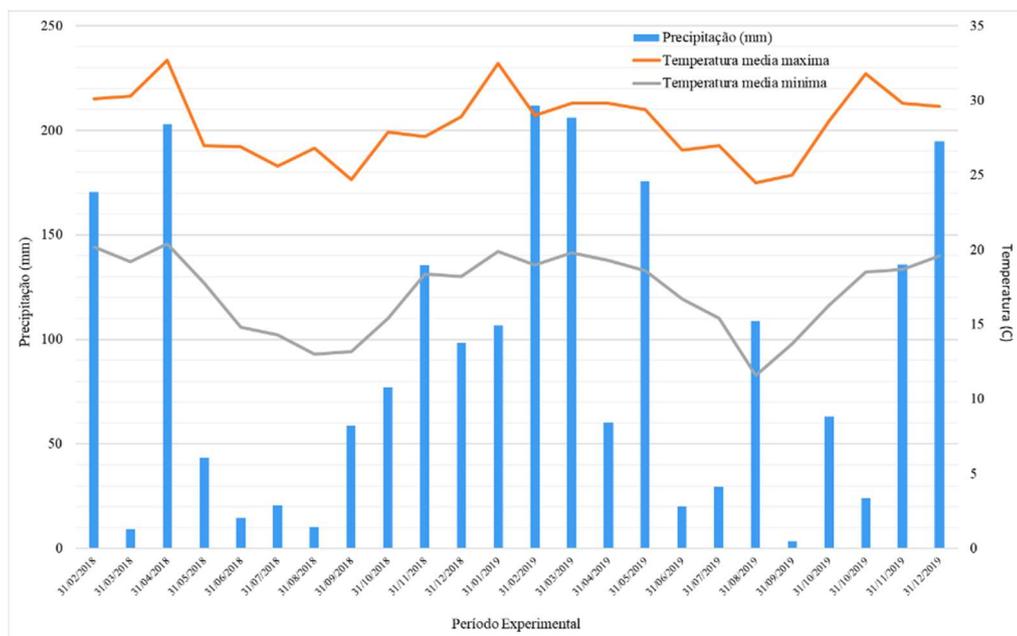


Figura 2: Alterações pluviométricas (mm) e de temperatura (°C) durante a fase experimental. Sorocaba/SP, 2020.

3.2 PREPARO DO SOLO E MANUTENÇÕES

O preparo do solo adotou protocolo elaborado a partir de pesquisas anteriores realizados pela equipe com a seguinte linha de tempo:

- **150 dias antes da semeadura-** Manejo inicial realizado com cinco meses de antecedência com a retirada de indivíduos de *B. dracunculifolia* utilizando-se motorroçadora com lâmina tipo faca deixando os tocos o mais rente possível do solo (Figura 3). Esta atividade foi necessária pelo fato dessa espécie ter tomado conta da área e ser uma espécie que se propaga em alto número e alto sombreamento do solo.



Figura 3 Retirada da espécie *Baccharis dracunculifolia* com utilização de motorroçadora em área de estudo de semeadura direta em setembro de 2017. Fonte: autor

- **45 dias antes da semeadura** – Controle químico com a utilização do herbicida ZAPP QI 620 na dosagem de 2,5L p.c.ha⁻¹ em mistura com o herbicida de pré emergência *Flumyzin* 500 SC na dosagem de 180g p.c.ha⁻¹ e óleo mineral Nimbus 428 g/L (42,80% m/v) a 0,5%. As pulverizações foram realizadas com o auxílio de equipamento costal com capacidade de 20L de calda (Figura 4).

A aplicação dos herbicidas para preparo da área para receber as sementes foi considerada uma atividade de importância e necessidade de grande cuidado pois conforme a espécie arbustiva era retirada da área o solo recebia luminosidade e favorecia a germinação do banco de sementes e a dispersão nas áreas ao redor de plantas daninhas como por exemplo a *U. decumbens*.



Figura 4 Aplicação de produto químico ZAPP QI 620 em área de estudo de semeadura direta no município de Sorocaba-SP em outubro de 2017. Fonte: Autor

- **10 dias antes da semeadura** – Para o controle de formigas cortadeiras o serviço foi realizado de duas maneiras sendo a primeira de controle sistemático e, de maneira pontual e frequente, sempre que se observava infestação mantendo-se o controle destes para evitar o fator de predação das sementes no campo (WOODS; ELLIOTT, 2004) e afetar o crescimento das plântulas. O controle foi realizado utilizando-se isca formicida a base de Fipronil na quantidade de $4\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de forma manual sistemática na área e $10\text{g}\cdot\text{m}^2$ em olheiros.
- **7 dias antes da semeadura** – Aplicação de ZAPP QI 620 na dosagem de $2,5\text{L p.c}\cdot\text{ha}^{-1}$ e 200 litros de calda visto que havia retorno de gramíneas na área.
- **1 dia antes da semeadura** – Para o preparo do solo foi adotado o sistema segundo as premissas do plantio direto de cultivo e manejo mínimo do solo, empregando-se apenas o subsolador florestal para abrir as linhas de plantio no solo, com profundidade de 50 cm. As linhas de plantio foram estabelecidas em sistema de renques formados pelo conjunto de três linhas espaçadas entre si em 1,5 m. Entre cada renque foi deixado à distância de 3 m, obtendo-se assim, 5.000 metros lineares de linhas de semeadura para cada hectare (Figura 5).

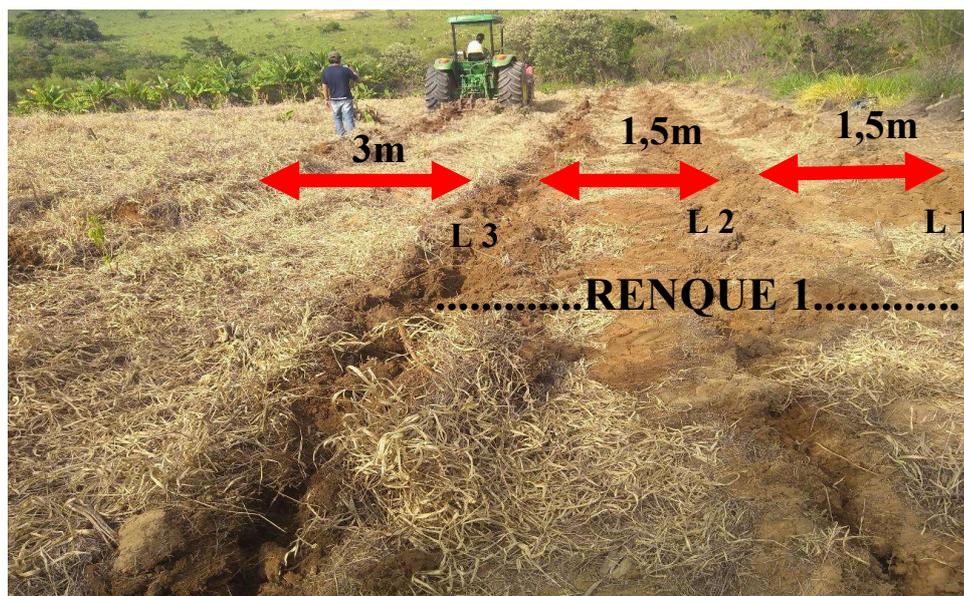


Figura 5 Preparação do plantio de semeadura direta, estabelecido em sistema de renque formado pelo conjunto de três linhas (L1, L2, L3), espaçadas entre si de 1,5 m e separado dos demais renques por 3 m. Subsolação realizada em dezembro de 2017 na profundidade de 50cm. Fonte: Autor

Como a área anteriormente já havia recebido calagem em anos anteriores, uma vez que se tratava de uma área experimental de plantios, os níveis de cálcio e magnésio e o pH médio de (4,8) (ANEXO 1), não foi realizada nova aplicação de calcário na área.

- **Dia da semeadura** – Após a adubação de cobertura com adubo N- P- K 8:28:36 na quantidade de $400\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ distribuído nas linhas de plantio foi realizada a semeadura de forma manual e distribuída cada espécie na quantidade estabelecida por metro linear na área total das linhas e sendo realizada a cobertura das sementes com solo em uma camada em torno de 2 a 3 cm (Figura 6). Para promover a cobertura do solo com adubo verde, juntamente com as sementes florestais foram acrescentadas duas sementes/ metro linear de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (Feijão de porco), com a possível função de reduzir a reinfestação por *U. decumbens* nos primeiros seis meses, e duas sementes por metro linear de *Cajanus cajan* (L.) Huth (Feijão guandu) para possível ajuda no controle da infestação por *U. decumbens* a partir dos 12 meses e propiciar condições de sombra para o desenvolvimento de outras espécies menos exigentes em luz. A cada duas entrelinhas dos renques de plantio, foram inseridas duas linhas de semeadura da adubação verde, semeando 4 sementes de feijão de porco e quatro sementes de guandu por metro linear. A função dessas sementes de adubação verde teve o objetivo de favorecer tanto a cobertura da área quanto a redução da taxa de herbivoria das plantas nativas (REIS *et al.*, 2019).



Figura 6 Semeadura direta realizada em dezembro de 2017 em área de 1,92 ha no município de Sorocaba- SP. Fonte: Autor

- **5 dias após sementeira-** Aplicado na área total o herbicida pré-emergente Flumyazin 500 SC (*Flumioxazina*, 500 g.kg) na dosagem de $180\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ com um volumem de calda de 200 litros. ha^{-1} .
- **30, 120 e 300 dias após a sementeira-** Aplicação em área total do herbicida pós-emergente Verdict (*Haloxifope-P-metílico* $124.7\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) na dosagem de $0,5\text{ litros}\cdot\text{ha}^{-1}$ com um volumem de calda de 200 litros. ha^{-1} sendo, este controle necessário para combater a reinfestação das gramíneas e aplicado em área total pois se trata de produto seletivo para as gramíneas. Nestes mesmos dias quando havia presença de braquiária em touceiras e em altura superior a 50 cm houve aplicação do produto ZAPP QI 620 na dosagem de $2,5\text{L p.c}\cdot\text{ha}^{-1}$, porém direcionada e somente quando estava fora da linha da sementeira.
- **180 e 690 dias após a sementeira-** Adubação de cobertura com adubo 20-0-20 na quantidade de $400\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

A reinfestação das gramíneas, plantas daninhas de folhas larga bem como o retorno da espécie *B. dracunculifolia* após 690 dias, não foi considerada como problema sendo, portanto, descartados procedimentos de controle destas espécies por todo o período do estudo. Ao longo do tempo e do monitoramento foram sendo realizados monitoramentos fotográficos dos estágios de desenvolvimento das plantas e situação da floresta (Figura 7)

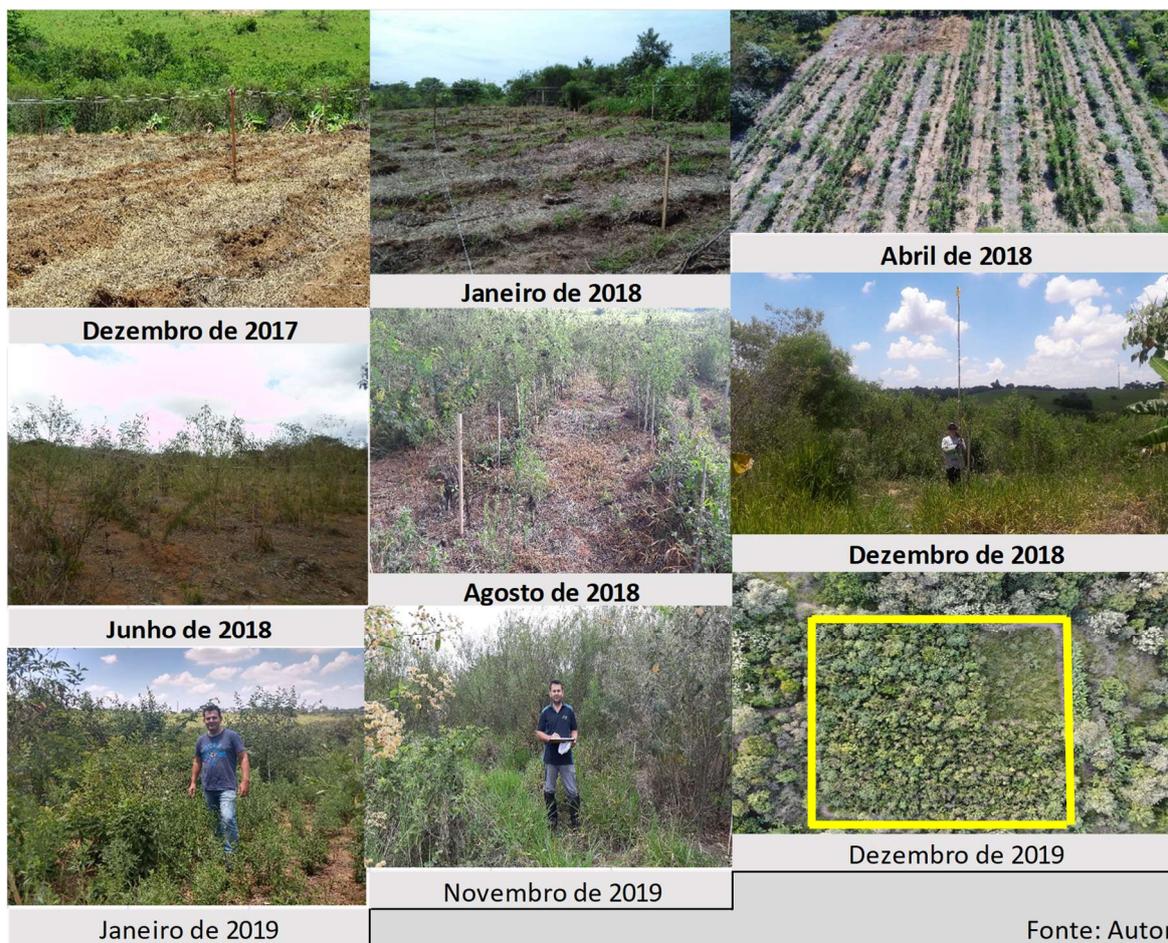


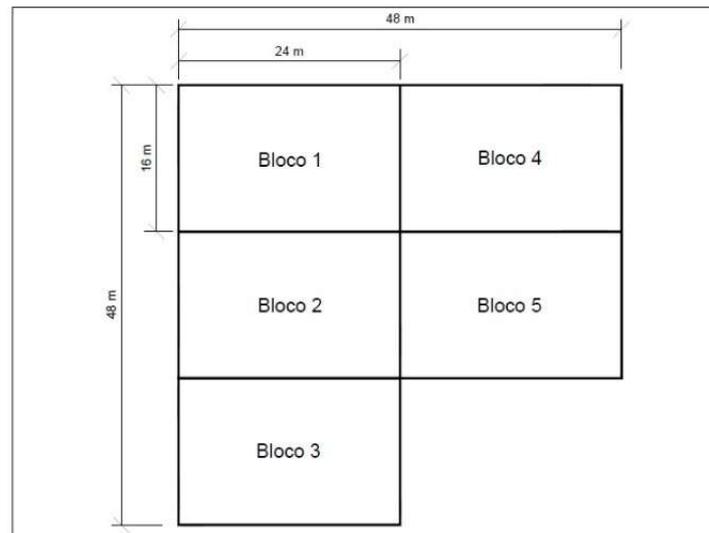
Figura 7 Linha do tempo da sementeira direta realizada em dezembro de 2017 e monitoramento até dezembro de 2019 no município de Sorocaba- SP. Em dezembro de 2019, foto com drone da área total de sementeira direta em destaque no quadro amarelo.

3.3 MONITORAMENTO E COLETA DE DADOS

A semeadura direta foi realizada no dia 8 de dezembro de 2017 após a marcação das divisões dos blocos. A área total (1.920 m²) foi dividida em cinco blocos de 24 x 16 m (384 m²) e foram demarcadas sistematicamente 32 parcelas de 3 x 1 m para cada bloco logo após a semeadura para que não houvesse erro ou tendência na distribuição dos indivíduos emergidos, totalizando 160 parcelas amostradas (480 metros lineares) (Figura 8, destaque janeiro e agosto de 2018 e Figura 8 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Para o monitoramento, durante os 720 dias de acompanhamento foram coletados os dados em intervalos variáveis perfazendo 15 amostragens. Durante os monitoramentos, cada indivíduo foi numerado, plaqueteado, identificado e coletados os dados de altura (H, cm), diâmetro a altura do colo (DAC, mm). A contagem dos indivíduos emergentes e de sobreviventes foi anotada ao longo de 720 dias.

A



B

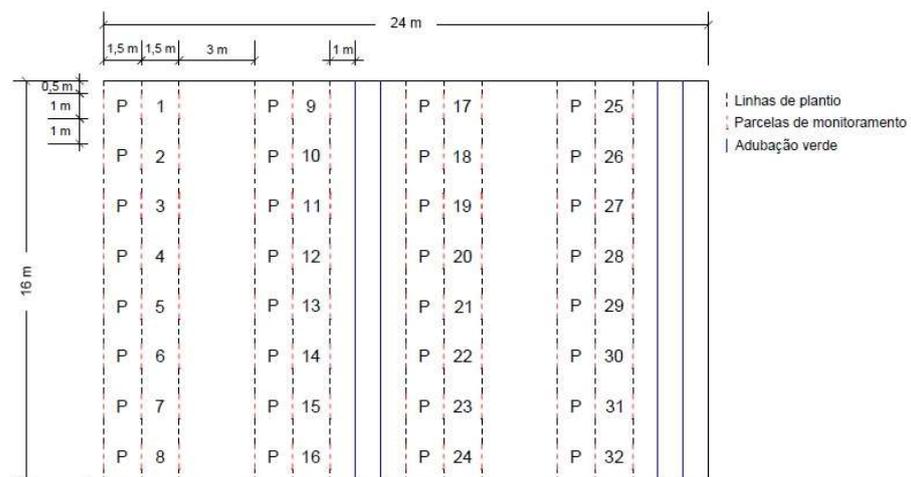


Figura 8 (A) Esquema da divisão da área em cinco blocos de 384m² cada totalizando 1920m² de área de experimento no município de Sorocaba-SP. (B) Esquema das parcelas de monitoramento dividido em subparcelas de 3 x 1m nas linhas de plantio de semeadura direta realizada no município de Sorocaba- SP em dezembro de 2017.

3.4 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

Os critérios iniciais para seleção das espécies buscaram incluir espécies pioneiras e não pioneiras, visando formar estratos com espécies de rápido crescimento, tolerantes à luz (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2008) associadas ao grupo sucessional das tardias que juntas podem favorecer o processo natural de sucessão ecológica (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009). Esta estratégia propicia a formação de microclimas favoráveis para

a entrada e estabelecimento de novas espécies não plantadas ou semeadas (REZENDE; VIEIRA, 2019). Para isto, as espécies foram classificadas como não-pioneiras e pioneiras de acordo com Barbosa *et al.* (2015).

Com base em levantamento bibliográfico (CECCON; GONZÁLEZ; MARTORELL, 2016); CAMPOS-FILHO *et al.*, 2013; AGUIRRE *et al.*; 2015), bem como ensaios anteriores de campo e experiência em desenvolvimento de espécies em plantios por mudas (GALETTI *et al.* 2018), nesta etapa buscou-se verificar quais espécies tinham maior frequência de citação nos estudos e com base nos resultados das experiências de campo e a partir desta lista foi realizada a seleção das espécies a serem utilizadas.

Como critérios de seleção das espécies utilizou-se: (a) nativas do Brasil, (b) aquelas com bons resultados nas referências bibliográficas, (c) espécies consideradas chaves em relação aos estudos prévios de plantio de mudas (SANTOS, 2016) e (d) espécies com potencial de uso em semeadura direta, baseado nos estudos de Rede de Áreas de Semeadura Direta¹. A seguir foi verificada a disponibilidade das espécies no mercado comercial e realizada a sua aquisição.

A seleção buscou analisar os atributos das espécies no sistema tais como atração de fauna em curto prazo (pioneiras zoocóricas), adubadoras (leguminosas fixadoras de N₂ e apresentando interações com microrganismos) e aporte de biomassa (senescentes). Com base no número de sementes.kg⁻¹ foram separadas em classes de tamanho (Tabela 1) visando obter-se cerca de 80% de sementes pequenas (P) e muito pequenas (PP) e 20% entre médias (M) e grandes (G) para o plantio em campo. Após selecionadas as espécies, com o objetivo de atingir-se a proporção de espécies e a densidade de 250.000 sementes.ha⁻¹, foi estabelecida a utilização na semeadura de 8.652 sementes.ha⁻¹ para cada espécie com sementes de menor tamanho (P e PP) e 3400 sementes.ha⁻¹ para cada espécie com sementes maiores (M e G), efetuando-se posteriormente os cálculos por espécie baseados no número de sementes por quilo visando definir a quantidade em número e massa (g) a ser empregada na área e para ser distribuída por metro linear em campo (5.000 metros lineares.ha⁻¹) para atingir a proporção e a densidade desejada.

A semeadura foi realizada manualmente para se obter maior controle do local onde foram dispostas as sementes. Em laboratório, foram previamente separadas em embalagens que continham a informação de quantas sementes deveriam ser lançadas em cada metro linear nas linhas de plantio no modelo de renque, distribuindo-se as sementes pequenas e muito

pequenas nas linhas mais externas e as médias e as grandes na linha central. Antes da semeadura, as sementes dormentes foram tratadas de acordo com recomendações e pesquisas pré-existentes (MORI; PIÑA-RODRIGUES; FREITAS, 2012; BRASIL, 2013) (ANEXO 2).

Entre as espécies selecionadas, apenas duas delas, *Psidium myrtoides* O.Berg^(a) (pequena) e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos^(b) (média) foram empregadas na semeadura em densidade distinta das demais de suas classes de tamanho (Tabela 2).

Tabela 1 - Classificação das sementes de acordo com seu número/kg em classes de tamanho das espécies e quantidades e proporções de sementes empregadas na semeadura direta, na região de Sorocaba-SP. (a) semente pequena na quantidade de média; (b) semente média na quantidade de pequena

Classe de tamanho das sementes	Número de Sementes.Kg ⁻¹
Muito pequena	>100.000
Pequena	10.000 < x ≤ 100.000
Média	1.000 < x ≤ 10.000
Grande	≤ 1.000

Tabela 2 - Classificação das sementes de acordo com seu número.kg-1 em classes de tamanho das espécies e quantidades e proporções de sementes empregadas na semeadura direta, na região de Sorocaba-SP. (a) cálculo baseado na quantidade de sementes de tamanho médio; (b) cálculo baseado na quantidade de sementes de tamanho pequeno.

Classe de tamanho	Número de Sementes/Kg	Nº de sementes/ espécie/ha	Nº de espécies	Nº e total de sementes/ha	% de sementes	% total de sementes	% por classes de tamanho
Muito pequena	>100.000	8652	5	43.260	17,3	17,3	77,5
Pequena	10.000 < x ≤ 100.000	8652	17	14.7084	58,8	60,2	
		3400 ^(a)	1	3.400	1,4		
Média	1.000 < x ≤ 10.000	8652 ^(b)	1	8.652	3,5	17,1	22,5
		3400	10	34.000	13,6		
Grande	≤ 1.000	3400	4	13.600	5,4	5,4	
Total			38	250.000			

3.5 COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

A composição e a diversidade da comunidade de plantas emergentes na semeadura direta foi determinada para as unidades amostrais, obtendo-se os dados de riqueza de espécies (S), abundância (número de plantas), densidade (número de plantas.ha⁻¹) e calculando-se os índices de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J) obtidos de acordo com Magurran (2011). Para verificar se houve efeito filogenético da similaridade taxonômica em relação à emergência e sobrevivência para as famílias e as espécies testadas, foram empregados os índices de distinção taxonômica conforme descritos por Goresteim (2009).

3.6 CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES EM RELAÇÃO AO DESEMPENHO NA SEMEADURA DIRETA

As espécies foram classificadas de acordo com seus atributos de crescimento e de sucesso no estabelecimento em campo. Este sistema de classes foi empregado com o objetivo de contribuir para o adequado manejo e recomendações de uso das espécies em relação à semeadura direta. Para a classificação das espécies, a coleta de dados foi realizada nas 160 unidades amostrais (UA). O cálculo da densidade de plantas foi realizado considerando-se que o modelo de renque adotado apresentava 5.000 metros lineares por hectare, dos quais foram amostrados 480 metros lineares, efetuando-se as devidas conversões de metro linear para hectares.

Todas as plantas nas unidades amostrais foram numeradas e identificadas, anotando-se os dados de altura- H (cm) e diâmetro a altura do colo - DAC (mm) mensurado à ± 1 cm do solo, calculando-se os dados de médias e desvios padrões por UA e por espécie em cada período de amostragem. Em cada época anotou-se o número de plântulas presentes na amostra para fins de cálculo da germinabilidade (Gd), sobrevivência (S%) (

e Equação 2), taxa de sobrevivência aos 720 dias (Taxa S₇₂₀) (Equação 3), sucesso de estabelecimento das espécies- Suc (Equação 4) e as classes de aptidão (

)
A falta de um dos indivíduos marcados em qualquer uma das 15 avaliações e medições ao longo dos 720 dias foi considerada como “indivíduo morto” sendo subtraído do total de plantas emergidas para o cálculo da sobrevivência de plantas aos 720 dias.

$$Gd (\%) = E_{30-720}/NTS * 100$$

Equação 1: Cálculo do percentual de germinabilidade das sementes utilizadas em plantio de semeadura direta em Sorocaba, SP.

Onde: Gd = germinabilidade - representa em percentual a relação entre o número de sementes emergidas em campo e o número total de sementes semeadas; E_{30-720} = número total de sementes que emergiram e produziram plântulas dos 30 aos 720 dias e NTS = número do total de sementes semeadas nas parcelas.

$$S (\%) = (NS_{720}/E_{30-720}) * 100$$

Equação 2: Cálculo do percentual de sobrevivência das sementes utilizadas em plantio de semeadura direta em Sorocaba, SP.

Onde: S (%) = percentual de sobrevivência em campo- representa em percentual a relação entre o número de plantas sobreviventes aos 720 dias após a semeadura e o número total de plantas que emergiram e produziram plantas entre os 30 e 720 dias; NS_{720} = número de plantas sobreviventes aos 720 dias, E_{30-720} = número total de sementes que emergiram e produziram plântulas dos 30 aos 720 dias.

$$\text{Taxa } S_{720} = NS_{720}/E_{30-720}$$

Equação 3: Cálculo do percentual de sobrevivência (taxa de sobrevivência das sementes utilizadas em plantio de semeadura direta em Sorocaba, SP.

Onde: Taxa S_{720} = taxa de sobrevivência - representa a proporção entre o número de plantas sobreviventes aos 720 dias pelo número total de plantas emergidas no período de 30 a 720 dias; NS_{720} = número de plantas sobreviventes aos 720 dias; E_{30-720} - número de plantas emergidas entre 30 e 720 dias.

$$Suc = (Gd\% * \text{Taxa } S_{720})$$

Equação 4: Cálculo da probabilidade de sucesso de estabelecimento das sementes utilizadas em plantio de semeadura direta em Sorocaba, SP.

Onde: Suc= Probabilidade de sucesso de cada espécie; Gd% = germinabilidade; Taxa S_{720} = taxa de sobrevivência.

$$\text{Aptidão} = \sum (\text{Nota}_H + \text{Nota}_{DAC} + \text{Nota}_{Gd} + \text{Nota}_S + \text{Nota}_{Suc})$$

Equação 5: Cálculo da nota de aptidão das sementes utilizadas em plantio de semeadura direta em Sorocaba, SP.

Onde: Nota_H = nota atribuída à altura; Nota_{DAC} = nota atribuída ao diâmetro a altura do solo; Nota_{Gd} = nota atribuída à germinabilidade Nota_S = nota atribuída à sobrevivência e Nota_{Suc} = nota atribuída à probabilidade de sucessão

A categorização das espécies quanto ao comportamento durante a semeadura direta foi efetuada com base em cenários desejados e funções pré-estabelecidas para cada variável. A partir disto, com base em Salomão *et al.* (2014), foram definidas calculadas para o conjunto de pioneiras e de não pioneiras, separadamente, as classes de médias e desvio padrão de altura (H), diâmetro na altura do colo (DAC), germinabilidade (Gd%), sobrevivência (S%) e sucesso de estabelecimento (Suc%) para o conjunto de dados obtidos, atribuindo-se notas para cada classe por variável (Tabela 3).

Tabela 3 - Sistema de classificação das espécies-alvo em relação ao seu desempenho na semeadura direta. Notas variando de 1 (baixa ou pequeno) a 4 (alta ou grande). (μ = média; σ = desvio padrão). H= média em altura aos 720 dias; DAC= média em diâmetro na altura do colo aos 720 dias; E (%) = emergência percentual por espécie ao longo de 720 dias; S (%) = percentual de sobrevivências aos 720 dias pós-plantio; Suc= probabilidade de sucesso.

Cenários	Função	Variável	NOTAS ATRIBUIDAS			
			Baixa 1	Regular 2	Média 3	Alta 4
Formar e promover a estruturção vertical e horizontal	Formação de estrutura vertical	H (cm)	$H \leq (\mu - 1\sigma)$	$(\mu - 1\sigma) < H \leq \mu$	$\mu < H \leq (\mu + 1\sigma)$	$H > (\mu + 1\sigma)$
	Formação de estrutura horizontal	DAC (mm)	$DAC \leq (\mu - 1\sigma)$	$(\mu - 1\sigma) < DAC \leq \mu$	$\mu < DAC \leq (\mu + 1\sigma)$	$DAC > (\mu + 1\sigma)$
Aumento da densidade das plantas e estabelecimento para formação da estrutura inicial da floresta	Maior germinabilidade das sementes permite maior aproveitamento de seu uso e redução da quantidade de sementes	(Gd%) Germina- bilidade	$\%Gd \leq (\mu - 1\sigma)$	$(\mu - 1\sigma) < Gd \leq \mu$	$\mu < Gd \leq (\mu + 1\sigma)$	$Gd > (\mu + 1\sigma)$
	Estabelecimento até 24 meses	S (%)	$\%S \leq (\mu - 1\sigma)$	$(\mu - 1\sigma) < \%S \leq \mu$	$\mu < \%S \leq (\mu + 1\sigma)$	$\%S > (\mu + 1\sigma)$
Aumento do sucesso de estabelecimento das espécies	Seleção de espécies com maior probabilidade de sucesso	Suc	$Suc \leq (\mu - 1\sigma)$	$(\mu - 1\sigma) < Suc \leq \mu$	$\mu < Suc \leq (\mu + 1\sigma)$	$Suc > (\mu + 1\sigma)$

As notas finais da classificação das espécies (Equação 5), foi determinada pela soma das variáveis divididas em quatro classes sendo 1 (baixa), 2 (Regular), 3 (Média) e 4 (Ótima).

3.3 REGENERAÇÃO PASSIVA

Além das espécies que estavam no mix de sementes distribuídos na área, ao longo do tempo novas espécies foram observadas na área, resultante da regeneração passiva via chuva e banco de sementes. A avaliação da regeneração levou em conta a localização da planta e se o indivíduo estava dentro da área de plantio (1920 m²) verificando-se quando fazia parte das sementes da listagem de semeadura. As espécies encontradas e que faziam parte do mix de semeadura foram avaliadas quanto ao estágio de desenvolvimento. Indivíduos não marcados e fora da linha de plantio, mesmo que constantes da lista de espécies semeadas, foram considerados como de regeneração passiva.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Todas as análises, incluindo as de diversidade e de distinção taxonômica foram realizadas com o programa PAST 3.26 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). Para verificar se houve diferença da média de germinabilidade das espécies que emergiram em relação ao tamanho de sementes foi realizado o teste F, plotando-se a seguir o box-plot. A significância das diferenças no número acumulado de plantas emergentes entre os grupos ecológicos (pioneiros e não pioneiras) e síndromes de dispersão foram estimados pelos testes t e F, respectivamente.

Com o objetivo de verificar a multicolinearidade e a correlação entre as variáveis de germinabilidade, emergência, sobrevivência e probabilidade de sucesso, foi empregada a análise de correlação de Pearson, classificando-a em alta ($r > 0,80$), média ($0,50 < r \leq 0,80$) e baixa ($r < 0,50$). A seguir, foi efetuada a análise de modelo geral linear (GLM) para verificar a significância destas relações e sua expressão gráfica sendo gerada a equação representativa das relações obtidas, quando significativas.

4 RESULTADOS

4.1 SELEÇÃO, COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DA COMUNIDADE DE ESPÉCIES NA SEMEADURA DIRETA

Das 177 espécies selecionadas de acordo com os critérios pré-estabelecidos foram excluídas 41 espécies que foram relatadas apenas em estudos em outros países. Do restante, mais 98 espécies foram excluídas por não ocorrerem na Floresta Atlântica ou por não apresentarem resultados confiáveis nos experimentos na Rede de Áreas de Semeadura Direta, ou ainda por sua indisponibilidade no mercado. Após as eliminações, das espécies selecionadas e disponíveis no mercado, foram listadas e adquiridas 38 espécies distribuídas em 16 famílias empregadas no experimento (Tabela 4).

A maior riqueza foi da família Fabaceae (15 espécies; 39,5% das selecionadas), seguida de Bignoniaceae, Euphorbiaceae e Malvaceae, todas com três espécies cada (7,9%), Anacardiaceae e Myrtaceae, ambas com duas espécies (5,3%), sendo que o restante das 10 famílias, foi representado por apenas uma espécie.

Após 720 dias, do total de 38 espécies selecionadas, somente 23 espécies (60,5%) apresentaram emergência sendo pertencentes à 10 famílias (62,5% das famílias semeadas). Fabaceae foi a que apresentou maior emergência com 12 espécies que representaram 61% dos indivíduos estabelecidos. Para Bignoniaceae, todas as três espécies semeadas emergiram, totalizando 16,3% dos indivíduos. As famílias que não apresentaram emergência foram Moraceae (1 espécie), Myrtaceae (2 espécies), Primulaceae (1 espécie), Sapindaceae (1 espécie), Urticaceae (1 espécie) e Phytolaccaceae (1 espécie). Houve 32 indivíduos emergentes nos primeiros meses e devido a sua mortalidade não foram identificados.

Tabela 4 - Relação de espécies empregadas na semeadura direta, no município de Sorocaba SP em dezembro de 2017, por classes de tamanho (Tam), nomes científicos e popular, família, grupo ecológico (P= pioneira, NP= não pioneira), dispersão, número de sementes por quilo, número de sementes nas parcelas em campo (960m²), número de indivíduos emergentes nas parcelas e % de emergentes na relação sementes emergidas por número de sementes em campo. Ind= Indivíduos, Sem= sementes. Ane= Anemocórica, Aut= Autocórica, Zoo= Zoocórica

Tamanho	Nome científico	Nome popular	Família	Grupo ecológico	Dispersão	Nº sem/Kg	Nº de sem/campo/parcelas	Nº de indivíduos	Germinabilidade
G	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	Vinhático	Fabaceae	NP	Ane	885	326	174	53,4
M	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Canudo de pito	Euphorbiaceae	P	Aut	9600	326	126	38,7
M	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba	Fabaceae	NP	Zoo	1720	326	108	33,1
M	<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	Coração de negro	Fabaceae	NP	Aut	2350	326	104	31,9
P	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Monjoleiro	Fabaceae	P	Aut	13829	835	241	28,9
G	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Fabaceae	NP	Zoo	325	326	79	24,2
M	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Pau sangue	Fabaceae	NP	Ane	2571	326	70	21,5
M	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê roxo folha larga	Bignoniaceae	NP	Ane	40000	835	136	16,3
M	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Tamboril	Fabaceae	P	Aut	3000	326	53	16,3
M	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Paineira	Malvaceae	NP	Ane	5700	326	50	15,3
P	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Caroba	Bignoniaceae	NP	Ane	33000	835	107	12,8
G	<i>Centrolobium robustum</i> (Vell.) Mart. Ex Benth.	Araribá	Fabaceae	NP	Ane	98	326	34	10,4

Tamanho	Nome científico	Nome popular	Família	Grupo ecológico	Dispersão	Nº sem/Kg	Nº de sem/campo/parcelas	Nº de indivíduos	Germinabilidade
P	<i>Bixa orellana</i> L.	Urucum	Bixaceae	P	Zoo	31000	835	77	9,2
P	<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	Aroeira verdadeira	Anacardiaceae	NP	Aut	55500	835	67	8,0
M	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Amendoim bravo	Fabaceae	NP	Ane	5250	326	14	4,3
P	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Canafistula	Fabaceae	P	Aut	20850	835	31	3,7
G	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Jerivá	Arecaceae	NP	Zoo	800	326	9	2,8
P	<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Maricá	Fabaceae	P	Aut	88500	835	12	1,4
P	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Rubiaceae	NP	Zoo	14250	835	11	1,3
P	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro rosa	Meliaceae	NP	Ane	36000	326	4	1,2
P	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Pau-jacaré	Fabaceae	P	Aut	21500	835	5	0,6
P	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê branco	Bignoniaceae	NP	Ane	69000	835	5	0,6
P	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Tucaneiro	Verbenaceae	P	Zoo	19000	835	3	0,4
P	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	Farinha seca	Fabaceae	P	Aut	36000	835	0	0,0
PP	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Escova de macaco	Malvaceae	P	Zoo	265000	835	0	0,0

Tamanho	Nome científico	Nome popular	Família	Grupo ecológico	Dispersão	Nº sem/Kg	Nº de sem/campo/parcelas	Nº de indivíduos	Germinabilidade
PP	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	Urticaceae	P	Zoo	1172000	835	0	0,0
P	<i>Croton floribundus</i> (Spreng.) Harms	Capixingui	Euphorbiaceae	P	Aut	31150	835	0	0,0
PP	<i>Croton urucurana</i> Baill.	Sangra d'água	Euphorbiaceae	P	Aut	120000	835	0	0,0
M	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Camboatã	Sapindaceae	NP	Zoo	3500	326	0	0,0
P	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	Pau d'alho	Phytolaccaceae	NP	Ane	19500	835	0	0,0
PP	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutambo	Malvaceae	P	Zoo	132000	835	0	0,0
PP	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Taiuva	Moraceae	NP	Zoo	364300	835	0	0,0
M	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	Bálsamo	Fabaceae	NP	Ane	1800	326	0	0,0
P	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Capororoca	Primulaceae	P	Zoo	20500	835	0	0,0
P	<i>Psidium myrtooides</i> O.Berg	Araçá roxo	Myrtaceae	NP	Zoo	23645	326	0	0,0
P	<i>Psidium rufum</i> Mart. Ex DC.	Araçá cagão	Myrtaceae	NP	Zoo	12600	835	0	0,0
P	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira pimenteira	Anacardiaceae	P	Zoo	40500	835	0	0,0
P	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Pau cigarra	Fabaceae	P	Zoo	89000	835	0	0,0

Para a quantificação do número de sementes de cada espécie, obtiveram-se as proporções 10,5% de espécies com sementes grandes e 26,3% de médias com 3.400 sementes por espécie e pequenas (50,0%) e muito pequenas (13,2%) com 8.652 sementes por espécie (Tabela 2). Para as 23 espécies emergentes até aos 720 dias, incluindo-se os indivíduos não identificados, obteve-se $H' = 2,712$ de diversidade e equitabilidade de $J = 0,8648$ com abundância de 1552 plantas e densidade de 16.167 indivíduos. ha^{-1} . As espécies mais frequentes nas unidades amostrais- *ua* ($N = 160$) foram *P. elegans* ($n = 113$ *ua*), *S. polyphylla* ($n = 107$ *ua*), *H. heptaphyllus* ($n = 90$ *ua*), *M. fistulifera* ($n = 90$ *ua*) e *C. langsdorffii* ($n = 81$ *ua*) todas presentes em mais de 50% das parcelas amostrais (Tabela 4).

Tabela 4 - Frequência das espécies nas unidades amostrais (n=160) em experimento de semeadura direta com 23 espécies no município de Sorocaba- SP.

Nome científico	Número de unidades amostrais	% de frequência
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	113	70,6
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	107	66,9
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	90	56,3
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	90	56,3
<i>Copaiifera langsdorffii</i> Desf.	81	50,6
<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	70	43,8
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	67	41,9
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	60	37,5
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	57	35,6
<i>Bixa orellana</i> L.	52	32,5
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	45	28,1
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	43	26,9
<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	41	25,6
<i>Centrolobium robustum</i> (Vell.) Mart. Ex Benth.	32	20,0
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	28	17,5
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	14	8,8
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	12	7,5
<i>Genipa americana</i> L.	9	5,6
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	9	5,6
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	5	3,1
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	5	3,1
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	3	1,9
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	2	1,3

4.2 GERMINABILIDADE E EMERGÊNCIA DAS ESPÉCIES

Entre as espécies selecionadas (N= 38), foram utilizadas 17 espécies pioneiras e 21 não pioneiras, sendo que, das 23 espécies que emergiram, oito eram pioneiras com 35,3% dos indivíduos amostrados e 15 eram não pioneiras com 62,6% dos indivíduos. Apesar da diferença na proporção de plantas obtidas por grupo sucessional, não houve diferença significativa na emergência das pioneiras e não pioneiras ($t= 0,73$, $t_{critical\ value} = 2.021$).

Quanto à síndrome de dispersão, das 38 espécies selecionadas, 29% foram classificadas como anemocóricas (n=11), das quais 9 espécies emergiram, 29% foram autocóricas (n= 11), sendo que 8 espécies emergiram e as demais 42% foram zoocóricas (n=16), das quais emergiram 6 espécies. Ao se comparar a emergência (nº de indivíduos.espécie⁻¹) para as com dispersão biótica (zoocóricas; n= 6; 47,8±38,1 indivíduos) e abiótica, nas quais se incluíram as autocóricas (n= 6; 79,9±77,6 indivíduos) e as anemocóricas (n= 9; 66,0±61,0 indivíduos), houve significativa maior emergência das abióticas (F= 3,345; p= 0,024).

Aos 720 dias, a amplitude de emergência das espécies variou de 0 a 241 indivíduos, sendo que, das 38 espécies selecionadas, 15 (39,5%) não apresentaram emergência e, destas, três espécies foram da família Fabaceae sendo elas *Albizia niopoides*, *Myroxylon peruiferum* e *Senna multijuga*. Dentre as espécies que emergiram, apenas cinco delas representaram 51,6% do total de indivíduos amostrados, sendo elas *Senegalia polyphylla* (15,8%), *Platypodium elegans* (11,4%), *Handroanthus heptaphyllus* (8,9%), *Mabea fistulifera* (8,3%), e *Copaifera langsdorfii* (7,1%).

A germinabilidade média para as espécies que emergiram em campo (n= 23) foi de 14,6±14,5% com amplitude de 0,4 a 53,4% (

). As maiores de taxas de germinabilidade foram constatadas para as espécies de Fabaceae (n= 6), com média de $33,1 \pm 10,6\%$. Entre as demais famílias, apenas *M. fistulifera* (Euphorbiaceae) apresentou germinabilidade alta (38,7%), sendo todas as outras tiveram germinabilidade inferior a 20%. Em relação ao tamanho, houve diferença significativa ($F=6,6691$; $p < 0,01$) apenas entre as sementes grandes ($22,7 \pm 14,0$) e pequenas ($6,2 \pm 8,9$). Houve alta variação na germinabilidade das espécies entre as sementes grandes em relação às pequenas (Figura 9).

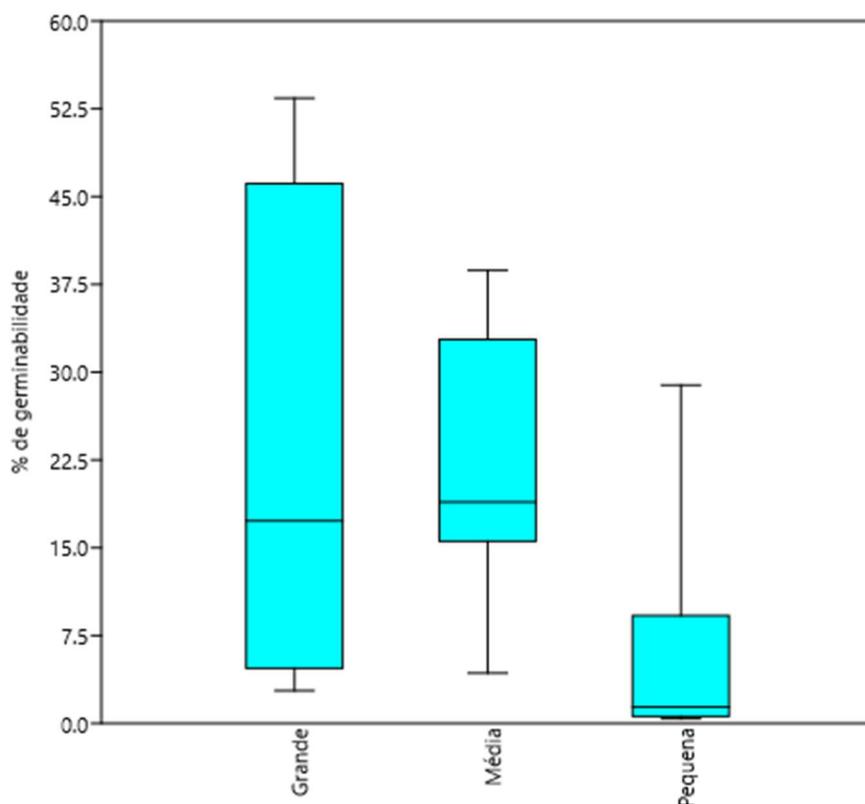


Figura 9 Box-plot das médias de germinabilidade das espécies com sementes grandes (n=4), médias (n=8) e pequenas (n=11) das 23 espécies apresentando emergência na semeadura direta em Sorocaba, SP. Grande (<1.000 sementes/ kg); Média (1.000 a 10.000 sementes/ kg); Pequena (10.000 a 100.000 sementes/ kg).

As sementes médias foram as com maior emergência, sendo que, das 10 semeadas, oito espécies emergiram com 42,6% dos indivíduos (n= 661) e somente *Cupania vernalis* e *Myroxylon peruiferum* não apresentaram emergência. Por outro lado, não se constatou nenhuma emergência das sementes muito pequenas (n= 5 espécies), enquanto para as pequenas (n= 19 espécies) houve emergência de 11 espécies (36,3% dos indivíduos; n= 563 plantas). Para as grandes, todas apresentaram emergência (n= 4 espécies) e os indivíduos emergentes (n= 296) representaram 19,1% do total. O número de plântulas não identificadas (n= 32), representou 2,1% do total dos indivíduos emergidos em campo (Figura 10).

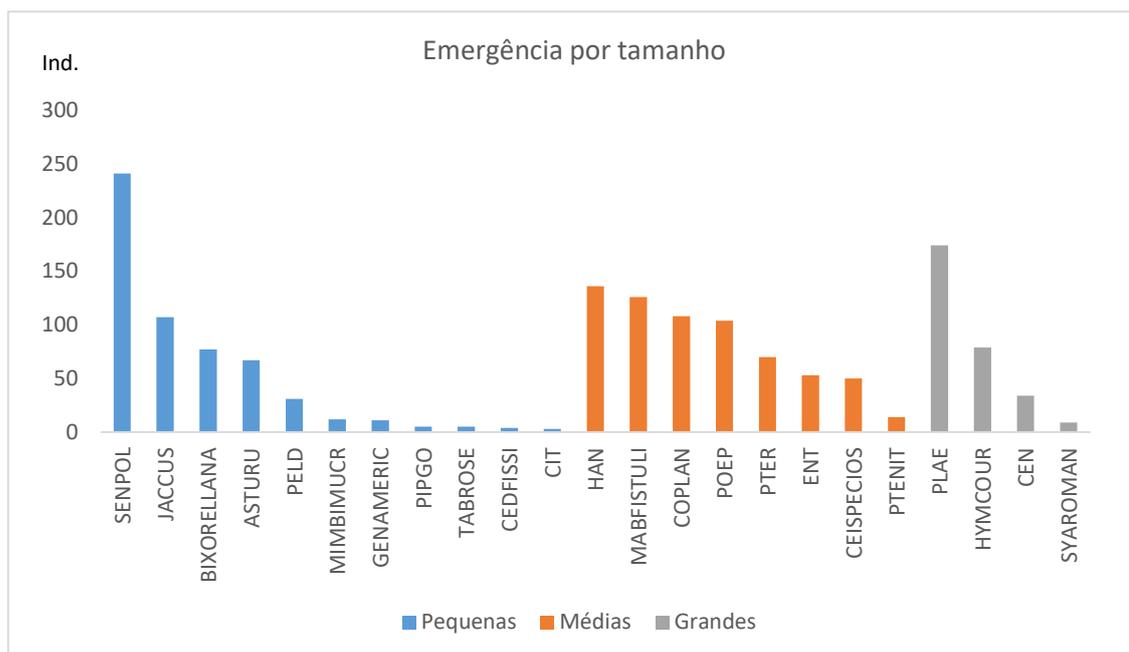


Figura 10 - Número de indivíduos emergentes por classe de tamanho em plantio de semeadura direta aos 720 dias em Sorocaba- SP. Acrônimos das espécies indicados no ANEXO 3. Ind= número de indivíduos. Grande (<1.000 sementes/ kg); Média (1.000 a 10.000 sementes/ kg); Pequena (10.000 a 100.000 sementes/ kg).

4.3 MORTALIDADE, ESTABELECIMENTO, SOBREVIVÊNCIA E DISTINÇÃO TAXONÔMICA

Do número total acumulado de plântulas emergentes ao longo dos 720 dias ($n= 1552$; estimativa de $16.167 \text{ plantas.ha}^{-1}$), 64,7% ($n= 1004$) emergiram até aos 30 dias após a semeadura (DAS), sendo que *Senegalia polyphylla* se destacou desde o início com 225 indivíduos emergidos e, ao longo do período, totalizou 241 plantas, sendo que destas 219 plantas sobreviveram até ao final do monitoramento. A emergência ocorreu para a maioria das espécies até aos 90 dias estabilizando-se a seguir até os 720 dias obtendo-se 1317 indivíduos sobreviventes (84,8%; estimativa de $13.719 \text{ plantas.ha}^{-1}$).

Houve rápido incremento na mortalidade das plantas entre 30 e 90 dias (8,3 % do total de plantas emergentes) e, após este período, a velocidade da mortalidade se reduziu e o número de plantas mortas manteve-se crescente ao longo do tempo, porém em menor proporção, atingindo 15,1% dos indivíduos aos 720 dias, quando se obteve o maior número de plantas mortas ($n= 235$) (Figura 11). Destaque-se que houve entrada de novos indivíduos provenientes do fluxo de emergência das espécies semeadas, atingindo um platô aos 90 dias ($n= 1475$ plantas emergentes), mantendo-se esta quantidade com pouca variação até o final da avaliação, embora a mortalidade de plantas tenha se mantido em ascendência, indicando

que houve emergência de sementes neste período, com entrada de novas plântulas substituindo os indivíduos mortos.

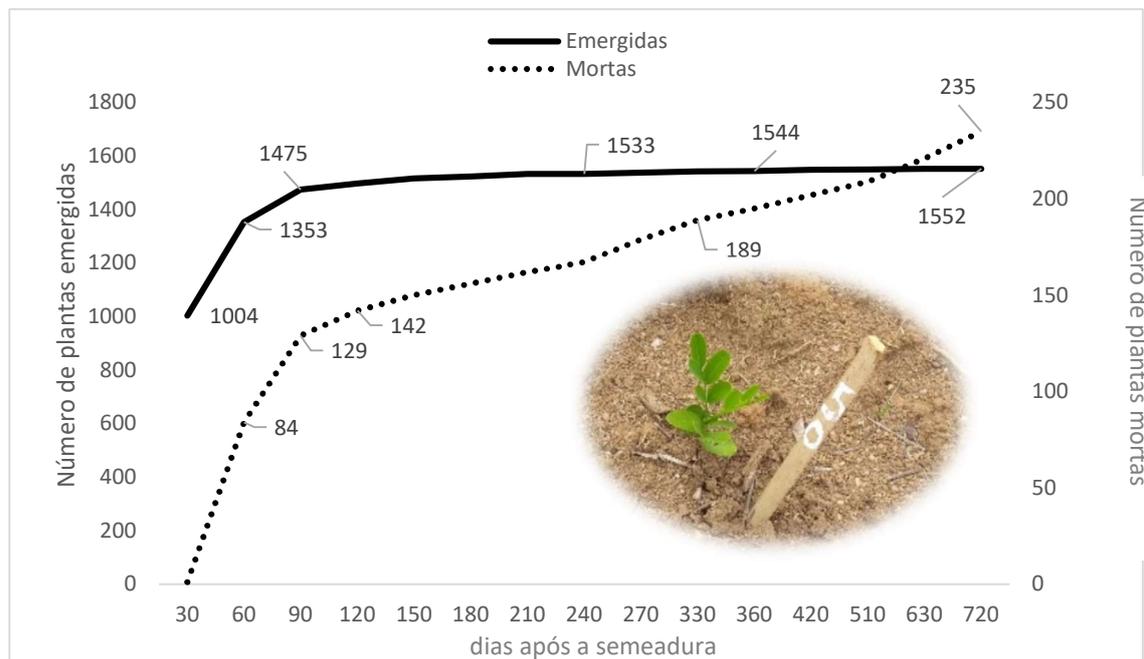


Figura 11 - Número de plantas emergentes e de mortalidade de indivíduos ao longo de 720 dias de monitoramento em plantio de semeadura direta no município de Sorocaba- SP. Plantio em dezembro de 2017. Dados coletados em 2019.

Em geral as espécies, apresentaram altas taxas de sobrevivência, obtendo-se médias acima de 80% para as 23 espécies estabelecidas em que se constata a persistência do número de plantas emergidas dos 90 aos 720 dias (Figura 12). Somente *C. myrianthum* apresentou, além de baixa abundância e sobreviveu apenas 50% dos indivíduos que emergiram ao atingir os 720 dias ($n=1$ planta) e *P. gonoacantha*, exibiu 100% de sobrevivência dos poucos indivíduos emergentes ($n=5$), evidenciando a persistência da espécie (Figura 12). Contudo a baixa abundância de indivíduos presentes na amostragem destas espécies sugere que estes casos sejam avaliados com cautela.

Ao se analisar a emergência e sobrevivência das espécies em relação à filogenia, tanto a diversidade taxonômica (Δ) quanto a distinção taxonômica (Δ^*) indicaram que houve maior relação taxonômica para a sobrevivência do que para a emergência (E) (Tabela 5). Suas respostas em relação à emergência e sobrevivência sugerem que estas características podem estar filogeneticamente ligadas ao desempenho similar na semeadura direta. Contudo, ressalta que a comunidade de plantas sobreviventes pode estar mais relacionada às características ocorrentes no nível de espécies do que de família botânica. Este resultado reforça a

importância de que a seleção para semeadura direta seja realizada no nível de espécie e não apenas de família.

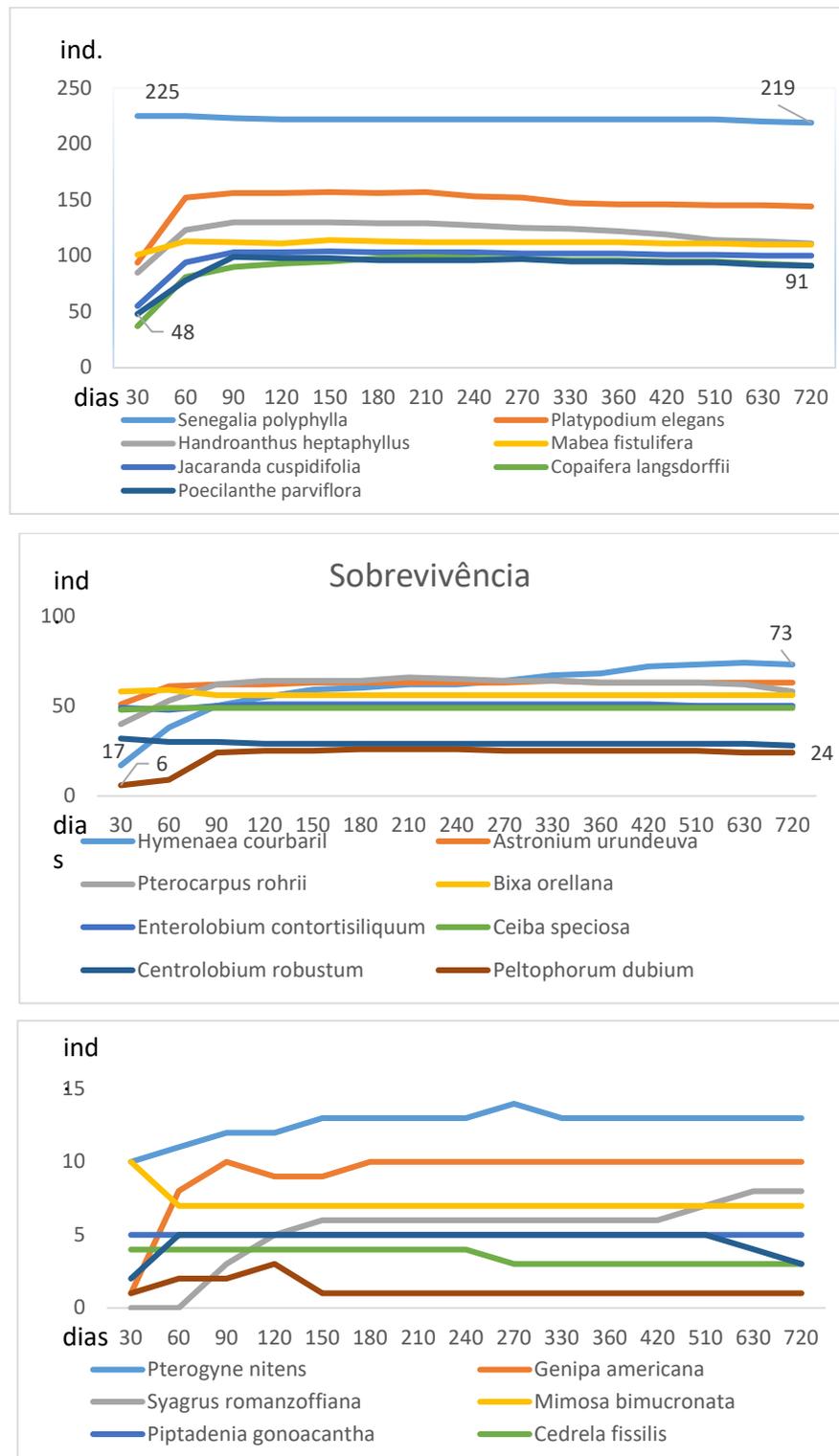


Figura 12 - Número de plantas sobreviventes por espécie ao longo do estudo de 30 a 720 dias após a semeadura, em plantio de semeadura direta em Sorocaba, SP. Data de plantio: dezembro de 2017. No alto, espécies com alta sobrevivência, ao centro, espécies com média sobrevivência e abaixo, espécies com baixa sobrevivência.

Tabela 5 - Dados de diversidade taxonômica e distinção taxonômica obtidos para o número de plantas emergentes e sobreviventes em plantio de semeadura direta em Sorocaba-SP.

Relações taxonômicas	Emergência	Sobrevivência
	(nº de plantas)	(nº de plantas sobreviventes)
Efeito de espécie		
Diversidade taxonômica (Δ)	2,718	2,79
Distinção taxonômica (Δ^*)	2,955	3,024
Efeito de família		
Diversidade taxonômica (Δ)	1,511	1,584
Distinção taxonômica (Δ^*)	1,642	1,717

4.4 CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES EM RELAÇÃO AO DESEMPENHO NA SEMEADURA DIRETA

A probabilidade de sucesso representa a relação entre a germinabilidade, emergência e a sobrevivência das espécies ao longo do processo de semeadura direta. Entre estas variáveis, houve alta correlação entre a germinabilidade com a emergência ($r=0,81$) e baixa correlação entre a sobrevivência com a germinabilidade ($r=0,28$), com emergência ($r=0,29$) e com a probabilidade de sucesso ($r=0,32$). A análise GLM expressou a relação significativa ($G=21,79$; $p < 0,01$) apenas entre a probabilidade de sucesso e a germinabilidade e mostrou de forma gráfica esta relação e a equação que a representou (Figura 13). Pelos dados obtidos, é possível constatar-se que espécies com germinabilidade de 30% têm probabilidade de sucesso de estabelecimento acima de 27%. Contudo isto não garante a quantidade ou densidade de plantas sobreviventes, uma vez que a sobrevivência foi um fator que variou mais em função da capacidade de persistência e sobrevivência das mudas de cada espécie na área ao longo do tempo (Figura 14).

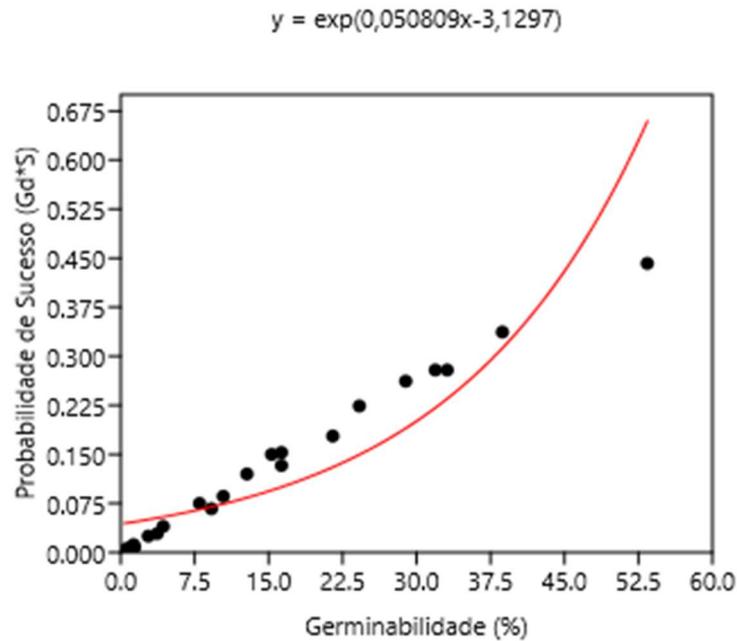


Figura 13 - Representação gráfica do resultado da análise de modelo geral linear (GLM) e equação representando a associação entre as variáveis de germinabilidade (%) e probabilidade de sucesso de estabelecimento das plantas emergidas no plantio de semeadura direta em Sorocaba- SP.

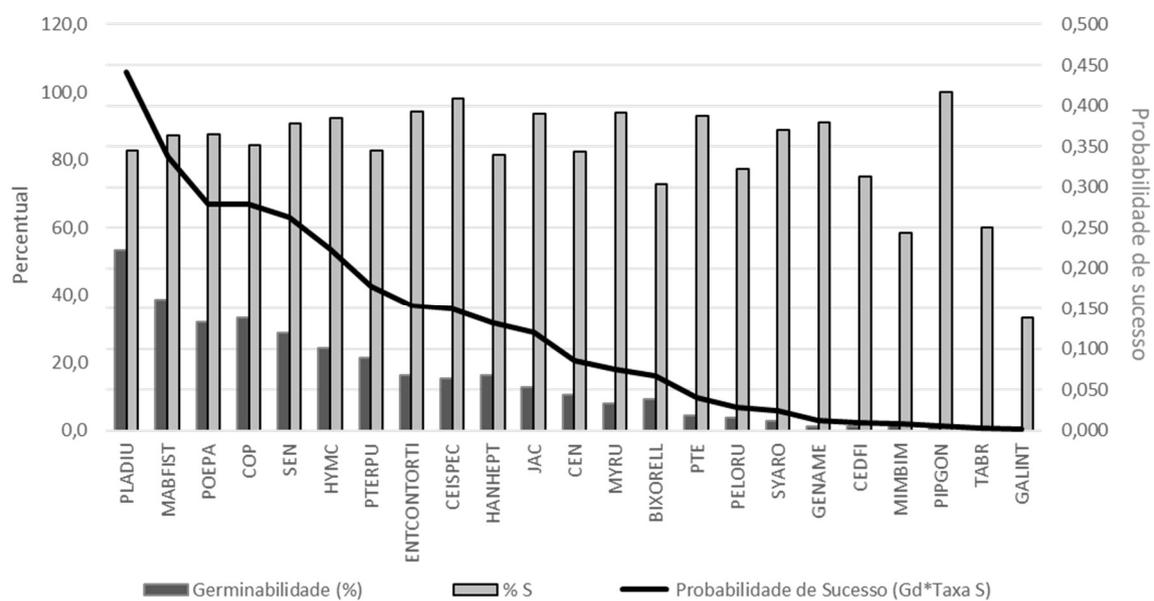


Figura 14 - Germinabilidade das sementes (%), sobrevivência (%) das plantas e probabilidade de sucesso de estabelecimento das sementes de espécies utilizadas na semeadura direta em plantio em Sorocaba-SP. Plantio em dezembro de 2017. Dados de plantio de dezembro de 2017. Nomes das espécies relacionadas no anexo3.

Além dos fatores ligados à qualidade das sementes (germinabilidade e emergência) e de probabilidade se estabelecerem na área (sobrevivência e probabilidade de sucesso), o desenvolvimento das mudas (H e DAC) no campo também evidenciou as espécies que apresentaram potencial como espécies-chaves para semeadura, consideradas como tendo maior aptidão. Em relação ao desenvolvimento em altura, quatro espécies se destacaram sendo uma pioneira e três não pioneiras, seguidas de sete espécies, iniciando com três pioneiras e quatro não pioneiras (Tabela 6). A altura média para as pioneiras foi de $209,5 \pm 86,6$ cm enquanto para não-pioneiras foi de $84,8 \pm 62,0$ cm sendo que as menores alturas foram observadas para as pioneiras *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium*, ambas Fabaceae. *Astronium urundeuva* foi a única não-pioneira que apresentou altura superior à média das pioneiras. O DAC médio das pioneiras foi de $23,2 \pm 13,0$ mm e para as não pioneiras foi $12,2 \pm 8,9$ mm. A única espécie entre as não pioneiras com valor superior à média das pioneiras foi *Ceiba speciosa* com $36 \pm 13,1$ mm.

Tabela 6 - Notas de aptidão para as espécies que obtiveram indivíduos sobreviventes até os 720 dias em plantio por sementeira direta no município de Sorocaba-SP em dezembro de 2017. Ind.= Indivíduos sobreviventes, cm= Altura, DACmm= Diâmetro na altura do colo, (S%) = Sobrevivência, (cm) e classe de aptidão por espécie.

Espécie	Ind.	Sucessão	H+ desvio (cm)	Nota (H)	DAC+d esvio (mm)	Nota DAC	Germinabilidade (Gd%)	Nota Gd	Sobrevivê ncia (S%)	Nota (S)	Sucesso (Suc)	Nota Sucesso
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	49	NP	167,0 ± 65,2	4	36,0 ± 17,0	4	15,3	3	98,0	4	0,150	3
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	110	P	208,7 ± 68,9	3	19,9 ± 8,4	2	38,7	4	87,3	3	0,337	4
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	219	P	280,7 ± 104,8	3	27,1 ± 15,3	3	28,9	3	90,9	3	0,262	4
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	144	NP	61,1 ± 34,3	2	5,0 ± 2,8	2	53,4	4	82,8	3	0,442	4
<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	91	NP	46,2 ± 26,8	2	6,3 ± 3,0	2	31,9	4	87,5	3	0,279	4
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	91	NP	29,0 ± 12,6	2	3,5 ± 1,3	2	33,1	4	84,3	3	0,279	4
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	73	NP	105,5 ± 41,3	3	11,4 ± 3,6	2	24,2	3	92,4	3	0,224	3
<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	63	NP	235,5 ± 84,3	4	20,0 ± 8,8	3	8,0	2	94,0	3	0,075	2
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	58	NP	40,4 ± 28,4	2	5,8 ± 3,3	2	21,5	3	82,9	3	0,178	3

Espécie	Ind.	Sucessão	H+ desvio (cm)	Nota (H)	DAC+d esvio (mm)	Nota DAC	Germinabilidade (Gd%)	Nota Gd	Sobrevivê ncia (S%)	Nota (S)	Sucesso (Suc)	Nota Sucesso
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	111	NP	92,8 ± 68,4	3	10,8 ± 7,4	2	16,3	3	81,6	2	0,133	3
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	100	NP	94,1 ± 46,8	3	12,3 ± 6,3	3	12,8	2	93,5	3	0,120	2
<i>Centrolobium robustum</i> (Vell.) Mart. Ex Benth.	28	NP	149,0 ± 85,6	4	20,0 ± 10,6	3	10,4	2	82,4	2	0,086	2
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	3	NP	109,0 ± 55,4	3	22,9 ± 14,9	4	1,2	2	75,0	2	0,009	2
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	7	P	342,6 ± 135,6	4	52,0 ± 19,2	4	1,4	2	58,3	1	0,008	2
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	5	P	237,6 ± 110,5	3	22,3 ± 12,5	2	0,6	2	100,0	4	0,006	2
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	50	P	106,0 ± 47,3	1	9,2 ± 4,45	1	16,3	3	94,3	3	0,153	3
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	13	NP	65,8 ± 41,1	2	8,1 ± 3,3	2	4,3	2	92,9	3	0,040	2
<i>Bixa orellana</i> L.	56	P	179,0 ± 67,7	2	22,0 ± 10,5	2	9,2	2	72,7	2	0,067	2
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	8	NP	9,5 ± 5,6	1	6,2 ± 3,1	2	2,8	2	88,9	3	0,025	2
<i>Genipa americana</i> L.	10	NP	16,6 ± 6,7	1	8,1 ± 3,0	2	1,3	2	90,9	3	0,012	2
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	24	P	81,6 ± 70,6	1	12,2 ± 9,8	2	3,7	2	77,4	2	0,029	2

Espécie	Ind.	Sucessão	H+ desvio (cm)	Nota (H)	DAC+d esvio (mm)	Nota DAC	Germinabilidade (Gd%)	Nota Gd	Sobrevivê ncia (S%)	Nota (S)	Sucesso (Suc)	Nota Sucesso
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	3	NP	50,0 ± 41,0	2	6,8 ± 4,0	2	0,6	2	60,0	1	0,004	2
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	1	P	240,0 *	3	21,2*	2	0,4	2	33,3	1	0,001	1

As espécies que se enquadraram na classe considerada como de alta aptidão (nota 4) para a semeadura direta foram *C. speciosa*, *M. fistulifera* e *S. polyphylla*, sendo que estas espécies obtiveram notas maiores em todas as variáveis analisadas, destacando-se principalmente em sobrevivência e probabilidade de sucesso. As cinco espécies enquadradas como de média aptidão (nota 3) foram do grupo das não pioneiras. A maior parte das espécies (n=15) se enquadra como regular a baixa aptidão, sendo que as classificadas como regulares (nota 2) apresentaram bom desenvolvimento em H e DAC, porém tiveram notas mais baixas em relação ao seu estabelecimento (sobrevivência). Por outro lado, as espécies classificadas como de baixa aptidão (classe 1) obtiveram notas baixas em quase todas as variáveis analisadas, alcançando resultados aceitáveis apenas na variável sobrevivência visto que as espécies em geral apresentaram persistência, apesar da menor abundância de plantas (

Tabela 7).

Tabela 7 - Classes de aptidão para as 23 espécies emergentes considerando suas notas em Altura (H cm), diâmetro na altura do colo DACmm, Germinabilidade (GD%), Sobrevivência (S) e probabilidade de sucesso (Suc). Classes de aptidão: 4= alta aptidão, 3 = média aptidão, 2 = regular; 1 = baixa aptidão.

Espécie	Σ Notas aptidão	Classe de aptidão
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	18	4
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	16	4
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	16	4
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	15	3
<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	15	3
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	15	3
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	14	3
<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	14	3
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	13	2
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	13	2
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	13	2
<i>Centropodium robustum</i> (Vell.) Mart. Ex Benth.	13	2
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	13	2
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	13	2
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	13	2
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	11	1
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	11	1

Espécie	∑ Notas aptidão	Classe de aptidão
<i>Bixa orellana</i> L.	10	1
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	10	1
<i>Genipa americana</i> L.	10	1
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	9	1
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	9	1
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	9	1

4.5 REGENERAÇÃO PASSIVA

Do total de indivíduos observados na regeneração natural da área, praticamente metade foi de espécies de rebrota e o restante oriundo do aporte de sementes alóctones via dispersão. O aporte de indivíduos via regeneração representou a entrada de 12 espécies, de 10 diferentes famílias, com densidade de 515 plantas.ha⁻¹ (Tabela 8). Apenas *S. terebinthifolia* e *Croton urucurana*, foram espécies que, apesar de estarem na lista de plantadas, as plantas presentes na área foram oriundas do aporte via chuva de sementes, provavelmente de áreas plantadas e nativas próximas.

Tabela 8 - Relação de espécies de regeneração natural presentes nas parcelas de monitoramento e que não foram semeadas em estudo de semeadura direta no município de Sorocaba-SP.

Família	Espécie	Brotação	Regeneração	TOTAL
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	14	16	30
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	2	16	18
Fabaceae	<i>Machaerium villosum</i> Vogel	9	5	14
Asteraceae	<i>Moquiniastrum polymorphum</i> subsp. <i>ceanothifolium</i> (Less.) G. Sancho	7	5	12
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	9		9
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	2	4	6
Anacardiaceae	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	2	3	5
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi		1	1
Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i> Baill.		1	1
Lauraceae	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	1		1
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	1		1
Verbenaceae	<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Juss. var. virgata		1	1
	Total Geral	47	52	99
	% Geral	47,5	52,5	

5 DISCUSSÃO

A seleção das espécies em projetos de semeadura direta passa por diversas etapas para se chegar a uma lista que aumentem a probabilidade de sucesso da semeadura direta e, conseqüentemente, da restauração. Neste trabalho, a partir das 117 pré-selecionadas, foi possível reduzir o número de espécies aplicando-se tanto o conhecimento prático em campo como as consultas à literatura. Contudo, a disponibilidade do mercado contribuiu para restringir as opções, chegando-se à lista das 38 espécies utilizadas, das quais 23 espécies apresentaram emergência em campo.

As espécies que não germinaram (emergiram) em campo evidenciaram problemas de qualidade inicial dos lotes como também em relação à falta de técnicas para promover sua germinação. Estes fatos reforçam a proposta de Urzedo *et al.* (2020) da necessidade de se incentivar maior diversidade de espécies no mercado pela atuação das redes comunitárias de sementes florestais. O mercado comercial de sementes florestais tem oferta concentrada em determinadas espécies de fácil produção (SCHMIDT *et al.*, 2019) e requer que se amplie a oferta de sementes e diversidade de espécies por iniciativas comunitárias como as redes e mesmo por diversificação das fontes da iniciativa privada e pública.

A germinabilidade das sementes ou taxa de emergência das 23 espécies que emergiram ($Gd = 14,6 \pm 14,5\%$) situou-se nas faixas relatadas por outros estudos de semeadura direta, tais como os 4,31 e 20,31% para três espécies (PÉREZ *et al.*, 2019), 14,9% de emergência para 8 espécies (AGUIRRE *et al.*, 2015), $8,2 \pm 3,7\%$ aos 180 dias (MELI *et al.*, 2017), $4,6\% \pm 6,9\%$ aos 161 dias para 19 espécies (PIETRO-SOUZA; SILVA, 2014), 8,6% para 36 espécies (OLIVEIRA *et al.*, 2019) e os 10% de emergência para 38 espécies (PELLIZZARO *et al.*, 2017). Apesar do número variável de espécies, a germinabilidade ou taxa de emergência nos diferentes estudos situou-se, em geral, abaixo de 20-21%, o que evidencia o baixo desempenho e aproveitamento das sementes em campo. Ao mesmo tempo, ressalta a importância da seleção de espécies com maior aptidão para a semeadura direta e que possam apresentar maiores taxas de germinabilidade em campo.

O preparo do solo é uma das práticas que pode afetar diretamente a germinabilidade e emergência das sementes nos primeiros meses (FERREIRA *et al.*, 2009; RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009). O sistema de semeadura direta *sensu* agrícola insere procedimentos operacionais (cultivo mínimo) e manejos técnicos (rotação de cultura, incorporação da biomassa) que não são adotados no setor de restauração florestal e, portanto,

mantém em comum apenas o fato de se empregar o lançamento das sementes diretamente ao solo. No entanto, descrições do preparo de solo para a semeadura direta com fins de restauração envolvem a gradagem em área total repetidas vezes para eliminação da matocompetição e incorporação da palhada no solo (GUERIN *et al.*, 2012; CAMPOS-FILHO *et al.* 2013). Este procedimento não se enquadra na definição de “semeadura direta” *sensu* agrícola, associando-se mais às práticas da agricultura com plantio convencional praticadas quando há o uso de arados e grades no preparo da área (ALBUQUERQUE FILHO, 2020).

No presente estudo, a adoção das práticas de dessecação das gramíneas invasoras e posterior subsolagem somente nas linhas de semeadura, configura-se como “*plantio direto de sementes*” na palhada. Isto porque o plantio é realizado após se incorporar a massa seca das gramíneas dessecadas, caracterizando estes procedimentos como de cultivo mínimo sendo, portanto, distinto das práticas de semeadura direta que empregam o revolvimento do solo relatados em outros estudos no Brasil (SANTOS *et al.*, 2012).

Os cuidados com o tempo da emergência das espécies devem ser considerados na priorização das práticas de manejo inicial do plantio. Conforme foi constatado, as espécies apresentaram emergência crescente até os 90 dias, após o que poucas emergiram, demonstrando que o período da semeadura até aos 90 dias foi determinante para ocorrer a germinação e emergência das plântulas (Figura 11). Este comportamento também constatado por Ferreira *et al.* (2009) e Isernhagen (2010) na semeadura direta. Após este período, houve representativa redução da quantidade de indivíduos emergidos por mês. Este fato também ressalta que os fatores iniciais relativos ao preparo do solo (nicho de germinação), condições de luz (redução da competição por luz com outras espécies) e o combate a invasoras neste intervalo de tempo podem ter sido cruciais para a trajetória e o sucesso da semeadura direta.

Conforme se observou, a sobrevivência apresentou baixa correlação com a germinabilidade, emergência e probabilidade de sucesso, evidenciando que fatores distintos afetaram o estabelecimento inicial (germinabilidade e emergência) e o final das mudas (sobrevivência). Considerando que após este intervalo de 0 a 90 dias a abundância de plantas praticamente não se alterou, as práticas de manejo adotadas foram eficientes em propiciar a sobrevivência e o conseqüente estabelecimento das plantas.

Fatores climáticos, predação ou outros têm sido apontados como causadores de alta mortalidade em plântulas recém-emergidas (FLORENTINE *et al.*, 2013) e foi confirmada no presente trabalho com o aumento exponencial da mortalidade de plantas até os 180 dias, a partir de quando houve tendência à estabilização (Figura 11). Os resultados evidenciam a

importância dos fatores ligados à emergência das sementes até aos 90 dias, com a semeadura direta atuando como catalizadora dos processos ecológicos. Isto permite o monitoramento precoce e uso intensivo de práticas de cultivo para favorecer a emergência das sementes até aos 90-120 dias o que se reflete na redução das práticas de manejo e dos custos da restauração.

A adoção de práticas como a peletização das sementes, o plantio em profundidades adequadas e o suprimento de água ao longo dos primeiros 90 dias podem aumentar a emergência de plântulas e o sucesso da semeadura direta. Por outro lado, a partir dos 90 dias, quando a plântula já apresenta suas estruturas completas, as práticas culturais como controle da matocompetição, fertilidade do solo, disponibilidade de água entre outros, são essenciais para a sobrevivência do maior número de plantas que emergiram até aos 60 dias. Para isso seria ideal o emprego de espécies potenciais, além de estabelecer um número de indivíduos pretendidos na área para gerar competição entre as espécies e evitar a formação de clareiras que favoreçam o retorno das gramíneas invasoras.

No que se refere ao tamanho das sementes a alta variabilidade dentro de cada classe de tamanho evidenciou a existência de desempenhos distintos entre as espécies dentro da mesma classe de tamanho (Figura 10). De acordo com Ceccon, González e Martorell (2016) levantamentos baseados em 30 artigos científicos identificaram 89 espécies potenciais para a semeadura direta. Dentre estas, as espécies que mais se destacaram foram as com sementes grandes e com altas taxas de germinação conhecidas, corroborando com a revisão realizada por Palma e Laurance (2015) e evidenciando os melhores resultados com espécies da família Fabaceae e com sementes grandes (SOARES e RODRIGUES, 2008). Estas sementes de maior tamanho possuem maior massa específica com maior velocidade de emergência e sobrevivência (FERREIRA *et al.*, 2009), condição que lhes favorece o rápido estabelecimento. Contudo, nossos estudos mostraram o potencial de espécies com sementes pequenas e médias de algumas espécies estudadas.

Entre as espécies com sementes grandes, para as quais se esperava maior germinabilidade (CECCON; GONZÁLES; MARTORELL, 2016; FLORENTINE *et al.*, 2013; HOSSAIN; ELLIOTT; CHAIRUANGSRI, 2014), *S. romanzoffiana* apresentou baixa germinabilidade (2,8%) e abundância (n= 8), porém com persistência dos indivíduos que apresentaram 88,9% de sobrevivência aos 720 dias (Tabela 7). Por outro lado, *H. courbaril*, também classificada como grande, teve germinabilidade classificada como média e alta abundância (n= 73). Por sua vez, entre as espécies de sementes pequenas, que tendem a apresentar desempenho inferior às grandes na semeadura direta (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2006; SANTOS *et al.*, 2012), a Fabaceae, *S. polyphylla* destacou-se com alto

desempenho de germinabilidade (28,9%), abundância de plantas (n= 219) e sobrevivência (90,9%), estando incluída entre as espécies de alta aptidão.

Apesar de pesquisas como as de Palma e Laurance (2015) e Ceccon; González; Martorell (2016) terem verificado que as sementes maiores apresentam maior germinabilidade, no presente estudo verificou-se que as sementes médias exibiram tanto maior riqueza de espécies quanto maior abundância de indivíduos do que as pequenas e grandes. Estes resultados indicam que a classificação por tamanho, embora facilite a escolha das espécies, não deve ser adotada de forma generalizada como a principal característica na seleção de espécies para a semeadura direta, como vem sendo empregado (DOUST; ERSKINE; LAMB, 2008). Conforme se observou no presente estudo, o sucesso de estabelecimento das espécies, avaliado por meio da sua sobrevivência ao longo do tempo, que foi mais afetado por características relacionadas filogeneticamente à espécie do que à família (

Tabela 6 - Notas de aptidão para as espécies que obtiveram indivíduos sobreviventes até os 720 dias em plantio por semeadura direta em dezembro de 2017. Ind.= Indivíduos sobreviventes, cm= Altura, DACmm= Diâmetro na altura do colo, (S%) = Sobrevida por espécie.

).

O grupo ecológico também não afetou a emergência das espécies em campo, mas entre as que emergiram houve maior riqueza de espécies não pioneiras com valores de emergência superiores às pioneiras. Embora as pioneiras tenham sido abundantes, as não pioneiras foram representadas com maior riqueza de espécies emergidas, havendo, portanto, este equilíbrio entre elas. A inclusão do grupo sucessional como característica para a seleção das espécies na semeadura direta mostra a necessidade de se incluir maior proporção de espécies não pioneiras. Neste cenário, as pioneiras teriam a sua função mais ligada ao recobrimento da área por suas características de alta abundância e densidade na semeadura direta. Contudo, com base no observado no presente estudo, sugere-se que a proporção de sementes por espécie pioneiras deva ser reduzida para evitar a sua dominância no plantio. Desde que usadas em menor proporção, no início da semeadura podem favorecer a sucessão natural da área e o estabelecimento das outras espécies mais tardias.

As espécies com síndrome de dispersão zoocóricas devem ser divididas em grupos reprodutivos como precoces, com curto (< 3 anos) e tardias, com longo período (> 10 anos) para o início da formação de frutos. Espécies zoocóricas que apresentaram boa aptidão devido à boa emergência e abundância como *C. langsdorffii*, *H. courbaril* e *S. romanzoffiana* tendem a frutificar tardiamente, acima de 10 anos de idade. Em função disto, recomenda-se que na mistura de sementes para semeadura direta devam ser incorporadas espécies zoocóricas com frutificação em idades mais precoces.

A variação de emergência das 38 espécies pré-selecionadas foi de 0 a 53,4%, correspondendo ao encontrado por Bonilla-Moheno e Holl (2010) que apresentou resultados de emergência com variação entre 5% a 41% aos 2 anos para três espécies. Embora a legislação preconize a comercialização das sementes com dados de germinação emitidos por laboratórios oficiais (BRASIL, 2003), a maioria dos lotes adquiridos não apresentava laudos de qualidade, levando a uma compra e utilização sem informações sobre a qualidade inicial das sementes. Para as 15 espécies sem emergência em campo, os ensaios em laboratório confirmaram sua baixa qualidade e/ou ausência de germinação (L.S. Almeida, informações pessoais). O fato destas espécies estarem inviáveis ou apresentarem baixa viabilidade e, por consequência, não terem emergido em campo trazem algumas questões como:

- I) As sementes foram plantadas em profundidades que impediram sua emergência ou ficaram expostas?
- II) As espécies tinham algum grau de dormência não superada nos tratamentos realizados?
- III) As sementes permaneceram dormentes no solo após o sombreamento por espécies de rápido crescimento podendo emergir no futuro ou perder sua viabilidade ao longo do tempo?

Essas questões evidenciam a necessidade de realização de testes rápidos de avaliação da qualidade das sementes em laboratório (SCHMIDT *et al.*, 2019) e que permita obter-se estes resultados antes da semeadura direta, ainda na fase de seleção de espécies e aquisição de sementes. O fato de 15 das espécies testadas apresentarem baixa qualidade do lote de sementes não invalida que se busque testar estas espécies em outros ensaios. De acordo com Ferreira *et al.* (2009) é necessária a utilização de sementes de alta qualidade na semeadura direta. No entanto, mesmo espécies com baixo sucesso de estabelecimento são importantes para a diversidade e riqueza do plantio (PELLIZZARO *et al.*, 2017).

Germinabilidade e emergência foram variáveis que apresentaram alta correlação entre si ($r=0,81$), uma vez que a germinabilidade avalia a quantidade de sementes que emergiram (emergência) em relação ao que foi semeada fornecendo informações sobre o vigor das sementes utilizadas. A qualidade das sementes, expressa pela sua germinação em laboratório e pelo vigor, expresso por sua germinabilidade em campo, foi o fator que mais afetou a probabilidade de sucesso de estabelecimento das espécies. A baixa correlação da sobrevivência com a probabilidade de sucesso evidencia que os fatores que ocorreram de 0 a 90 dias, quando a maioria das sementes emergiu, foram mais determinantes para o número de plantas estabelecidas do que os fatores que ocorreram na pós-emergência e que afetaram a sobrevivência dos indivíduos dos 90 aos 720 dias de estudo. Considerando que a sobrevivência foi avaliada individualmente ao longo do tempo (0-720 dias), as condições ocorrentes na área na fase de estabelecimento das plantas não foram tão limitantes quanto aquelas na fase de emergência (0- 90 dias), uma vez que os filtros ambientais na emergência são maiores que no estabelecimento (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Isto significa que os filtros ocorrentes no início do plantio devem ser mais bem estudados para que na fase pós-emergência das plantas a sobrevivência não seja fator limitante para o desenvolvimento inicial da floresta.

Em relação a diversidade de espécies na sementeira direta, o índice de Shannon ($H' = 2,712$) foi inferior ao obtido em florestas nativas, como constatado em nove fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual ($H' = 3,272$) (CORSINI *et al.*, 2014), porém com maior equitabilidade ($J' = 0,8648$) em relação ao obtido pelos autores ($J' = 0,750$). Em estudo de diversidade em diferentes metodologias de plantio, a diversidade constatada variou de $H' = 3,017$ em plantio de restauração, a $H' = 1,965$ para plantio na técnica de nucleação e $H' = 2,008$ para restauração passiva (TRENTIN *et al.*, 2018). Estes dados demonstram o potencial do uso das 23 espécies emergentes tendo sido compatíveis com os resultados obtidos em outras áreas restauradas por meio do plantio de mudas, o que evidencia o potencial da sementeira direta em propiciar diversidade inicial na restauração.

Das 38 espécies selecionadas, 60,5% delas se estabeleceram após dois anos de plantio mesmo que com abundância variáveis, com alta sobrevivência dos indivíduos de cada uma das 23 espécies que emergiram ($82,7 \pm 15,2\%$). Em estudos por Campos-Filho *et al.* (2013) foi obtida estimativa entre 2% a 10% de sobrevivência das espécies após os 3 anos onde das 214 espécies utilizadas na sementeira alcançou-se sucesso em 89 (42%) das espécies utilizadas. Por sua vez, Pérez *et al.* (2019) obtiveram 4,3 a 22,3% de espécies sobreviventes, valores considerados baixos pelos autores. Considerando a dificuldade de se obter sementes e os altos custos de sua produção (URZEDO *et al.*, 2020), deve-se buscar na sementeira direta práticas que proporcionem o menor desperdício de sementes e a escolha eficiente das espécies.

A quantidade de sementes a ser utilizada na sementeira direta depende de estudos adicionais campo pois o custo das sementes ainda é o fator de alto impacto quando se refere à escolha da metodologia na restauração. Diversos estudos utilizaram em caráter experimental quantidades variáveis de sementes arbóreas e arbustivas de 200.000 (ISA, 2020) até 5.000.000 de sementes.ha⁻¹ (FERREIRA *et al.*, 2007) buscando obter resultados satisfatórios em termos de densidade de plântulas emergidas. No presente trabalho utilizou-se 250.000 sementes.ha⁻¹ resultando na densidade de 13.719 plantas.ha⁻¹, muito acima do empregado em plantios por mudas (1666 plantas.ha⁻¹). Na sementeira direta obteve-se a relação de 1:18,2 ou seja, para cada 18,2 sementes lançadas em campo obteve-se o estabelecimento de 1 (uma) planta aos dois anos. Plantios adensados por mudas com espaçamentos de 2 x 1 m a 1 x 1,5 m têm mostrado resultados positivos em relação ao desenvolvimento das plantas, sobrevivência e restabelecimento das funções ecológicas (NASCIMENTO *et al.*, 2012; GALETTI, *et al.*, 2018). Considerando que há uma relação linear entre a densidade de sementeira e a emergência de plântulas (MELI *et al.*, 2017), para

obter-se a densidade de 5.000 plantas.ha⁻¹ nas condições do presente estudo, teoricamente, poder-se-ia realizar a semeadura com 100.000 a 110.000 sementes.ha⁻¹, o que pode representar considerável redução na quantidade de sementes utilizadas, desde que empregando a seleção adequada de espécies.

A densidade de plantas estabelecidas pode ser usada como referencial para verificar o sucesso da semeadura direta. No presente trabalho se obteve o estabelecimento de 13.719 plantas.ha⁻¹, o que representa um incremento de até 326% acima de outros resultados de semeadura direta, apontada como sendo da ordem de cerca de 4200 indivíduos.ha⁻¹ (FREITAS *et al.*, 2019), acompanhando a estimativa de 1400 a 13.000 plantas.ha⁻¹ dependendo da densidade de semeadura (MELI *et al.*, 2017). A estimativa de obtenção de 1666 mudas.ha⁻¹ na metodologia de restauração por mudas faz com que se possa estabelecer a meta de atingir esta densidade por meio da semeadura direta. Apesar da mortalidade das plantas emergidas ainda assim, após dois anos a metodologia de semeadura direta tem sido apontada como capaz de superar ao plantio com mudas (AGUIRRE *et al.*, 2015). Estudos como os de Tunjai e Elliott (2012), mostraram que algumas espécies podem emergir, porém não se estabelecem ao longo do tempo.

O número de sementes se mostrou satisfatório para a técnica de semeadura direta obtendo uma alta densidade de indivíduos.ha⁻¹, podendo em estudos posteriores reduzir este número com a seleção e densidade de sementes correta por espécie. Na semeadura direta, a quantidade de indivíduos por hectare se mostrou eficiente no processo de cobertura do solo (AGUIRRE *et al.*, 2015). Deve-se lembrar, no entanto, que em áreas de restauração mais antigas o índice de diversidade em plantios com mudas cai drasticamente e o retorno dos processos ecológicos é prejudicado, visto que a área não atinge a resiliência adequada para sua sobrevivência.

Independentemente do número de indivíduos que emergiram e sobreviveram, a taxa de sobrevivência evidenciou as espécies que podem ser consideradas como mais “persistentes”. Entre estas estão as espécies cujas plantas emergidas demonstraram resistência às adversidades ambientais ocorridos ao longo do tempo, na fase pós semeadura e se mantiveram até aos 720 dias. A alta taxa da média de sobrevivência das espécies (82,7%) obtida aos 720 dias sugere que as manutenções iniciais e cuidados com a competitividade da área se mostrou eficiente e as espécies puderam se desenvolver e permanecer na área ao longo do tempo pois após o período crítico para as plantas houve maior sucesso das plantas em seu estabelecimento (FERREIRA *et al.*, 2009).

As espécies de adubo verde empregadas no plantio, *C. cajan* e *C. ensiformis*, tiveram papéis diferenciados na trajetória do plantio. Enquanto *C. ensiformis* permaneceu na área até aos 6 meses e não se mostrou eficiente no controle de *U. decumbens* necessitando de manutenções em suas linhas de plantio, por outro lado, *C. Cajan* exerceu a função de promover sombreamento a partir dos 360 dias e até a presente data necessitando de avaliação futura quanto ao seu benefício e facilitação para as espécies arbóreas.

Os filtros ambientais entre a emergência e o estabelecimento podem ter direcionado a comunidade para espécies filogeneticamente relacionadas (como as Fabaceae). Como estes índices são independentes do tamanho amostral, a presença de maior número de espécies de Fabaceae pode não ter interferido no resultado obtido. Contudo, este resultado deve ser verificado analisando-se o desempenho destas famílias/espécies em outras áreas, condições e proporções e optar por diversificar a utilização de mais famílias no mix. Recomenda-se o uso de espécies mesmo com baixos resultados de aptidão, pois estas contribuem para a diversidade inicial principalmente se a área possui pouca resiliência ou proximidade com fragmentos florestais.

A família Fabaceae se destacou neste estudo com 15 espécies emergentes, representando 61,1% dos indivíduos o que corrobora para a indicação de um conjunto dessas espécies para o início da restauração (MELI *et al.*, 2017). Além disso, espécies de Fabaceae mostraram-se viáveis na semeadura direta mesmo sem tratamentos para favorecimento de captação de nitrogênio e demonstram comportamentos de abundância e velocidade de estabelecimento que podem ser favoráveis no planejamento das espécies ao longo do tempo (SOARES; RODRIGUES, 2008).

A probabilidade de sucesso da espécie pode ser vista como um fator a ser considerado de grande importância nos critérios de seleção da espécie, pois a relação entre a germinabilidade e o estabelecimento das espécies permitem que se estime a quantidade de sementes a ser utilizada na área bem como a proporção e chance de sucesso no estabelecimento dos indivíduos. Da mesma forma, a classificação das espécies em classes de aptidão colabora com o restaurador para obter informações sobre as espécies a partir de seu comportamento e de sua probabilidade de sucesso. Espécies com notas baixas em relação ao crescimento (altura e diâmetro) devem ser consideradas como parte do grupo de espécies que contribuem para a diversidade fazendo com que a estrutura inicial da floresta se estabeleça e que estas espécies possam fazer parte tanto do dossel quanto do sub-bosque futuro. Esta categoria deve ter relativa tolerância a sombreamento e, de preferência, fazer parte das não pioneiras pois as espécies pioneiras podem ter problema de desenvolvimento se

permanecerem em ambiente sombreado tendo estiolamento e perda na competitividade. Por sua vez, espécies com alta taxa de germinabilidade proporcionam maior abundância de indivíduos e estiveram associadas a espécies com maior crescimento. Nestas condições é preciso atentar para a quantidade (nº ou massa) a ser empregada na área para que esta não se torne um problema de competitividade com as outras espécies. Em relação à aptidão, também outros fatores não analisados devem ser observados, como a predação. Neste estudo a espécie *E. contortisiliquum* foi altamente predada por formigas cortadeiras (*Atta* sp.) causando desfolha intensa, ao mesmo tempo mostrou-se sensível à competição com as invasoras apresentando estiolamento na presença de braquiária.

As espécies destacadas na classe de alta aptidão, devem ser priorizadas na restauração pela performance em desenvolvimento e sucesso de estabelecimento. Ao mesmo tempo, os custos da restauração podem diminuir na aquisição das sementes e a quantidade de indivíduos.ha⁻¹ pode favorecer a rápida cobertura do solo permitindo o controle das invasoras gramíneas. No entanto, para estas deve-se avaliar cuidadosamente a quantidade de sementes utilizadas na semeadura para que esta não influencie e exerça dominância do ambiente. Dentre estas destacaram-se *C. speciosa* que, apesar de ser considerada espécie não pioneira, apresentou rápido desenvolvimento tanto em crescimento quanto diâmetro enquanto as espécies *M. fistulifera* e *S. polyphylla* se destacaram pelo ótimo comportamento em sobrevivência e sucesso de estabelecimento.

As cinco espécies enquadradas na classe de média aptidão compõem o grupo das não pioneiras mostrando a importância de contemplar estas espécies para favorecer a diversidade do plantio. Dentre estas, *P. elegans*, *P. parviflora* e *C. langsdorffii* da família Fabaceae não possuem crescimento rápido, porém apresentaram bons resultados de germinabilidade e sobrevivência, enquanto *H. courbaril*, também da família Fabaceae e *A. urundeuva* da família Anacardiaceae demonstraram bons resultados em crescimento e estabelecimento. Estas espécies atuam no aumento da diversidade do plantio favorecendo a sucessão das espécies bem como atração de dispersores, porém são espécies com comportamento de desenvolvimento tardio necessitando de ambiente favorável ao longo do tempo.

As classes de aptidão regular e baixa reuniram a maior parte das espécies estudadas (n=15). As espécies da classe regular foram favorecidas pelo bom desenvolvimento em H e DAC, porém tiveram baixo rendimento nas variáveis de estabelecimento enquanto as espécies da classe de baixa aptidão obtiveram notas inferiores em quase todas as categorias, alcançando resultados aceitáveis apenas na variável sobrevivência visto que as espécies em geral tiveram sucesso nesta categoria. Estas espécies devem ser mais bem estudadas e

trabalhadas para favorecer o aumento de sua emergência e sobrevivência a partir da qualidade inicial do lote, profundidade de semeadura, manejo da área e competitividade.

A entrada de espécies não plantadas ou alóctones, colonizando a área, pode ser eficaz na fase de gatilho da restauração (FREITAS *et al.*, 2019) e podem ser constituídas por espécies de rebrota de regenerantes ou não semeadas que surgem na área (RODRIGUES, 2018). Isso, faz com que a área recupere o processo de sucessão de espécies e demonstre condição de resiliência ecológica e benefício para a construção de um ambiente favorável na formação da floresta (CABIN *et al.*, 2002). Das espécies regenerantes encontradas aos dois anos de idade verificou-se que poucas delas são de espécies semeadas e que a maior parte foram de espécies nem mesmo referenciadas nos estudos de semeadura direta. Portanto, estas espécies podem ser indicadas como potenciais para promover a sucessão e reestruturar a estrutura inicial da área.

O número de espécies alóctones e oriundas da regeneração natural, representou aproximadamente 1/3 da quantidade de mudas plantadas no sistema convencional de restauração por mudas. Isso ressalta o papel nucleador da semeadura direta quando próxima a fragmentos florestais tendo destacado seu potencial para promover o aumento da riqueza e diversidade de espécies. Outra questão relevante é o fato de que em muitas avaliações de estudos de semeadura direta, algumas espécies comuns como é o caso da *S. terebinthifolia*, *C. urucurana* e *Solanum* sp., provêm da chuva de sementes, mas são inclusas como oriundas da semeadura direta no relatório de cumprimento dos requisitos na legislação visto que não foram plantadas ou semeadas. O favorecimento da entrada destas espécies pode ter relação com as técnicas de manejo do solo e de controle da matocompetição com produtos seletivos e principalmente utilizados poucas vezes favorecendo um ambiente adequado para o desenvolvimento das espécies.

Os custos de práticas de manejo até o estabelecimento das espécies pela metodologia de semeadura direta, tem sido menor quando comparado ao valor de muda plantada estabelecida *versus* o custo das sementes com plantas estabelecidas (CAMPOS-FILHO *et al.*, 2013). A semeadura direta é técnica promissora em termos numéricos e econômicos quando comparada ao plantio de mudas (MELI *et al.*, 2017) porém, conforme observado por Oliveira *et al.* (2019), deve-se levar em conta que o grande número de plantas desfavorece a chegada de plântulas no sub-bosque e uma sucessão natural das espécies na formação da floresta. Portanto o recobrimento inicial deve passar por um desbaste natural ao longo do tempo, possibilitando que haja menor competição entre as espécies possibilitando o recrutamento e estabelecimento de espécies tardias

O processo de restauração da área é facilitado com a regeneração natural e para que isso ocorra Rezende e Vieira (2019) recomendam que possam ser utilizadas técnicas complementares para que ocorra maior ocupação da área e conseqüentemente quebrem barreiras que impeçam a emergência e estabelecimento de espécies. A semeadura direta se torna diante disso técnica com alto potencial em áreas com potencialidade de regeneração, pois pode aumentar a velocidade de estabelecimento de espécies locais regenerantes e dar condições para que espécies de diversos grupos e funções se estabeleçam e atraiam polinizadores e dispersores para melhorar a funcionalidade ecológica da área.

6 CONCLUSÃO

A seleção das espécies favoreceu o sucesso da técnica de semeadura direta na restauração ecológica, contribuindo com a obtenção de alta densidade de plantas (13.719 plantas.ha⁻¹) e para a riqueza (n= 23) e diversidade da área restaurada, com o aproveitamento de 60,5% das espécies e sobrevivência superior a 80% dos indivíduos que emergiram inicialmente.

O aproveitamento das sementes a partir da seleção das espécies, obtendo-se 1 muda estabelecida para cada 18 sementes semeadas, permite sugerir a possibilidade de reduzir-se a densidade de semeadura de 250.000 sementes.ha⁻¹ para 100.000 a 110.000 sementes.ha⁻¹.

As espécies *Ceiba speciosa*, *Mabea fistulifera*, *Senegalia polyphylla* apresentaram alta aptidão para semeadura direta devido à sua alta germinabilidade e sobrevivência, contudo tendem a ocorrer em alta densidade. Em função disto recomenda-se sua utilização cuidadosa, reduzindo a quantidade de sementes empregada para não gerar a dominância destas espécies na comunidade.

Platypodium elegans, *Poecilanthe parviflora*, *Copaifera langsdorffii* *Hymenaea courbaril* *Astronium urundeuva* foram classificadas consideradas como de média aptidão e também apresentaram no campo alta germinabilidade, sobrevivência e mesmo persistência, com a maioria dos indivíduos emergidos sobrevivendo até aos 720 dias após a semeadura.

O período entre a semeadura direta e 90 dias pós semeadura concentrou a ocorrência da emergência da maioria das espécies. A alta sobrevivência (> 80%) após a emergência sugerem que os filtros ambientais iniciais da restauração que atuam diretamente na germinação e desenvolvimento das plântulas devem ser trabalhados no planejamento do plantio.

A classificação das espécies em função da sua probabilidade de sucesso e em classes de aptidão trazem ao restaurador parâmetros para a seleção das espécies potenciais e para o cálculo da quantidade de sementes a ser utilizada na semeadura bem como a estrutura desejada para o desenvolvimento inicial do plantio.

Estudos com enriquecimento da área com espécies zoocóricas com início de frutificação precoce e mudas de espécies recalcitrantes como da família Myrtaceae são sugeridos para melhorar a diversidade e promover a atração da fauna para o local.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, A. G.; LIMA, J. T.; TEIXEIRA, J.; GANDOLFI, S. Potencial da semeadura direta na restauração florestal de pastagem abandonada no município de Piracaia, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 42, n. 4, p. 629-640, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/2236-8906-04/RAD/2015>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; PEREIRA FILHO, I. A.; VIANA, J. H. M.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. **Preparo convencional do solo**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2020. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_32_59200523355.html#:~:text=Ag%C3%Aancia%20Embrapa%20de%20Informa%C3%A7%C3%A3o%20Tecnol%C3%B3gica%20%2D%20Plantio%20Convencional&text=O%20preparo%20inicial%20do%20solo,popula%C3%A7%C3%A3o%20inicial%20de%20plantas%20invasoras>. Acesso em: 16 ago. 2020.

ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.; PAULA, R. C. Influência do tamanho e da procedência de sementes de mimosa *Caesalpiniaifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 877-885, 2005. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000600006>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

ALVIM, M. I. S. A.; OLIVEIRA JUNIOR, L. B. Análise da competitividade da produção de soja no sistema de plantio direto no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 505-528, 2005. Disponível em < <https://doi.org/10.1590/S0103-20032005000300006> >. Acesso em 16 de agosto de 2020.

ARATANI, R. G. Estudo exploratório dos termos “plantio direto” e “semeadura direta” e suas variações em bases de dados bibliográficas. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, SP, v. 9, n. 8, 2020. Disponível em <<https://orcid.org/0000-0003-0575-5528>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

ASANOK, L.; MAROD, D.; DUENGKAE, P.; PRANMONGKOL, U.; KUROKAWA, H.; AIBA, M.; KATABUCHI, M.; NAKASHIZUKA, T. Relationships between functional traits and the ability of forest tree species to reestablish in secondary forest and enrichment plantations in the uplands of northern Thailand. **Forest Ecology and Management**, v. 296, p. 9-23, 2013. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.029>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BAKER, S.; ECKERBERG, K. Ecological restoration success: a policy analysis understanding. **Restoration Ecology**, v. 24, n. 3, p. 284-290, 2016. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/rec.12339>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BARBOSA, L. M.; SHIRASUNA, R. T.; LIMA, F. C. DE; ORTIZ, P. R. T. **Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do estado de São Paulo**. In: Simpósio de Restauração Ecológica, VI, p. 303-436, 2015. Disponível em <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2019/10/lista-especies-rad-2019.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. Feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração de florestas tropicais. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 19-28, 2007. Disponível em <<https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744083003.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BENAYAS, J. M. R.; BULLOCK, J. M. Restoration of Biodiversity and Ecosystem Services on Agricultural Land. **Ecosystems**, v. 15, p. 883-899, 2012. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-012-9552-0>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BENINI, R. de M.; ADEODATO, S. Custos de Restauração da Vegetação Nativa no Brasil. **Economia da Restauração Florestal**. 2017. Disponível em <<https://www.nature.org/media/brasil/economia-da-restauracao-florestal-brasil.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BONILLA-MOHENO, M.; HOLL, K. D. Direct seeding to restore tropical mature-forest species in areas of slash-and-burn agriculture. **Restoration Ecology**, v. 18, n. S2, p. 438-445, 2010. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00580.x>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BOONCHALLENGE. The Barometer is a flexible progress-tracking tool that tracks the multiple dimensions of restoration planning, implementation and results2020. Disponível em: <<https://www.bonnchallenge.org/report-progress>>. Acesso em: 16 de agosto de 2020.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Procedimentos operacionais para aplicação de métodos de restauração florestal. *In*: BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de textos, 2015a. p. 251-285. <Disponível em <http://www.lcb.esalq.usp.br/sites/default/files/publicacao_arq/978-85-7975-019-9.pdf>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Procedimentos operacionais para aplicação de métodos de restauração florestal. *In*: BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de textos, p. 135-160, 2015b. 432 p. Disponível em <http://www.lcb.esalq.usp.br/sites/default/files/publicacao_arq/978-85-7975-019-9.pdf>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BRANCALION, P. H. S.; SCHWEIZER, D.; GAUDARE, U.; MANGUEIRA, J. R.; LAMONATO, F.; FARAH, F. T.; NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 856-867, 2016. Disponível em <http://lerf.eco.br/img/publicacoes/2016_Brancelion_etal_custos_ativa_passiva.pdf>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BRASIL. Lei nº 10.711 de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças - SNSM, e dá outras providências. **Diário Oficial da União** de 6 de agosto de 2003, Brasília, DF. p. 1, col. 2, 2003. Disponível em <[BRASIL. Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004. Aprova o regulamento da lei no 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional De Sementes E Mudanças - SNSM, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, p. 2004, 2004. Disponível em <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2004/decreto-5153-23-julho-2004-533120-norma-pe.html>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm#:~:text=LEI%20No%2010.711%2C%20DE%205%20DE%20AGOSTO%20DE%202003.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20Sistema%20Nacional,Mudas%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAscias.&text=Art.&text=Aplicam%2Dse%2C%20tamb%C3%A9m%2C%20no,25%20de%20abril%20de%201997.>http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm#:~:text=LEI%20No%2010.711%2C%20DE%205%20DE%20AGOSTO%20DE%202003.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20Sistema%20Nacional,Mudas%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAscias.&text=Art.&text=Aplicam%2Dse%2C%20tamb%C3%A9m%2C%20no,25%20de%20abril%20de%201997.>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.</p>
</div>
<div data-bbox=)

BRASIL. Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017. Institui a Política Nacional de recuperação da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, p. 7-10, 2017_a. Disponível em <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20186073/do1-2017-04-28-instrucao-normativa-n-17-de-26-de-abril-de-2016-20185922>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012. Seção 1, p.1. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em 16 de agosto de 2020

BRASIL. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2013. 97 p. Disponível em <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/instrucoes-para-analise-de-sementes-de-especies-florestais>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BRASIL. Instrução normativa nº 19, de 16 de maio de 2017. **Diário oficial da União**. Brasília, DF, E. 95, Seção 1, página 2, 2017_b. Disponível em <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20223673/do1-2017-05-19-instrucao-normativa-n-19-de-16-de-maio-de-2017-20223614>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BRASIL. Decreto nº 9.759, de 11 de abril de 2019. Extingue e estabelece diretrizes, regras e limitações para colegiados da administração pública federal. **Diário oficial da União**, Brasília, DF, 2019. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9759.htm>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BROADHURST, L. M.; LOWE, A.; COATES, D. J.; CUNNINGHAM, S. A.; MCDONALD, M.; VESK, P. A.; YATES, C. Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. **Evolutionary Applications**, v. 1, n. 4, p. 587-597, 2008. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2008.00045.x>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

BROWN, V.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; MAFRA, A. L.; MUZEKA, L. M. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 1, 2018. Disponível em <http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v13i1a5501>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

CABIN, R. J.; WELLER, S. G.; LORENCE, D. H.; CORDELL, S.; HADWAY, L. J. Effects of microsite, water, weeding, and direct seeding on the regeneration of native and alien species within a Hawaiian dry forest preserve. **Biological Conservation**, v. 104, n. 2, p. 181-190, 2002. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00163-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00163-X)>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

CAMPOS-FILHO, E. M.; COSTA, J. N. M. N.; SOUSA, O. L.; JUNQUEIRA, R. G. P. Mechanized direct-seeding of native forests in Xingu, central Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 32, n. 7, p. 702-727, 2013. Disponível em <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10549811.2013.817341>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

CECCON, E. **Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales**. México: Ediciones Diaz Santos, 2014. 288 p.

CECCON, E.; GONZÁLEZ, E. J.; MARTORELL, C. Is direct seeding a biologically viable strategy for restoring forest ecosystems? Evidences from a Meta-analysis. **Land Degradation and Development**, v. 27, n. 3, p. 511-520, 2016. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/ldr.2421>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

COLE, R. J.; HOLL, K. D.; KEENE, C. L.; ZAHAWI, R. A. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1590-1597, 2011. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.038>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

CORRÊA, L. S.; CARDOSO-LEITE, E.; CASTELLO, A. C. D.; COELHO, S.; ALESSANDRA; KORTZ, R.; VILLELA, F. N. J.; KOCH, I. Estrutura, composição florística e caracterização sucessional em remanescente de floresta estacional semidecidual no sudeste do Brasil. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 799-809, 2014. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000500004>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

CORSINI, C. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; MACHADO, E. L. M. Diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos situados na região nordeste de Minas Gerais. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 1-10, 2014. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0104-77602014000100001>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 527-535, 2003. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000300014>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

CROUZEILLES, R.; CURRAN, M.; FERREIRA, M. S.; LINDENMAYER, D. B.; GRELE, C. E. V.; REY BENAYAS, J. M. A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. **Nature Communications**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2016. Disponível em <<https://doi.org/10.1038/ncomms11666>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

DAVE, R.; SAINT-LAURENT, C.; MURRAY, L.; DALDEGAN, G. A.; BROUWER, R.; SCARAMUZZA, C. A. M.; RAES, L.; SIMONIT, S.; CATAPAN, M.; CONTRERAS, G. G. G.; NDOLI, A.; KARANGWA, C.; PERERA, N.; HINGORANI, S.; PEARSON, T. **Second Bonn Challenge progress report**. Application of the Barometer in 2018. Gland, Switzerland: IUCN, 2019. 80 p. Disponível em <<https://infoflr.org/bonn-challenge-barometer>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A.; DENARDIN, N. D.; WIETHÖLTER, S. **Diretrizes do Sistema Plantio Direto no contexto da agricultura conservacionista**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, v. 15, 2012. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/969148/diretrizes-do-sistema-plantio-direto-no-contexto-da-agricultura-conservacionista>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

DOUST, S. J.; ERSKINE, P. D.; LAMB, D. Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 234, n. 1-3, p. 333-343, 2006. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.07.014>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

DOUST, S. J.; ERSKINE, P. D.; LAMB, D. Restoring rainforest species by direct seeding: Tree seedling establishment and growth performance on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 5, p. 1178-1188, 2008. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.06.019>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

DUARTE-JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C.; PONCIANO, N. J. Avaliação econômica do milho e feijão em sistema de semeadura Direta e convencional em campos dos Goytacazes - RJ. **Scientia Agrária Paranaenses**. v. 7, n. 1-2, 2008. Disponível em: e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/2054/1625
Acesso em 20 de julho de 2020.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L.; TOREZAN, J. M.; MELO, A. C. G.; MARQUES, C. M.; MARTINS, S. V.; REIS, A.; SCARANO, F. R. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 471-485, 2010. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000300011>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 152, n. 1-3, p. 169-181, 2001. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00600-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00600-9)>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A. C.; BEARZOTI, E.; MOTTA, M. S. Tree species direct sowing for forest restoration. **Cerne**, v. 13, n. 3, p. 271-279, 2007. Disponível em <<http://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/319>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

2020.

FERREIRA, R. A.; SANTOS, P. L.; ARAGÃO, A. G. DE; SANTOS, T. I. S.; SANTOS-NETO, E. M. DOS; REZENDE, A. M. D. S. Semeadura direta com espécies florestais na implantação de mata ciliar no Baixo São Francisco em Sergipe. Brazil. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 81, p. 37-46, 2009. Disponível em <<http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/11885>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

FIDELIS, R. R.; ROCHA, R. N. C.; LEITE, U. T.; TANCREDI, F. D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 1, p. 23-31, 2003. Disponível em <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6432>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

FLORENTINE, S. K.; GRAZ, F. P.; AMBROSE, G.; O'BRIEN, L. The current status of different age, direct-seeded revegetation sites in an agricultural landscape in the Burrumbeet Region, Victoria, Australia. *Land Degradation and Development*, v. 24, n. 1, p. 81-89, 2013. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/ldr.1110>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

FREIRE, J. M.; URZEDO, D. I. ; PINA-RODRIGUES, F. C. M. A realidade das sementes nativas no Brasil: Desafios e oportunidades para a produção em larga escala. **Seed News**, p. 24-28, 2017. Disponível em <<http://doi.org/10.13140/RG.2.2.24162.02243/1>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

FREITAS, M. G.; RODRIGUES, S. B.; CAMPOS-FILHO, E. M.; CARMO, G. H. P.; VEIGA, J. M.; JUNQUEIRA, R. G. P.; VIEIRA, D. L. M. Evaluating the success of direct seeding for tropical forest restoration for over ten years. **Forest Ecology and Management**, v. 438, p. 224-232, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.024>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

GALETTI, G.; SILVA, J. M. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PIOTROWISKI, I. Análise multicriterial da estabilidade ecológica em três modelos de restauração florestal. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.48, p. 142-157, 2018. Disponível em <<http://doi.org/10.5327/Z2176-947820180301>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

GOMES, V.; FERNANDES, G.W. Germinação de aquênios de *Baccharis Dracunculifolia* d.c. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.16, n. 4, p. 421-427, 2002. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000400005>>. Acessado em 16 de agosto de 2020.

GORENSTEIN, M. **Diversidade de espécies em comunidades arbóreas: aplicação de índices de distinção taxonômica em três formações florestais do Estado de São Paulo**. 2009. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Departamento de Ciências Florestais, Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2009. Disponível em <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-10092009-082240/publico/Mauricio_Gorenstein.pdf>. Acesso em 16 de agosto de 2020

GUERIN, N.; ISERNHAGEN, I.; VIEIRA, D. L. M.; CAMPOS-FILHO, E. M.; CAMPOS, R. J. B. Avanços e próximos desafios da semeadura direta para restauração ecológica. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, v. 2, p. 331-376, 2015. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/273381379_Avancos_e_Proximos_Desafios_da_Semeadura_Direta_para_Restauracao_Ecologica#fullTextFileContent>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

GUOLLO, K.; POSSENTI, J. C.; FELIPPI, M.; QUIQUI, E. M. D.; LOIOLA, T. M. Avaliação da Qualidade fisiológica de sementes florestais através do teste de condutividade elétrica. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n.1, p. 86- 92, 2017. Disponível em <<http://doi.org/10.5747/ca.2017.v13.n1.a153>> Acesso em 15 de setembro de 2020.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis, version 2.17. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 9 pp, 2001. Disponível em: < <http://folk.uio.no/ohammer/past>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FANCELLI, A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 225-230, 2002. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000100023>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

HERNANI, L. C.; DENARDIN, J. E. Semeadura direta e plantio direto. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2020. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fh2b6ju802wyiv80rn0etnbpi5wnl.html>. Acesso em: 16 de Agosto de 2020.

HOLL, K. D. Restoring tropical forests from the bottom up How can ambitious forest restoration targets be implemented on the ground? **SCIENCE**, v. 355, p. 455- 456, 2017. Disponível em < <https://doi.org/10.1126/science.aam5432> >. Acesso em 20 de Agosto de 2020.

HOOPER, D. U.; CHAPIN, F. S.; EWEL, J. J.; HECTOR, A.; INCHAUSTI, P.; LAVOREL, S.; LAWTON, J. H.; LODGE, D. M.; LOREAU, M.; NAEEM, S.; SCHMID, B.; SETÁLÃ, H.; SYMSTAD, A. J.; VANDERMEER, J.; WARDLE, D. A. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. **Ecological Monographs**, v. 75, n. 1, p. 3-35, 2005. Disponível em <<https://doi.org/10.1890/04-0922>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

HOOPER, E.; CONDIT, R.; LEGENDRE, P. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in panama. **Ecological Applications**, v. 12, p. 1626-1641, 2002. Disponível em <[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[1626:RONTST\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[1626:RONTST]2.0.CO;2)>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

HOSSAIN, F.; ELLIOTT, S.; CHAIRUANGSRI, S. Effectiveness of direct seeding for forest restoration on severely degraded land in Lampang Province, Thailand. **Open Journal of Forestry**, v. 04, n. 05, p. 512-519, 2014. Disponível em <<http://doi.org/10.4236/ojf.2014.45055>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

INITIATIVE 20x20, 2020. Disponível em: <<https://initiative20x20.org/about>>. Acesso em: 24 jun. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

ISA. INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2020. **Guia da Muvuca**. Disponível em: <<https://us14.campaign-archive.com/?u=2e9f3527128e6ed6d086fc5b4&id=64400ed51b>>. Acesso em: 04 jul. 2020.

ISERNHAGEM, I. **Uso de semeadura direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências - Recursos Florestais) - Departamento de Ciências Florestais, Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010. Disponível em < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-20102010-155109/pt-br.php>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; SILVA, G. F. DA; CALDEIRA, M. V. W.; PIMENTA, L. R.; TOLEDO, J. V. Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata de Tabuleiros - ES. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 69-79, 2015. Disponível em < <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100007>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. Implantação e manejo do sistema plantio direto. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2000. 36p. Disponível em < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/850206/1/CNPTDOCUMENNTOS20IMPLANTACAOEMANEJODOSISTEMAPLANTIODIRETOFL13398.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

LANDSCAPE NEWS. 2020 is the first Bonn Challenge deadline. What does the Barometer say? Disponível em: <<https://news.globallandscapesforum.org/38040/2020-is-the-first-bonn-challenge-deadline-what-does-the-barometer-say/>>. Acesso em: 10 de ago. 2020.

LEWIS, S. L.; WHEELER, C. E.; MITCHARD, E. T. A.; KOCH, A. Regenerate natural forests to store carbon. **Nature**, v. 568, p. 25-28, 2019. Disponível em <http://doi.org/10.1038/d41586-019-01975-0>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

LIMA, P. A. F.; ALBUQUERQUE, L. B.; MALAQUIAS, J. V.; GATTO, A.; AQUINO, F. G. Eficiência de regenerantes como indicador de restauração ecológica no Cerrado, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, 2016. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15106> >. Acesso em 16 de agosto de 2020.

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

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. I - Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 36, n. 5, 2012. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500020>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

MELI, P.; ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, E. C. C.; BEHLING, M.; RODRIGUES, R. R. Optimizing seeding density of fast-growing native trees for restoring the Brazilian Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 2, p. 212-219, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/rec.12567>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

MERRITT, D. J.; DIXON, K. W. Restoration seed banks—a matter of scale. **Science**, v. 332, p. 424-425, 2011. Disponível em <[10.1126/science.1203083](https://doi.org/10.1126/science.1203083)>. Acesso de 16 de agosto de 2020.

MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **Oecologia australis**, v. 14, n. 2, p. 437-451, 2010. Disponível em <<http://doi.org/10.4257/oeco.2010.1402.07>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

MORI, E. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREITAS, N. P. **Guia para germinação de 100 espécies nativas**. p. 19-26, 2012. Disponível em <<http://esalq.lqstrop.com.br/img/publicacoes/C2.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

MOURA, R. Ainda é pouco: “Maior projeto de reflorestamento da história” recupera menos de 5% do desmatamento anual na Amazônia. **BBC**, 2018. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/internacional-42485742>>. Acesso em: 06 jun. 2020. Nature Conservancy, 2017. 136 p.

NASCIMENTO, D. F. DO; LELES, P. S. DOS S.; NETO, S. N. DE O.; MOREIRA, R. T. S.; ALONSO, J. M. Initial growth of six forest tree species in different spacing conditions. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 159–165, 2012. Disponível em <[10.1590/S0104-77602012000100019](https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000100019)>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

NORONHA, B. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 393-402, jan.-mar., 2018. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509831615>> Acesso em 15 de setembro de 2020.

NOSS, R.F. Assessing and monitoring forest biodiversity: A suggested framework and indicators. **Forest Ecology and Management**, v. 115, n. 2-3, p. 135-146, 1999. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00394-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00394-6)>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

OLDFIELD, S.; OLWELL, P. The right seed in the right place at the right time. **BioScience**, v. 65, p. 955-956, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.1093/biosci/biv127>>. Acesso em 16 de agosto de 2020

OLIVEIRA, M. C.; LEITE, J. B.; GALDINO, P. S.; OGATA, R. S.; SILVA, D. A.; RIBEIRO, J. F. Sobrevivência e crescimento de espécies nativas do Cerrado após semeadura direta na recuperação de pastagem abandonada. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 14, n. 3, p. 313-327, 2019. Disponível em <<https://neotropical.pensoft.net/article/38290/>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

PAGLIARINI, M. K.; NASSER, M. D.; NASSER, F. A. C. M.; CAVICHIOLI, J. C.; CASTILHO, R. M. Influência do tamanho de sementes e substratos na germinação e biometria de plântulas de jatobá. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 5, p. 33-38, 2014. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/326782656_Influencia_do_tamanho_de_sementes_e_substratos_na_germinacao_e_biometria_de_plantulas_de_jatoba>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

PALMA, A. C.; LAURANCE, S. G. W. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? **Applied Vegetation Science**. v. 18, p. 561-568, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/avsc.12173>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

PALMER, M. A.; FALK, D. A.; ZEDLER, J. B. Ecological Theory and Restoration Ecology. In: **Foundations of restoration ecology**. Washington, DC: Island Press, p. 3-26, 2006. Disponível em <http://doi.org/10.5822/978-1-61091-698-1_1>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

PELLIZZARO, K. F.; CORDEIRO, A. O. O.; ALVES, M.; MOTTA, C. P.; REZENDE, G. M.; SILVA, R. R. P.; RIBEIRO, J. F.; SAMPAIO, A. B.; VIEIRA, D. L. M.; SCHMIDT, I. B. “Cerrado” restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. **Brazilian Journal of Botany**, v.40, p. 681-693, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s40415-017-0371-6>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

PEREIRA, S. R. **Recuperação florestal através de semeadura direta: uso da superação de dormência e influência do tamanho de sementes e de gramíneas exóticas no estabelecimento de espécies de árvores**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1758?show=full>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

PÉREZ, D. R.; GONZÁLEZ, F.; CEBALLOS, C.; ONETO, M. E.; ARONSON, J. Direct seeding and outplantings in drylands of Argentinean Patagonia: estimated costs, and prospects for large-scale restoration and rehabilitation. **Restoration Ecology**, v. 27, n. 5, p. 1105-1116, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/rec.12961>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

PIETRO-SOUZA, W.; SILVA, N. M. Plantio manual de muvuca de sementes no contexto da restauração ecológica de áreas de preservação permanente degradadas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 3, p. 63-74, 2014. Disponível em <<http://revistas.abagroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/15350>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de cerrado. **Scientia Forestalis**, p. 389-399, 2013. Disponível em <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr99/cap10.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; MARTINS, R. B. **Sementes florestais**: Guia para a germinação de 100 espécies nativas. 1º Edição, p. 19-26, 2012. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/236596314_Sementes_florestais_guia_para_a_germinacao_de_100_especies_nativas>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; SILVA, J. M.; PIOTROWSKI, I.; LOPES, G.; GALETTI, G.; FRANCO, F. S.; ALVARES, S. M. R. **Protocolo de monitoramento da funcionalidade ecológica de áreas de restauração**, 2015. Disponível em <<http://doi.org/10.13140/RG.2.1.2324.1681>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

PLANAVEG. Plano nacional da recuperação da vegetação nativa. Brasília, 2017. Disponível em <http://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/planaveg_publicacao.pdf>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

POTAPOV, P.; LAESTADIUS, L.; MINNEMEYER, S. Atlas of Forest and Landscape Restoration Opportunities. **World Resources Institute**, 2011. Disponível em: <www.wri.org/forest-restoration-atlas. 2011>. Acesso em: 16 de jul. 2020.

RAUPP, P. P.; FERREIRA, M. C.; ALVES, M.; CAMPOS-FILHO, E. M.; SARTORELLI, P. A. R.; CONSOLARO, H. N.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeding reduces the costs of tree planting for forest and savannah restoration. **Ecological Engineering**. v.148, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105788>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 2, p. 509-518, 2014. Disponível em <<https://doi.org/10.5902/1980509814591>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

REIS, L. K.; GUERRA, A.; COLADO, M. L. Z.; BORGES, F. L. G.; OLIVEIRA, M. R.; GONDIM, E. X.; SINANI, T. R. F.; GUERIN, N.; GARCIA, L. C. Which spatial arrangement of green manure is able to reduce herbivory and invasion of exotic grasses in native species? **Ecological Applications**, v. 19, n. 8, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/eap.2000>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

REZENDE, G. M.; VIEIRA, D. L. M. Forest restoration in southern Amazonia: Soil preparation triggers natural regeneration. **Forest Ecology and Management**, v. 433, p. 93-104, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.049>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. Instituto BioAtlântica. São Paulo: LERF/ESALQ, 2009, 256 p. Disponível em <<http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/produzidos/livros/pacto2009.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

RODRIGUES, S. B. **Espécies semeadas e colonizadoras garantem a trajetória sucessional da restauração de florestas na bacia do Alto Xingu**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/31947/1/2018_SilviaBarbosaRodrigues.pdf>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

ROHR, J. R.; BERNHARDT, E. S.; CADOTTE, M. W.; CLEMENTS, W. H. The ecology and economics of restoration: when, what, where, and how to restore ecosystems. **Ecology and Society**, v. 23, n. 2, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.5751/ES-09876-230215>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Cultivo mínimo**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2020. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_85_22122006154841.html>. Acesso em: 03 ago. 2020.

SAMPAIO, A. B.; VIEIRA, D. L. M.; HOLL, K. D.; PELLIZZARO, K. F.; ALVES, M.; COUTINHO, A. G.; CORDEIRO, A.; RIBEIRO, J. F.; SCHMIDT, I. B. Lessons on direct seeding to restore Neotropical savana. **Ecological Engineering**. v.138, p. 148 - 154, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.025>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SANTOS, M. M.; ATAÍDE, G. M.; PIRES, R. M. O. Qualidade fisiológica de sementes de garapa (*Apuleia leiocarpa*) submetidas ao envelhecimento acelerado. **Biotemas**, n. 32, v. 4, p. 11-17, 2019. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n4p11>>. Acesso em 15 de setembro de 2020.

SANTOS, I. P. **Aptidão de espécies florestais para a restauração ecológica**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, 2016. Disponível em <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10606?show=full>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SANTOS, P. L.; FERREIRA, R. A.; ARAGÃO, A. G.; AMARAL, L. A.; OLIVEIRA, A. S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.36, n.2, p. 237-245, 2012. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000200005>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resolução nº32/2014, de 05 de abril de 2014. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Seção I. p. 36-37. Meio Ambiente, 2014. Disponível em <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/Resolucao-SMA-014-2014.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SÃO PAULO. Portaria CBRN 1/2015 - Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica. Secretaria do meio ambiente coordenadoria de biodiversidade e recursos naturais. **Diário Oficial do estado de São Paulo**. Portaria CBRN 01/2015. Estabelece o Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica, 2015. Disponível em <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/2015_1_15_Procoto_lo_monitorame nto_restauracao_vfinal.pdf>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SCHMIDT, I. B.; FERREIRA, M. C.; SAMPAIO, A. B.; WALTER, B. M. T.; VIEIRA, D. L. M.; HOLL, K. D. Tailoring restoration interventions to the grassland-savanna-forest complex in central Brazil. **Restoration Ecology**, v. 27, p. 942-948, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/rec.12981>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SEIXAS, C. S.; PRADO, D. S.; JOLY, C. A.; MAY, P. H.; NEVES, E. M. S. C.; TEIXEIRA, L. R. Governança ambiental no Brasil: rumo aos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS)? **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v. 25, n. 81, 2020. Disponível em <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cgpc/article/view/81404>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SER. Society for Ecological Restoration. International, Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. Princípios da SER International sobre a restauração ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International, 2004. Disponível em <https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-portuguese.pdf>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SHOO, L. P.; FREEBODY, K.; KANOWSKI, J.; CATTERALL, C. P. Slow recovery of tropical old-field rainforest regrowth and the value and limitations of active restoration. **Conservation Biology**, v. 30, n. 1, p. 121-132, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/cobi.12606>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SILVA, A. M.; RODGERS, J. Deforestation across the world: Causes and alternatives for mitigating. *International Journal of Environmental Science and Development*, v. 9, p. 67- 73, mar. 2018. Disponível em <<http://www.ijesd.org/vol9/1075-T0003.pdf>>. Acesso em 01 de setembro de 2020.

SOARES, P. G.; RODRIGUES, R. R. Semeadura direta de leguminosas florestais: Efeito da inoculação com rizóbio na emergência de plântulas e crescimento inicial no campo. **Scientia Florestalis**, v. 36, n. 78, p. 115-121, jun. 2008. Disponível em <<http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/tecnicos/2008sfv36n78p115-121.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SOUZA, D. C.; ENGEL, V. L. Direct seeding reduces costs, but it is not promising for restoring tropical seasonal forests. **Ecological Engineering**, v. 116, p. 35-44, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.02.019>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SOUZA-FILHO, A. P. S. Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcoólicos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 357- 364, 2002. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582002000300005>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SUDING, K.; HIGGS, E.; PALMER, M.; CALLICOTT, J. B.; ANDERSON, C. B.; BAKER, M.; GUTRICH, J. J.; HONDULA, K. L.; LAFEVOR, M. C.; LARSON, B. M. H.; RANDALL, A.; RUHL, J. B.; SCHWARTZ, K. Z. S. Committing to ecological restoration. **Science**, v. 348, p. 638-640, 2015. Disponível em <<http://doi.org/10.1126/science.aaa4216>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

SUGANUMA, M. S.; ASSIS, G. B.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Ecosistemas de referência para restauração de matas ciliares: existem padrões de biodiversidade, estrutura florestal e atributos funcionais? **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 835-847, 2013. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500006>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

TRENTIN, B. E.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F. S.; GORENSTEIN, M. R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 160-174, 2018. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509831647>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

TRIPATHI, R. S.; KHAN, M. L. Effects of seed weight and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in a subtropical wet hill forest. **Oikos**, v. 57, p. 289-296, 1990. Disponível em <<http://doi.org/10.2307/3565956>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

TUNJAI, P.; ELLIOTT, S. Effects of seed traits on the success of direct seeding for restoring southern Thailand's lowland evergreen forest ecosystem. **New Forest**, v. 43, n. 3, 2012. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s11056-011-9283-7>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

TYMUS, J. R. C.; LENTI, F. E. B.; SILVA, A. P. M.; ISERNHAGEN, I. Restauração da vegetação nativa no Brasil. Caracterização de técnicas e estimativas de custo. Relatório de Pesquisa, 2018. Disponível em <<https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/restauracao-da-vegetacao-nativa-no-brasil.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

URZEDO, D. I.; FISHER, R.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREIRE, J. M.; JUNQUEIRA, R. G. P. How policies constrain native seed supply for restoration in Brazil. **Restoration Ecology**, v. 27, n. 4, p. 768- 744, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/rec.12936>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

URZEDO, D. I.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FELTRAN-BARBIERI, R.; JUNQUEIRA, R. G. P.; FISHER, R. Seed networks for upscaling forest landscape restoration: is it possible to expand native plant sources in Brazil? **Forests**, v. 11, n. 259, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/f11030259>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

URZEDO, D. I.; VIDAL, E., SILLS, E. O., PIÑA-RODRIGUES, F. C. M., JUNQUEIRA, R. G. P. Tropical forest seeds in the household economy: effects of market participation among three sociocultural groups in the Upper Xingu region of the Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, v. 43, p. 13-23, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.1017/S0376892915000247>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

VIANI, R. A. G.; HOLL, K. D.; PADOVEZI, A.; STRASSBURG, B. B. N.; Farah, F. T.; Garcia, L. C.; Chaves, R. B.; Rodrigues, R. R.; Brancalion, P. H. S. Protocol for monitoring tropical forest restoration. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 1-8, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.1177/1940082917697265>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

VILLELA, F. N. J.; MANFREDINI, S.; CORRÊA, A. J. M.; CARMO, J. B. Morfopedologia e zoneamento voltado à ocupação. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, v. 30, p. 179-192, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.11606/rdg.v30i0.102857>>. Acesso em 16 de agosto de 2020.

WALBOONYA, P.; ELLIOTT, S. Sowing time and direct seeding success of native tree species for restoring tropical forest ecosystems in northern Thailand. **New Forests**. v. 51, p. 81-99, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s11056-019-09720-1>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

WOODS, K; ELLIOTT, S. Direct seeding for forest restoration on abandoned agricultural land in northern Thailand. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 16, n. 2, p. 248-259, 2004. Disponível em <<https://www.jstor.org/stable/23616517>>. Acesso em 16 de Agosto de 2020.

ANEXO 1 Análise do solo da área de semeadura 6 meses antes do plantio

CELQA - Análises Técnicas Ltda.

Laboratório de Química Analítica - Registro no C.R.Q. No 14.594-F - Quarta Região.

RELATÓRIO DE ANÁLISE EM SOLO

SOLICITAÇÃO	S- 2.225/ 17 / 9.489 a 9.498	ENTRADA: 30/05/2017	SAÍDA: 05/06/2017
SOLICITANTE	UFSCAR / IVONIR		
ENDEREÇO			
INTERESSADO	IVONIR [rinove@msn.com] / amostras entregue por Neri		

Nº CELQA:	Identificações das amostras:	Nº CELQA:	Identificações das amostras:
9.489	SAF 0-20	9.494	TRATAM B 20-40
9.490	SAF 20-40	9.495	TRATAM C 0-20
4.491	TRATAM A 0-20	9.496	TRATAM C 20-40
9.492	TRATAM A 20-40	9.497	TRATAM D 0-20
9.493	TRATAM B 0-20	9.498	TRATAM D 20-40

Parâmetro analisado / unidade	9.489	9.490	9.491	9.492	9.493	9.494	9.495	9.496	9.497	9.498
pH	5,2	4,9	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	4,8	5,0	4,7
MO Matéria Orgânica g/dm ³	23	19	22	21	24	19	26	18	22	17
P Fósforo mg/dm ³	3	3	8	10	8	8	11	2	5	6
K Potássio mmol/dm ³	1,1	1,0	1,8	1,2	1,6	1,2	1,3	1,0	1,2	0,9
Ca Cálcio mmol/dm ³	46	42	35	31	34	32	41	43	47	39
Mg Magnésio mmol/dm ³	12	11	9	7	8	9	8	7	11	8
H+Al Hidrogênio + Alumínio mmol/dm ³	34	45	54	55	52	53	44	42	38	41
Al Alumínio mmol/dm ³	0	1	4	4	4	4	3	2	0	3
S-SO ₄ Enxofre mg/dm ³	7	6	5	4	6	5	6	7	4	7
SB Soma de Bases mmol/dm ³	59	54	46	39	44	42	50	51	59	48
CTC Capacidade Troca cátions mmol/dm ³	93	99	100	94	96	95	94	93	97	89
V% Saturação por bases %	63	55	46	42	46	44	53	55	61	54
m% Saturação por alumínio %	0	2	8	9	8	9	6	4	0	6
B Boro mg/dm ³	0,29	0,30	0,31	0,31	0,33	0,30	0,31	0,27	0,30	0,26
Cu Cobre mg/dm ³	1,3	1,0	1,0	0,6	0,7	0,3	0,7	0,4	0,9	0,7
Fe Ferro mg/dm ³	124	135	165	142	186	185	210	86	136	142
Mn Manganês mg/dm ³	32,0	24,0	38,0	28,0	42,0	38,0	45,0	25,0	41,0	26,0
Zn Zinco mg/dm ³	0,6	0,7	1,0	0,8	0,9	0,7	0,6	0,5	0,8	0,2
K/CTC % K na CTC	1,2	1,0	1,8	1,3	1,7	1,3	1,4	1,1	1,2	1,0
Ca/CTC % Ca na CTC	49,4	42,4	35,1	32,9	35,6	33,6	43,5	46,2	48,4	43,9
Mg/CTC % Mg na CTC	12,9	11,1	9,0	7,4	8,4	9,5	8,5	7,5	11,3	9,0
K/Ca Relação K/Ca	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K/Mg Relação K/Mg	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Ca/Mg Relação Ca/Mg	3,8	3,8	3,9	4,4	4,3	3,6	5,1	6,1	4,3	4,9
P/Mn Relação P/Mn	0,1	0,1	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
P/Zn Relação P/Zn	5,0	4,3	8,0	12,5	8,9	11,4	18,3	4,0	6,3	30,0
K/Mn Relação K/Mn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe/Mn Relação Fe/Mn	3,9	5,6	4,3	5,1	4,4	4,9	4,7	3,4	3,3	5,5

NOTA: Estes resultados têm significação restrita e referem-se a amostra analisada.


José Carlos Machado de Almeida.
CRQ Nº 04.404.512-4ª Região

metodologia

pH em CaCl₂; P, K, Ca, Mg - resina; S-SO₄ Fósforo monocalcico 0,01 M; B água quente; Cu, Fe, Mn, Zn.: DTPA.

LABORATORIO - Av. Carlos Sonetti, 930 - Jd Prestes de Barros - 18021-200 - Sorocaba - SP - fone 15-3227-2194 - celqa@terra.com.br.

ANEXO 2 Tratamentos de quebra de dormência aplicados nas sementes com dormência, antes da semeadura direta realizada em dezembro de 2017, no município de Sorocaba- SP.

Nome científico	Família	Tratamento de quebra de dormência
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	Fabaceae	Imersão em água quente a 80°C, fora do aquecimento, por 3 minutos
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Fabaceae	Imersão em água quente a 90°C, fora do aquecimento, por 10 minutos
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Malvaceae	Imersão em água a temperatura ambiente por 24h
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae	Imersão em água temperatura ambiente por 96 horas
<i>Croton floribundus</i> (Spreng.) Harms	Euphorbiaceae	Imersão em água por 24 horas
<i>Croton urucurana</i> Baill.	Euphorbiaceae	Imersão em água 50° C, fora do aquecimento por 2 min; após colocar em água temperatura ambiente
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fabaceae	Imersão em água a 80° C, fora do aquecimento por 12 horas
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Imersão em água temperatura ambiente por 48 horas
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	Imersão em água quente a 90°C, fora do aquecimento, por 1 minuto
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	Imersão em água a 90°C, mantendo até temp. ambiente
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Moraceae	Emergir as sementes em água a 96°C, retirar a fonte de calor e manter na mesma água por 24h
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Fabaceae	Imersão em água quente a 80°C, fora do aquecimento, por 18 horas
<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	Anacardiaceae	Imersão em água a 25° C por 24h
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	Fabaceae	Imersão em água a 50°C seguida de rápida imersão em água temperatura ambiente
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	Imersão em água 12h em 30°C e 12h em 20°C
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae	Imersão em água 80° C, tira do aquecimento e mantém por 5 min

Nome científico	Família	Tratamento de quebra de dormência
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Fabaceae	Imersão das sementes em água por 36h
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Fabaceae	Imersão em água a 65°C, fora do aquecimento, por mais 12 horas a partir da temperatura ambiente
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Fabaceae	Imersão em água a temperatura ambiente por 2h
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae	Imersão em água quente a 100°C, fora do aquecimento, por 24 horas
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	Imersão em água temperatura ambiente por 96 horas

ANEXO 3 Acrônimos das espécies emergidas em estudo de semeadura direta no município de Sorocaba- SP.

Acrônimo	Nome científico	Família
ASTURU	<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	Anacardiaceae
BIXORELLANA	<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae
CEDFISSI	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae
CEISPECIOS	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Malvaceae
CEN	<i>Centrolobium robustum</i> (Vell.) Mart. Ex Benth.	Fabaceae
CIT	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Verbenaceae
COPLAN	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae
ENT	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fabaceae
GENAMERIC	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae
HAN	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Bignoniaceae
HYMCOUR	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae
JACCUS	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Bignoniaceae
MABFISTULI	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Euphorbiaceae
MIMBIMUCR	<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Fabaceae
PELD	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae
PIPGO	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Fabaceae
PLAE	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	Fabaceae
POEP	<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	Fabaceae
PTER	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Fabaceae
PTENIT	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Fabaceae
SENPOL	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Fabaceae
SYAROMAN	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae
TABROSE	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Bignoniaceae