


# NOTA TÉCNICA

## OPORTUNIDADES DE PESQUISA SOBRE A SEMEADURA DIRETA PARA A RESTAURAÇÃO DE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS

# NOTA TÉCNICA: OPORTUNIDADES DE PESQUISA SOBRE A SEMEADURA DIRETA PARA A RESTAURAÇÃO DE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS

**Henrique Aguiar de Oliveira (coordenação e revisão)**
Agroicone
Iniciativa Caminhos da Semente

**Edézio Carlos Santos Silva Miranda (revisão)**
Agroicone
Iniciativa Caminhos da Semente

**Eduardo Malta Campos Filho (revisão)**
Instituto Socioambiental (ISA)
Iniciativa Caminhos da Semente

**Laura Barcellos Antoniazzi (revisão)**
Agroicone
Iniciativa Caminhos da Semente

**Matheus Rezende de Mesquita Correia (revisão)**
Instituto Socioambiental (ISA)
Iniciativa Caminhos da Semente

**Sílvia Barbosa Rodrigues (revisão)**
VUniversidade de Brasília (UnB)
Iniciativa Caminhos da Semente

**Sugestão de citação:**

Miranda, E.; et al. 2025. Oportunidades de Pesquisa sobre a Semeadura Direta para a Restauração de Ecossistemas Florestais. Nota Técnica. 55p.

ISBN: 978-65-01-70155-4

*É permitida a reprodução desde que citada a fonte.



CAMINHOS da SEMENTE

# NOTA TÉCNICA

## OPORTUNIDADES DE PESQUISA SOBRE A SEMEADURA DIRETA PARA A RESTAURAÇÃO DE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS



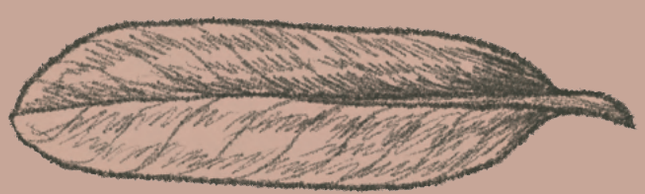
# QUEM SOMOS

A Iniciativa Caminhos da Semente é uma rede colaborativa de pessoas e organizações dedicada a ampliar e dar escala à restauração ecológica no Brasil por meio do método de semeadura direta. Desde 2019, a iniciativa já apoiou a restauração de mais de 5.000 hectares em 11 estados e no Distrito Federal/DF, por meio de mais de 150 plantios com apoio técnico direto ou indireto. Além disso, promove capacitações, produz materiais de divulgação, incentiva a produção e o uso de sementes nativas e apoia a formulação e regulamentação de políticas e programas públicos e privados voltados à restauração ecológica, fortalecendo uma rede de atores comprometidos com a restauração.  A Iniciativa é executada pela Agroicone, Instituto Socioambiental/ISA, Rede de Sementes do Cerrado/RSC e outros parceiros estratégicos como a Embrapa. A Caminhos da Semente é iniciativa-irmã do Redário, articulação que reúne 37 redes e grupos de coletores de sementes nativas, com o objetivo de potencializar impactos socioambientais positivos e estruturar a base da cadeia de restauração em larga escala.



# ÍNDICE


1. RESUMO EXECUTIVO 6
2. APRESENTAÇÃO 8
3. BENEFÍCIOS DA SEMEADURA DIRETA PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E IMPORTÂNCIA DE UMA AGENDA DE PESQUISA E INOVAÇÃO 10
4. TEMA 1: SELEÇÃO DE ESPÉCIES, DENSIDADES E PROCEDÊNCIAS 14
   - 4.1. Fases de Ocupação e Estudos de Autoecologia 15
   - 4.2. Tecnologias de Sementes 17
   - 4.3. Estudos de Composição e Arranjos de Espécies 18
5. TEMA 2: PREPARO DO SOLO 19
   - 5.1. Controle de Plantas Indesejáveis 20
   - 5.2. Cronograma da Restauração 22
   - 5.3. Calagem e Adubação 22
   - 5.4. Uso de Cobertura Morta - Preparo para um Plantio Direto 23
6. TEMA 3: FORMAS DE PLANTIO 24
   - 6.1. Adaptação e Desenvolvimento de Implementos Específicos para Semeadura Direta 25
   - 6.2. Técnicas Complementares e Arranjos de Plantio 27
   - 6.3. Incremento de Biomassa 28
   - 6.4. Adubação e Bioinsumos 29
7. TEMA 4: MANEJO 30
   - 7.1. Controle de espécies indesejadas pós plantio 31
   - 7.2. Manejo de Trepadeiras e Lianas de Crescimento Agressivo 32
   - 7.3. Estudos de Técnicas de Manejo Adaptativo 33
8. SÍNTESE DE PERGUNTAS E SUGESTÕES DE EXPERIMENTOS PARA PESQUISA EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA COM SEMEADURA DIRETA E RESPECTIVO HORIZONTE TEMPORAL 34
9. AGRADECIMENTOS 44
10. REFERÊNCIAS 46



# 1. RESUMO EXECUTIVO

A semeadura direta é um método eficiente e de baixo custo para a restauração de ecossistemas florestais, savânicos e campestres, caracterizada pelo plantio de sementes nativas diretamente no solo preparado. Aplicada em alta densidade e diversidade de espécies, essa abordagem favorece a sucessão ecológica e simula processos de regeneração natural, promovendo rápida cobertura do solo, fechamento do dossel e inclusão de múltiplos grupos funcionais. Sua versatilidade permite aplicações tanto em áreas de restauração total como no enriquecimento de áreas em regeneração natural, utilizando métodos manuais ou mecanizados.

Além dos benefícios ecológicos, a semeadura direta fortalece cadeias socioeconômicas ao envolver comunidades locais na coleta e comercialização de sementes. Essa combinação e mistura de sementes de diversas espécies é conhecida, popularmente, como muvuca de sementes. No Brasil, o método ganhou destaque a partir de experiências na Bacia do Xingu/MT e em Araras/SP, e desde então vem se expandindo em âmbito nacional.

O avanço da semeadura direta depende do aprofundamento de pesquisas e desenvolvimentos em tecnologia de sementes e em estratégias para minimizar a mortalidade na fase inicial de estabelecimento — da germinação à sobrevivência em campo. Além disso, inovações no preparo do solo, manejo de sementes, escolha de espécies, uso de cobertura morta e controle de plantas indesejáveis poderão gerar avanços significativos para aumentar as taxas de sucesso e reduzir o custo da restauração.

Esta Nota Técnica apresenta de maneira estruturada as oportunidades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em quatro temas:

- **Seleção de espécies**:
  Estudos de autoecologia, composição florística e arranjos ideais.
- **Preparo do solo:**
  Métodos para retirada de plantas invasoras, calagem, adubação e formas de plantio direto.
- **Formas de plantio:**
  Desenvolvimento de técnicas para coleta, armazenamento, tratamento e semeadura.
- **Manejo:**
  Estratégias adaptativas para controle de gramíneas exóticas e trepadeiras e aceleração do incremento de biomassa.

**Embora estes temas possam ser aplicados em ambientes savânicos como os existentes no Cerrado, o documento foca nos ecossistemas florestais, sinalizando a necessidade de estudos específicos para outras fitofisionomias.**



# 2. APRESENTAÇÃO

A semeadura direta tem se consolidado como um método eficaz para a restauração de ecossistemas em larga escala no Brasil. Apesar dos avanços já alcançados, incluindo respaldo técnico e áreas restauradas com sucesso, ainda há desafios e oportunidades para aprimorar esse método. Questões relacionadas à seleção de espécies, preparo do solo, formas de plantio e manejo precisam ser melhor compreendidas para ampliar sua aplicação em diferentes biomas e regiões.

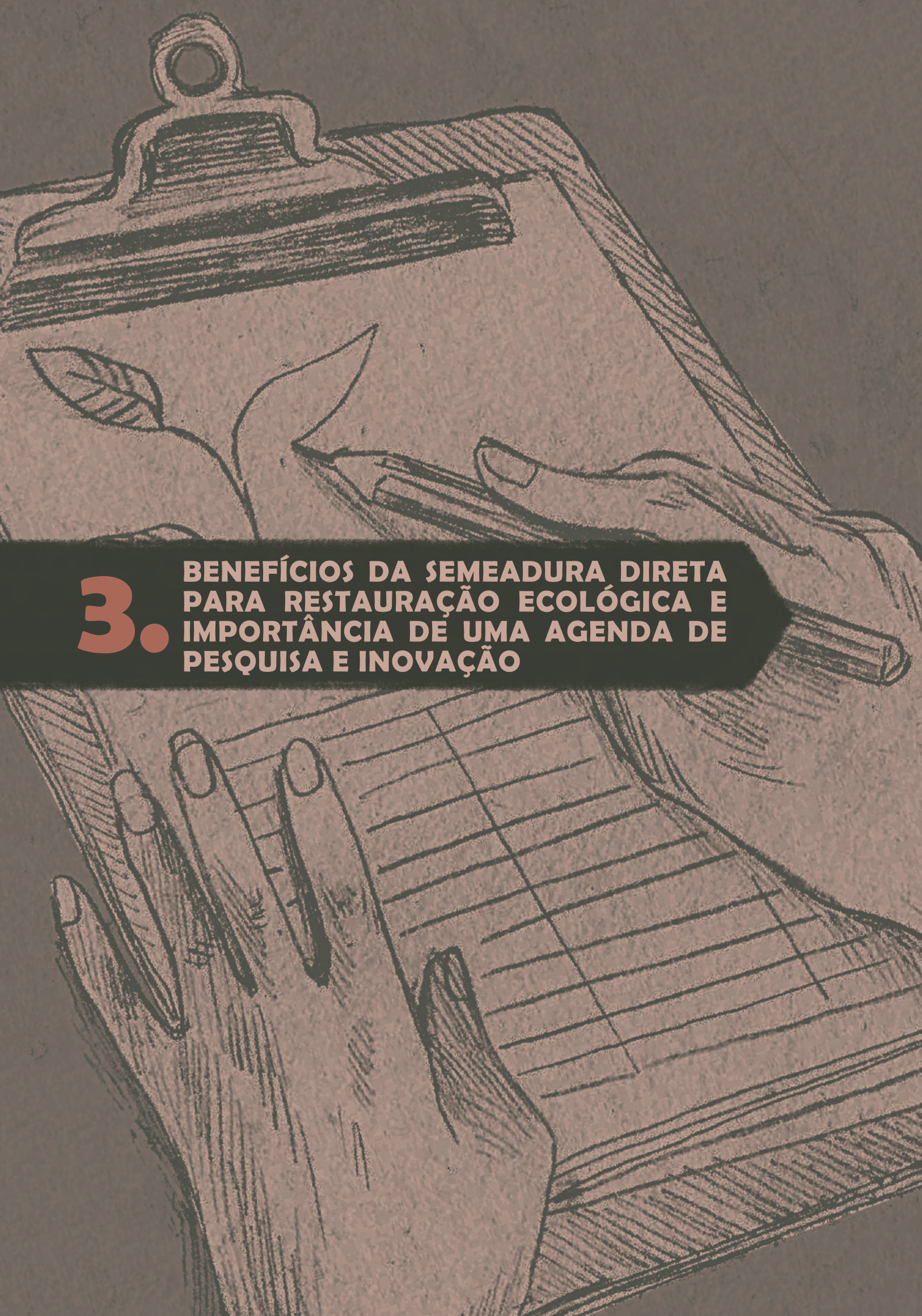
Nesta Nota Técnica, destacamos as principais lacunas de conhecimento e as oportunidades de pesquisa na semeadura direta para restauração de ecossistemas florestais. Além disso, propomos um horizonte temporal para responder essas questões, categorizando-as como de curto prazo (1 a 3 anos), médio prazo (3 a 5 anos) ou longo prazo (mais de 5 anos). Com isso, esperamos fornecer uma visão estratégica que conecte o setor de implementação de projetos de restauração com a comunidade científica e agências de fomento. Ao evidenciar de forma sistematizada quais são as lacunas de conhecimento prioritárias, buscamos apoiar pesquisadores na definição de agendas de investigação mais alinhadas às necessidades práticas, além de indicar as Fundações de Amparo à pesquisa (FAPs) e financiadores públicos e privados os caminhos onde seus investimentos podem gerar mais impacto.

O incentivo à restauração ecológica está alinhado com iniciativas estratégicas do país, como o Pacto pela Transformação Ecológica, assinado em agosto de 2024 pelos poderes Executivo, Legislativo e Judiciário. Esse pacto foi estruturado a partir do Plano de Transformação Ecológica (PTE), que visa impulsionar mudanças nos paradigmas econômicos, tecnológicos e culturais para promover o desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg) 2025-2028, produzido pelo Ministério do Meio Ambiente, estabelece diretrizes para estruturar e consolidar a agenda de recuperação ambiental no Brasil. A implementação dessas estratégias está diretamente ligada ao avanço das leis e políticas públicas ambientais, incluindo a Lei nº 12.651/2012 (Lei de Proteção da Vegetação Nativa, conhecido como Novo Código Florestal), a Lei nº 9.985/2000 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação) e o Decreto nº 7.747/2012 (Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas).

Considerando o expressivo passivo ambiental do país de 23,8 milhões de hectares e o compromisso do Brasil em restaurar 12 milhões de hectares (Brasil, 2025), é urgente avançar em pesquisas e soluções para otimizar a restauração ecológica. Dentro desse cenário, a semeadura direta é uma alternativa promissora, com potencial de escalabilidade e eficiência. Restaurando de maneira mais eficiente, será possível restaurar mais e melhor e, assim, acelerar a agenda da restauração ecológica no Brasil e no mundo.





# 3. BENEFÍCIOS DA SEMEADURA DIRETA PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E IMPORTÂNCIA DE UMA AGENDA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

A semeadura direta é um método eficiente para a restauração de florestas tropicais em larga escala, que consiste na deposição de sementes nativas diretamente no solo previamente preparado, em alta densidade e diversidade de espécies de diferentes ciclos de vida (Campos-Filho et al., 2013). Essa abordagem busca estimular a sucessão ecológica e pode ser aplicada na restauração de ecossistemas florestais, savânicos e campestres (Campos-Filho et al., 2013; Pellizzaro et al., 2017; Figueiredo et al., 2021; Caminhos da Semente, 2024).

Entre os principais benefícios do método, destacam-se seu baixo custo quando comparado ao plantio de mudas (Raupp et al., 2020), a facilidade de implantação (Shaw et al., 2020) e sua eficácia na recomposição da vegetação nativa. Esses fatores se devem à rápida cobertura do solo por vegetação (Sampaio et al., 2019), ao rápido fechamento do dossel (Freitas et al., 2019) e à inclusão de espécies com diferentes formas de crescimento e grupos funcionais (Grossnickle & Ivetić, 2017; Rodrigues et al., 2019), promovendo um processo similar à regeneração natural (Freitas et al., 2019; Aragão et al., 2023). Além disso, a semeadura direta demanda uma grande quantidade de sementes e assim fomenta o desenvolvimento social e econômico ao envolver comunidades locais na coleta e comercialização de sementes (Vieira et al., 2020; Redário, 2025).

A versatilidade da semeadura direta permite sua aplicação tanto em projetos de restauração em área total (Freitas et al., 2019; Rodrigues et al., 2019), utilizando formas de plantio como a semeadura a lanço manual ou mecanizada, semeadura contínua em linhas e semeadura em covetas, quanto no enriquecimento de áreas em regeneração natural (Bonilla-Moheno & Holl, 2010; Cole et al., 2011). As primeiras experiências com o método em larga escala no Brasil ocorreram na região da Bacia do Xingu, no Mato Grosso (Campos-Filho et al., 2013) e uma experiência no interior de São Paulo, em Araras (Isernhagen, 2010), e desde então ela tem sido aplicada com sucesso em diversas regiões e ecossistemas brasileiros (Freitas et al., 2019; Sampaio et al., 2019; Caminhos da Semente, 2024; Redário, 2025).

Embora a semeadura direta seja reconhecida por sua eficácia (Doust et al., 2006; Campos-Filho et al., 2013; Pellizzaro et al., 2017; Freitas et al., 2019; Rodrigues et al., 2019) e melhor relação de custo-benefício (Raupp et al., 2020), o estabelecimento das plântulas (número de plântulas estabelecidas pelo número de sementes semeadas) pode apresentar alta variabilidade entre espécies e áreas, impactando diretamente o sucesso da restauração (Ceccon et al., 2016; Souza & Engel, 2023). Em um estudo abrangente com 333 espécies de árvores, arbustos e palmeiras, foi constatado que 47% das falhas no estabelecimento de plântulas resultaram da inviabilidade das sementes, enquanto 57% das sementes viáveis não chegaram a emergir como plântulas e 43% das plântulas emergentes não sobreviveram até um ano de idade (Ferreira & Vieira, em revisão).



O avanço das pesquisas sobre tecnologia de sementes para restauração é recente, tornando essencial compreender os fatores que limitam o estabelecimento das plântulas e desenvolver soluções para otimizar a semeadura direta. Uma abordagem fundamental nesse sentido é identificar as principais perdas ao longo das fases de estabelecimento — desde a germinação até a sobrevivência em campo — e implementar estratégias de manejo para aumentar a taxa de sucesso (Ferreira & Vieira, 2024).

As principais inovações que poderão maximizar o estabelecimento das plântulas em campo, incluem os seguintes temas de pesquisa:

- Coleta e armazenamento das sementes após a maturidade fisiológica.
- Preparo do solo para eliminar plantas indesejáveis, melhorar a estrutura e facilitar o contato entre sementes e solo (Ferreira et al., 2023).
- Aplicação de tratamentos pré-germinativos apenas quando necessário (Correia et al., 2022).
- Semeadura sob condições de umidade estáveis (Shaw et al., 2020).
- Profundidade de semeadura adequada, equilibrando proteção contra predação e desidratação com a emergência bem-sucedida (Woods & Elliott, 2004; Doust et al., 2006).
- Uso de cobertura morta para manter a umidade do solo e reduzir a germinação de plantas indesejáveis (Doust et al., 2006; Silva & Vieira, 2017).
- Correção do pH e da fertilidade do solo, quando necessária (Silva et al., 2015).
- Consórcio com plantas de cobertura de crescimento rápido (agrícolas ou nativas) para mitigar variações extremas de temperatura e umidade (Silva et al., 2015).
- Capina pós-semeadura para reduzir a competição inicial (Passaretti et al., 2020).
- Escolha estratégica das espécies em um ambiente de luz adequado a necessidade dos diferentes grupos sucessionais específicos (Camargo et al., 2002).

Os principais desafios e oportunidades de pesquisa e desenvolvimento das potencialidades da semeadura direta como método para restauração ecológica em ecossistemas florestais foram discutidos com especialistas em um workshop realizado em 06 de fevereiro de 2025 e organizados nesta Nota Técnica em quatro grandes temas, cada um subdividido em tópicos específicos. São esses:

### Seleção de espécies, densidades e procedências:

- Fases de ocupação e estudos de autoecologia;
- Tecnologias para sementes que aumentem o estabelecimento em campo de espécies já utilizadas e que permitam plantar sementes ainda não utilizadas, com diferentes comportamentos;
- Estudos de composição e arranjos de espécies.

**Preparo do solo:**

- Retirada de plantas Indesejáveis:
  - Estratégias com herbicidas;
  - Estratégias sem herbicidas.
- Cronograma da restauração;
- Calagem e adubação pré-plantio;
- Uso de cobertura morta e plantio direto.

**Formas de plantio:**

- Máquinas e implementos específicos para semeadura direta;
- Técnicas complementares e arranjos de plantio;
- Adubação e bioinsumos no plantio.

**Manejo:**

- Controle de plantas indesejáveis:
  - Controle de gramíneas exóticas pós-plantio;
  - Manejo de trepadeiras e lianas de crescimento agressivo.
- Estudos de técnicas de manejo adaptativo

As oportunidades de pesquisa levantadas focaram nos ecossistemas florestais. Embora possam ser aplicáveis à restauração do Cerrado, as especificidades da dinâmica sucessional e estrutural das fitofisionomias savânicas e campestres exigem estudos específicos.

Outro tema importante é o monitoramento das áreas em restauração, pois é a partir do monitoramento que é possível avaliar os resultados e indicar as melhores estratégias de manejo. No entanto, esse tema não será aprofundado porque já foi o foco de outras notas técnicas (Pacto pela Restauração da Mata Atlântica & Aliança pela Restauração na Amazônia; Iniciativa Caminhos da Semente, 2025).



# 4. TEMA 1: SELEÇÃO DE ESPÉCIES, DENSIDADES E PROCEDÊNCIAS

A seleção de espécies para compor a muvuca em projetos de restauração ecológica é uma etapa estratégica e deve estar alinhada aos objetivos específicos do projeto (Meli et al. 2014). Embora esses objetivos possam inicialmente convergir, é comum que, ao longo do tempo, surjam conflitos, vantagens e desvantagens entre diferentes abordagens.

Nos ecossistemas florestais, o uso de plantas de cobertura (como espécies de adubação verde ou agrícolas) tem sido uma estratégia eficaz (Campos-Filho et al.,2013; Bellemo, 2017; Reis et al., 2019; Rodrigues et al., 2019). Essas espécies auxiliam no estabelecimento a vegetação nativa ao proporcionar sombreamento inicial, reduzir a dessecação (Reis et al., 2019) – uma das principais causas de mortalidade de sementes e plântulas – e minimizar a competição com gramíneas exóticas (Ferreira, 2024).

Atualmente, há listas de espécies aptas à semeadura, principalmente de sementes ortodoxas, que podem ser facilmente armazenadas por períodos mais longos (Vieira et. al. 2020). No entanto, a escolha das espécies depende, em grande parte, da disponibilidade de sementes no mercado. Nesse contexto, identificar e incentivar a coleta de sementes de espécies promissoras, que ainda não são amplamente coletadas pelas redes de sementes, é essencial para aumentar a diversidade de espécies na restauração ecológica. (Redário, 2025). Criar frentes de trabalho para estimular essa coleta pode ampliar a diversidade de espécies disponíveis para restauração (Redário, 2025).

A composição de espécies e densidades em cada projeto deve ser ajustada ao longo do tempo, com base no monitoramento das áreas semeadas anteriormente.

O monitoramento contínuo permite avaliar o desempenho das espécies semeadas, entender seu comportamento em diferentes condições edafoclimáticas e aprimorar as decisões futuras, garantindo maior eficiência e resiliência. Ter parâmetros de laboratório, viveiro e em campo de germinabilidade do lote de sementes podem auxiliar a interpretar melhor o quão de perdas e qual o potencial de rendimento das sementes semeadas. Ferreira (2024) propõe a utilização do estabelecimento ponderado pela germinabilidade total que busca avaliar o rendimento a partir da relação entre o número de plântulas estabelecidas após um ano e o número de sementes germináveis efetivamente semeadas.



## 4.1. FASES DE OCUPAÇÃO E ESTUDOS DE AUTOECOLOGIA

A classificação das espécies em diferentes ciclos de vida é uma abordagem valiosa para definir a composição de espécies em um projeto de semeadura direta (Vieira et al., 2020).

Em formações florestais, aplica-se o conceito de sucessão ecológica, que permite definir quais espécies, de diferentes formas e ciclos de vida, são responsáveis por ocupar o dossel da vegetação em diferentes períodos. Esse processo busca garantir uma cobertura contínua e estratificada, na qual as espécies se substituem naturalmente, reduzindo a necessidade de manejos (Ribeiro et al., 2023). Para esta finalidade, a Caminhos da Semente categoriza em quatro fases de ocupação, detalhadas na Tabela a seguir:

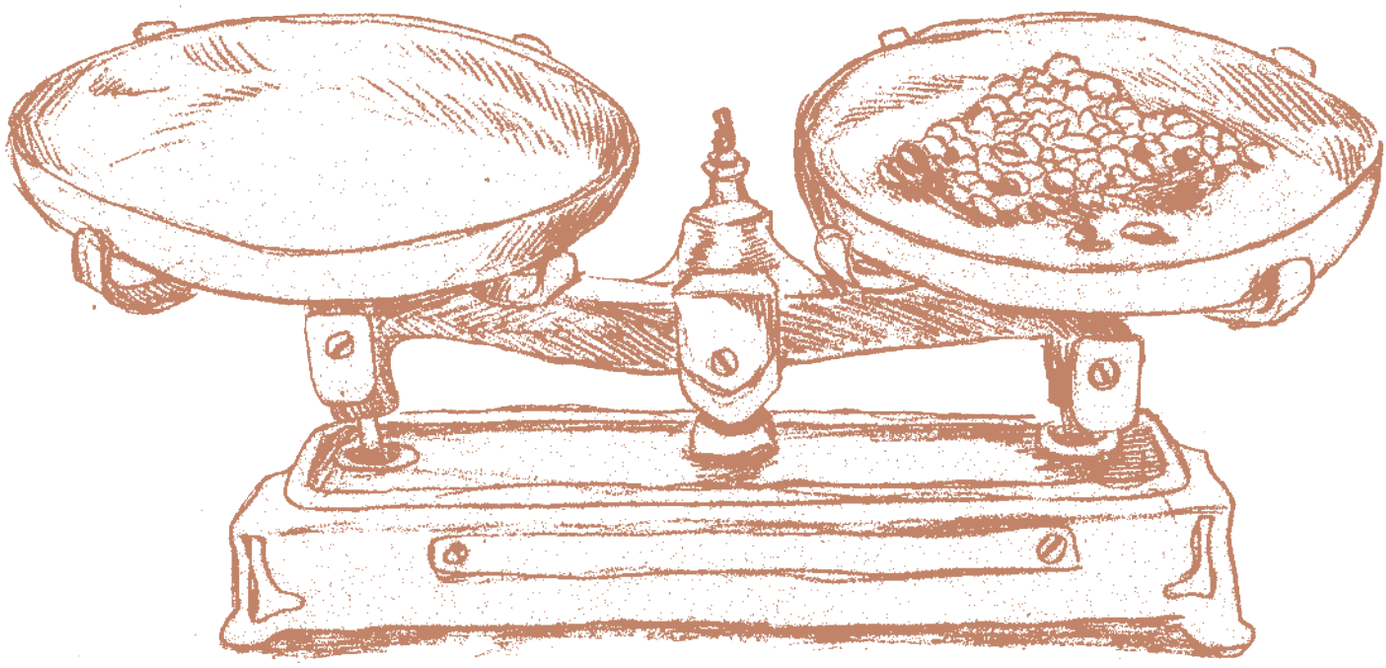
**Tabela 1**: Fases de ocupação e exemplos de espécies utilizadas na semeadura direta para ecossistemas florestais.

| FASES DE OCUPAÇÃO | DESCRIÇÃO | EXEMPLOS DE ESPÉCIES |
|---|---|---|
| **FASE 1 (ciclo de vida de 0 a 4 anos)** | Inclui espécies de rápido crescimento que garantem a cobertura inicial do solo e sua estabilização semiperenes e arbustos nativos, que passam a dominar o ambiente nos primeiros anos. | Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), Crotalárias (*Crotalaria sp.*), Feijão-guandu (*Cajanus cajan*), Fedegoso (*Senna alata*), Assapeixe (*Vernonanthura polyanthes)*. |
| **FASE 2 (ciclo de vida de 5 a 20 anos)** | Inclui espécies arbustivas arbóreas pioneiras e secundárias iniciais de vida intermediária que ocupam a área entre 5 a 20 anos. | Urucum (*Bixa orellana*), Lobeira (*Solanum sp.*), Escova de macaco (*Apeiba tiborbou*), Crindiúva (T*rema micranta*). |
| **FASE 3 (ciclo de vida de 21 a 100 anos)** | Espécies de crescimento mais lento, que consolidarão a estrutura da vegetação ao longo das décadas seguintes. | Angico (*Adenanthera colubrina*), Mamoninha (*Mabea fistulifera*), Embiruçu (*Pseudobombax sp.*). |
| **FASE 4 (ciclo de vida de acima de 100 anos)** | Espécies de longa vida, no geral clímax, como árvores centenárias, que garantem a resiliência do ecossistema. | Garapa (*Apuleia leiocarpa*), Pequi (*Caryocar brasiliense*), Gonçalo Alves (*Astronium fraxinifolium*). |

A composição de espécies deve ter, além de redundância de espécies com essas características de forma de vida, velocidade de crescimento e longevidade, plantas atrativas de fauna, com diferentes vetores de polinização e dispersão, diferentes sistemas radiculares, e variação do tipo da matéria orgânica gerada (Warring et al., 2016). Compreender o comportamento das espécies, portanto, é essencial, pois a heterogeneidade resultante favorece a resiliência do ecossistema.

O monitoramento contínuo dessas áreas também é essencial para compreender os trade-offs ecológicos que ocorrem ao longo do tempo e para gerar dados que embasem futuras tomadas de decisão (Chaves et al., 2015). Essa abordagem possibilitaria a criação de gradientes de informação sobre a autoecologia das espécies em diferentes condições edafoclimáticas.

Dessa forma, estudos e pesquisas são necessários para aprofundar o conhecimento sobre: (i) o ciclo de vida das espécies utilizadas na muvuca em diferentes condições edafoclimáticas; (ii) soluções para aumentar o estabelecimento de espécies na semeadura direta.



**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- Quais espécies apresentam atualmente maior taxa de germinação e estabelecimento em campo, com bom custo-benefício, para uso em semeadura direta?
- Medições quanto ao tamanho das plantas, idade, quando dominam, cobertura de copa, taxas de crescimento, se tem variação de crescimento por região e clima ao longo do tempo (plant-hunting).
- Qual é o momento em que cada espécie domina e atinge seu porte máximo nos plantios de semeadura?
- Qual o ciclo de vida das espécies usadas na semeadura direta?
- Como o clima e o tipo de solo influenciam o estabelecimento das espécies em projetos de semeadura direta?

## 4.2. TECNOLOGIAS DE SEMENTES

O aprimoramento das técnicas de manejo de sementes para cada espécie é chave para aumentar o sucesso da restauração ecológica. Novas tecnologias podem melhorar as condições de germinação e estabelecimento das espécies em campo, aumentando a eficiência da semeadura direta:

- Quais espécies devem ter suas sementes coletadas antes de completarem a maturação? Quais sementes podem ser coletadas no chão? Qual a temperatura máxima para a secagem das sementes de cada espécie?

- Vale a pena quebrar a **dormência**? Aplicar tratamentos pré-germinativos para quebra de dormência, como pré-embebição e remoção do endocarpo geralmente é prejudicial na semeadura direta (Correia et al., 2022; Laumann et al., 2023). Entretanto, algumas espécies - pioneiras com dormência e até algumas secundárias - podem se beneficiar de ter sua dormência quebrada para emergirem e estabelecerem rapidamente, aproveitando o pleno sol e aumentando seu potencial de emergência e estabelecimento.

- **Peletização** de sementes: tecnologia promissora, especialmente para espécies com sementes muito leves e pequenas. Esse método consiste no revestimento das sementes com uma camada protetora, permitindo a adição de substâncias como repelentes, formicidas, enraizadores, nutrientes e inóculos vivos de fungos e bactérias, que podem aumentar a taxa de estabelecimento das plântulas (Williams et al., 2016; Madsen et al., 2016; Pedrini et al., 2020; Taylor et al., 2020).

Para otimizar o uso dessas tecnologias, é essencial compreender as perdas ao longo de cada fase do estabelecimento das plântulas – desde a germinação das sementes até sua emergência e estabelecimento em campo. O estudo da eficácia e do custo-benefício da peletização para diferentes espécies representa uma importante frente de pesquisa, com potencial para aprimorar significativamente o sucesso da semeadura direta.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- A quebra parcial ou total da dormência pode favorecer o estabelecimento de algumas espécies em plantios por semeadura direta?
- Qual o impacto dos diferentes tipos de peletização na germinação e estabelecimento das espécies?
- É possível armazenar sementes nativas após o processo de peletização? Quais as implicações para sua viabilidade?
- Qual é a relação custo-benefício da peletização?



## 4.3. ESTUDOS DE COMPOSIÇÃO E ARRANJOS DE ESPÉCIES

A definição da composição e do arranjo das espécies na semeadura direta deve prever que há flutuações na disponibilidade de sementes no mercado de ano para ano. A flexibilidade do método de seleção de espécies deve permitir que espécies com funções ecológicas similares sejam substituídas caso haja indisponibilidade ou variação regional na oferta de sementes.

As plantas de cobertura de crescimento rápido desempenham um papel fundamental como pioneiras de vida curta, facilitando o estabelecimento de espécies florestais não pioneiras (Holl, 2002; Campos-Filho et al., 2013; Reis et al., 2019; Colado et al., 2025). No entanto, sua alta densidade pode competir por recursos e inibir o estabelecimento de espécies pioneiras que dependem de pleno sol para emergir e sobreviver (Doust, Erskine & Lamb, 2008; Silva et al., 2015).

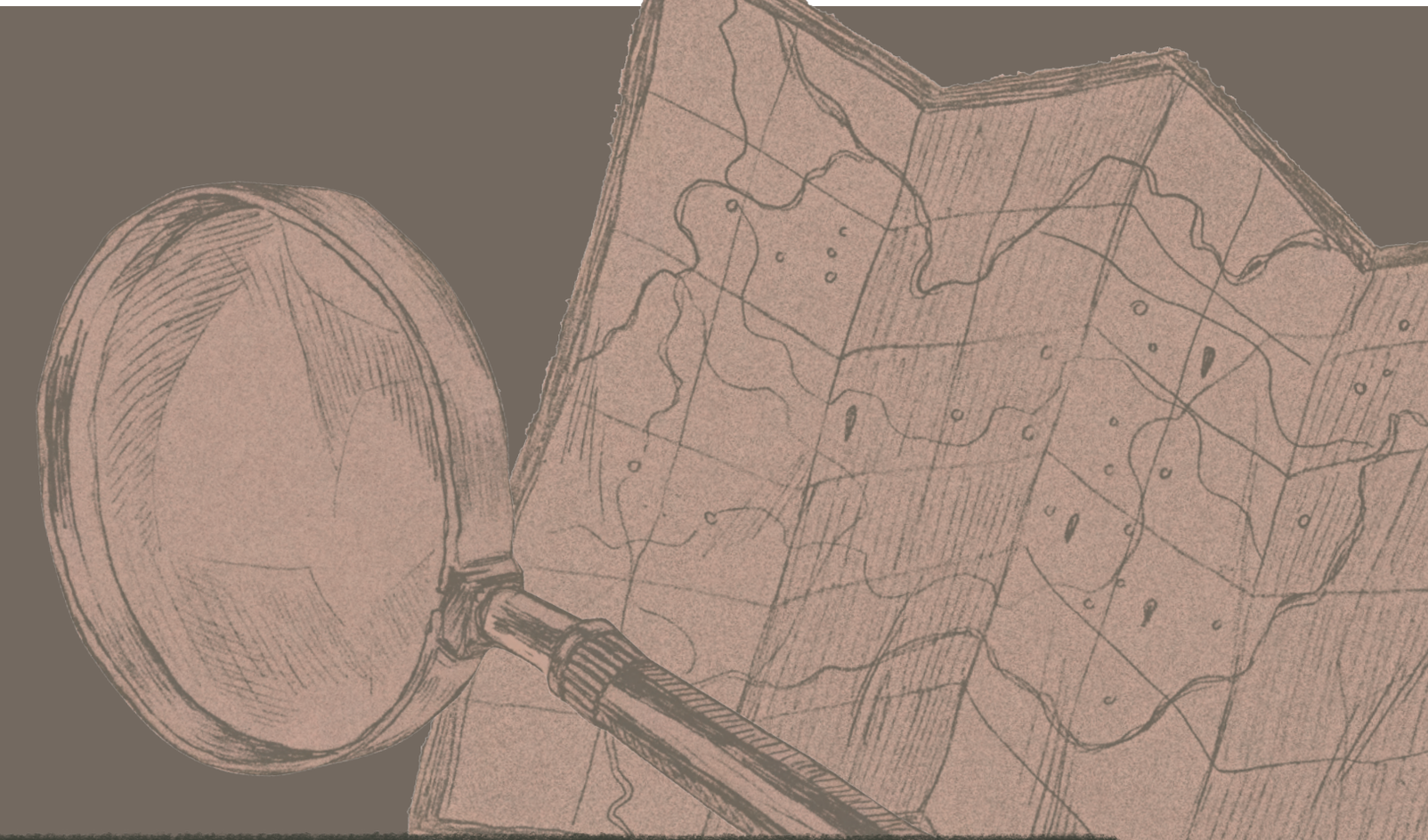
Nos últimos anos, a Iniciativa Caminhos da Semente, por meio de suas Unidades de Aprendizagem e trocas com universidades, tem ajustado as densidades de espécies, especialmente de cobertura, para minimizar impactos negativos na germinação de pioneiras nativas (Caminhos da Semente, 2025). No entanto, ainda há desafios para determinar densidades ideais que maximizem os benefícios da cobertura sem comprometer a regeneração das demais espécies nativas.

Além disso, a densidade de semeadura deve ser ajustada conforme o contexto e o histórico da área, bem como o nível de preparo do solo. Por exemplo, com melhorias na qualidade das sementes (desde a coleta até o armazenamento), reduzir a quantidade de espécies nativas semeadas pode ser uma estratégia para reduzir os custos da restauração. No entanto, uma densidade muito baixa pode comprometer a dinâmica sucessional proposta pelo método, especialmente em áreas com preparo inadequado, o que pode prejudicar os resultados esperados.

### POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:

- Seria possível uma composição de espécies em que a cobertura da adubação verde e/ou facilitadoras exóticas seja substituída integralmente pelas nativas?
- Consórcio com espécies de adubação verde ou culturas agrícolas aumenta o estabelecimento de espécies de floresta? Quais espécies de adubação verde e em que proporção?
- Quais as densidades de sementes mais adequadas entre grupos funcionais? (pioneiras e clímax, ou preenchimento e diversidade, ou por fase de ocupação)
- Quais são as espécies com mais registro e com maior densidade (ind/ha) nos plantios de semeadura direta? Geralmente são sementes grandes e não achatadas; há uma variabilidade regional por espécies?
- Quais seriam os mixes adequados de espécies por bioma (Amazônia e Mata Atlântica), visando otimizar a captura de carbono em 40 anos, sem comprometer a trajetória ecológica?
- Como diferentes arranjos de espécies (por grupos sucessionais ou funções ecológicas) e estratégias de densidade influenciam o estabelecimento, a dinâmica de enriquecimento e os custos na semeadura direta?





# 5. TEMA 2: PREPARO DO SOLO

O preparo do solo para a restauração ecológica por semeadura direta se baseia em práticas amplamente consolidadas na agricultura e na silvicultura, adaptadas para favorecer a regeneração da vegetação nativa. Entre essas práticas, destacam-se o controle de plantas indesejáveis, a descompactação do solo e o uso de técnicas como aração, gradagem e subsolagem. Além disso, estratégias de conservação do solo, como a construção de curvas de nível para reduzir a erosão em terrenos inclinados, são fundamentais para garantir a estabilidade do sistema ao longo do tempo.

O planejamento do preparo do solo deve considerar as características da área, o tipo de vegetação a ser restaurada e as condições climáticas, garantindo que as ações adotadas promovam um ambiente propício para a germinação e o crescimento das espécies nativas (Ferreira & Vieira, 2024). Nesse sentido, a qualidade do preparo do solo é essencial e depende de diversos fatores, incluindo o cronograma do projeto, as condições específicas da propriedade e a disponibilidade de recursos (Ferreira, 2024). O não cumprimento das etapas planejadas pode comprometer a eficiência do processo, reduzindo a taxa de germinação e o estabelecimento das plântulas. Sabe-se que o plantio em data adequada, em geral para otimizar o aproveitamento das chuvas, é crucial para bom desenvolvimentos da vegetação e, portanto, a janela de preparo de solo precisa considerar o calendário de plantio. Além disso, é essencial equilibrar os custos operacionais com a preservação da estrutura do solo, garantindo que a restauração seja tanto ambientalmente sustentável quanto economicamente viável.

## 5.1. CONTROLE DE PLANTAS INDESEJÁVEIS

O preparo do solo para a restauração ecológica por semeadura direta se baseia em práticas amplamente consolidadas na agricultura e na silvicultura, adaptadas para favorecer a regeneração da vegetação nativa. Entre essas práticas, destacam-se o controle de plantas indesejáveis, a descompactação do solo e o uso de técnicas como aração, gradagem e subsolagem. Além disso, estratégias de conservação do solo, como a construção de curvas de nível para reduzir a erosão em terrenos inclinados, são fundamentais para garantir a estabilidade do sistema ao longo do tempo.

O planejamento do preparo do solo deve considerar as características da área, o tipo de vegetação a ser restaurada e as condições climáticas, garantindo que as ações adotadas promovam um ambiente propício para a germinação e o crescimento das espécies nativas (Ferreira & Vieira, 2024). Nesse sentido, a qualidade do preparo do solo é essencial e depende de diversos fatores, incluindo o cronograma do projeto, as condições específicas da propriedade e a disponibilidade de recursos (Ferreira, 2024). O não cumprimento das etapas planejadas pode comprometer a eficiência do processo, reduzindo a taxa de germinação e o estabelecimento das plântulas. Sabe-se que o plantio em data adequada, em geral para otimizar o aproveitamento das chuvas, é crucial para bom desenvolvimentos da vegetação e, portanto, a janela de preparo de solo precisa considerar o calendário de plantio. Além disso, é essencial equilibrar os custos operacionais com a preservação da estrutura do solo, garantindo que a restauração seja tanto ambientalmente sustentável quanto economicamente viável.

O controle eficaz de plantas indesejáveis, como espécies de gramíneas exóticas invasoras (GEI) tais como brachiárias (Urochloa sp.), capim-elefante (Pennisetum sp.) e colonião e mombaça (Panicum sp.), além de trepadeiras e ruderais agressivas, é um dos aspectos mais críticos para o sucesso da semeadura direta. Assim, é necessário realizar o controle de forma intensiva antes da semeadura (Sampaio et al., 2019; Shaw et al., 2020; Ferreira et al., 2023; Piotrowski et al., 2023). O objetivo nesta etapa é reduzir a competição inicial e criar condições adequadas para a germinação e o estabelecimento das espécies nativas.

### 5.1.1. Estratégias com Herbicidas - Controle químico

O controle químico é o que vem sendo mais utilizado e testado.  Herbicidas de amplo espectro, como o glifosato, têm sido amplamente utilizados no preparo do solo,  e podem ser uma alternativa eficiente e de menor custo quando comparada a métodos exclusivamente mecânicos (Piotrowski et al., 2023; Hinkson et al., 2024). Muitas vezes em associação com pré-emergentes (ex. Indaziflam) e graminicidas pós-emergentes seletivos (ex. Haloxifope-P-metílico) (Pereira et al., 2013; Passaretti et al., 2020; Vieira et al., 2020a). Essa estratégia permite reduzir a biomassa de gramíneas invasoras em larga escala, favorecendo o estabelecimento das nativas.

No entanto, seu uso deve seguir rigorosos protocolos de segurança para minimizar impactos ambientais e riscos à saúde dos trabalhadores. Manejo integrado de plantas indesejáveis, isto é, combinar diferentes



técnicas de controle, é importante, além da aplicação considerando os produtos regulamentados para restauração – a despeito de ainda serem poucos os produtos registrados para esse fim, o que também requer mais ações de pesquisa, análise de mercado e regulação. Além disso, o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) e aplicação controlada de herbicidas são essenciais para reduzir a contaminação ambiental e a exposição humana (Ferreira, 2024).

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- Qual a quantidade ideal de aplicações para o controle pré-plantio?
- Quais estratégias podem ser adotadas para combinar herbicidas pós-emergentes e pré-emergentes para reduzir a emergência do banco de sementes das GEI e otimizar a regeneração natural?
- Como e quais herbicidas pré-emergentes podem ser utilizados, diante das peculiaridades de uso dependentes das características do solo (como matéria orgânica e textura) para se ter eficácia?
- Como fazer aplicação de herbicidas com drones e em quais situações essa técnica é indicada?

### 5.1.2. Estratégias sem Herbicidas

A roçada e a capina mecânica ou manual são alternativas para reduzir o uso de herbicidas, embora apresentem limitações em grandes áreas e regiões com escassez de mão de obra (Sampaio et al., 2007; Doust et al., 2008).

Uma estratégia complementar consiste no uso de espécies facilitadoras e adubação verde em plantios prévios, capazes de enfraquecer o banco de sementes de gramíneas invasoras e gerar biomassa para cobertura (Ferreira, 2024; Iniciativa Verde, 2025).

Além disso, a empresa Semeia Cerrado - e outras empresas e organizações do ramo também - tem testado diferentes implementos e técnicas para o manejo, como:

- **Capina elétrica**: Implemento agrícola acoplado ao trator que emite um choque elétrico da folha até a raiz. Apresentou efeito positivo no controle do capim, mas não o eliminou completamente.
- **Taipadeira:** Ferramenta utilizada na formação de canteiros para hortaliças, testada para o preparo do solo.
- **Rolo compactador:** Necessita de mais testes para avaliar sua eficiência.
- **Arado de Aiveca:** Embora seja um método mais demorado, gera irregularidades no solo que dificultam o crescimento das gramíneas invasoras, sendo uma alternativa viável para áreas onde o uso de herbicidas é restrito.
- **Queima prescrita e controlada** como ferramenta de manejo e redução do banco de sementes de plantas indesejáveis.
- Redução da biomassa do capim através do **pastoreio de animais**

Para áreas onde a mecanização não é viável, como locais com regeneração natural já em andamento ou com solos compactados pelo pisoteio do gado, estão sendo testados implementos menores, como:

- **Quadriciclos** com grade pequena para preparo do solo e incorporação das sementes.
- Locais onde o estado de degradação está muito severo e muito seco, estratégias para retenção de água, como a técnica da "**meia-lua**" (inspirada em práticas usadas em países africanos), estão sendo estudadas para aumentar a umidade do solo e favorecer o estabelecimento das espécies.

Em áreas inundáveis, tem se testado uma técnica denominada "rapa solo", que consiste na remoção manual do capim exótico em pequenas parcelas seguido de semeadura de espécies nativas.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- O pastoreio controlado de gado favorece a redução da biomassa de gramíneas competidoras e, consequentemente, a regeneração natural de espécies nativas? Como definir intensidade desse uso?
- Quais implementos não convencionais são eficientes para o controle de GEI sem herbicidas e em quais condições?

## 5.2. CONTROLE DE PLANTAS INDESEJÁVEIS

Outra estratégia é aumentar a janela temporal de preparo do solo no planejamento do cronograma de execução do projeto. No caso da semeadura direta, recomenda-se iniciar o preparo no final do período chuvoso, no início do ano, de modo a garantir uma distribuição adequada das atividades. Quando necessário e viável, esse período pode ser ainda mais estendido, para iniciar o preparo do solo no ano anterior. Isso auxilia no controle de plantas indesejáveis, sobretudo para o banco de sementes de GEI, o que traz maior eficiência e diminui custos de manutenção pós plantio (De Resende et al., 2017; Vieira et al., 2020a). Sugere-se estruturar experimentos que irão avaliar o impacto deste preparo mais longo do solo no retorno de plantas indesejáveis pós-plantio.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- Qual seria a janela de preparo ideal para cada método de semeadura, com herbicida ou sem herbicida?
- Como fazer um bom preparo e reduzir os custos de manutenção futura?



## 5.3. CALAGEM E ADUBAÇÃO

Em ecossistemas florestais, solos mais férteis e com pH equilibrado tendem a proporcionar melhores condições para o desenvolvimento das espécies. A correção química do solo, por meio da calagem e/ou gessagem, é uma prática amplamente utilizada para reduzir a acidez e melhorar a disponibilidade de nutrientes (Bradshaw & Chadwick 1980; Gunn 1995).

Após o preparo e correção do pH, a adubação pode ser empregada de forma complementar, com o uso de fertilizantes ou bioinsumos voltados a suprir nutrientes críticos para o crescimento inicial das espécies. Isso é particularmente importante para elementos móveis no solo, mais sujeitos à lixiviação. Evidências de experimentos práticos (Iniciativa Caminhos da Semente, 2025 - dados não publicados[1]) e estudos científicos indicam que a adubação pode favorecer o estabelecimento das plantas (Rodrigues et al., 2009; Campos et al., 2014), embora ainda haja necessidade de pesquisas adicionais e sistematização de dados que orientem sua aplicação em diferentes contextos de restauração.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- Qual é o impacto da adubação e calagem no desenvolvimento das espécies em plantios de semeadura direta?
- Qual a relação entre a microbiota inicial e final do solo para cada metodologia de plantio em semeadura direta (lanço, linha, coveta)?

## 5.4. USO DE COBERTURA MORTA - PREPARO PARA UM PLANTIO DIRETO

Ainda há lacunas no entendimento sobre a necessidade de revolvimento prévio do solo antes da semeadura e sobre a melhor forma de utilizar a cobertura morta, similar ao que já é praticado na agricultura por meio do sistema de plantio direto (Vieira et al., 2020b).

O uso de cobertura morta pode auxiliar na manutenção da umidade do solo e na supressão da germinação de plantas indesejáveis (Doust et al., 2006; Silva & Vieira, 2017). No entanto, seus efeitos variam conforme a espécie utilizada (Ferreira, 2024). Camadas muito espessas e compactas podem dificultar a emergência de sementes pequenas e planas, enquanto sementes médias e grandes tendem a não ser afetadas (Jurado & Westoby, 1992; Bond, Honig & Maze, 1999; Doust et al., 2006; Mollard et al., 2014; Silva & Vieira, 2017). Um estudo avaliando diferentes espessuras de palhada morta constatou que, a partir de 7 cm, há inibição significativa da emergência de espécies nativas (Oliveira, 2011).

Técnicas combinadas, como a subsolagem e a aplicação de herbicidas pré-emergentes no mesmo dia, sem o revolvimento completo do solo, podem ser mais exploradas. Já foram conduzidos experimentos e testes com plantios sobre uma camada superficial de cobertura morta utilizando equipamentos agrícolas adaptados, como plantadeiras de soja (Vieira et al., 2020b).

Os efeitos da cobertura vegetal no preparo do solo para a semeadura direta ainda não são totalmente compreendidos, especialmente em relação a:

- Tipo da cobertura morta utilizada;
- Acúmulo de biomassa e carbono;
- Estruturação do solo;
- Desenvolvimento das espécies semeadas;
- Redução do banco de sementes de espécies não desejáveis.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- Quais estratégias de manejo da vegetação e preparo do solo podem favorecer a semeadura direta de espécies nativas, especialmente no controle de plantas competidoras e na melhoria das condições de estabelecimento?
- É preciso revolver o solo ou poderia ser feito plantio direto, como na agricultura? Qual efeito no estoque de carbono do solo?
- Quais são as vantagens de recuperar o solo previamente ao desenvolvimento das espécies nativas, por meio do plantio de espécies de cobertura, em termos de bioestrutura, disponibilidade de nutrientes, controle de plantas competidoras e aumento da taxa de sobrevivência das nativas?



# 6. TEMA 3: FORMAS E MODELOS DE PLANTIO

As formas e modelos de plantio utilizados na semeadura direta atualmente estão muito atreladas a experiências de plantio a lanço mecanizado, por ser o método que possui mais experiências no país, seguida pelo plantio em linhas e em covetas. A escolha da forma e do arranjo de plantio depende diretamente do diagnóstico prévio da área, considerando fatores como paisagem, relevo, clima, tipo de solo, e tamanho da área, além de recursos e insumos disponíveis (por exemplo, mão de obra, implementos e equipamentos).

A versatilidade da semeadura direta é um ponto positivo, permitindo sua aplicação tanto em projetos de restauração em área total (Freitas et al., 2019; Rodrigues et al., 2019) quanto no enriquecimento de áreas em processo de regeneração natural (Bonilla-Moheno & Holl, 2010; Cole et al., 2011). Apesar da eficácia e do bom custo-benefício do método, a taxa de sucesso no estabelecimento das plântulas pode variar significativamente entre espécies e áreas.

Para além da qualidade e viabilidade das sementes — um fator crucial, já que cerca de 47% das falhas no estabelecimento se devem a sementes inviáveis (Ferreira, 2024) —, outros fatores influenciam diretamente no sucesso do plantio:

- **Escolha da forma de implantação e preparo do solo;**
- **Precisão no enterramento das sementes (mecanizado ou manual);**
- **Disponibilidade de maquinários adaptados;**
- **Capacitação de técnicos para assistência no processo;**
- **Condições climáticas instáveis.**

## 6.1. ADAPTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE IMPLEMENTOS ESPECÍFICOS PARA SEMEADURA DIRETA

A semeadura direta se destaca pela versatilidade no uso de implementos agrícolas para a execução das operações, especialmente no plantio (Durigan et al., 2013). Os primeiros plantios mecanizados na região da Bacia do Xingu (MT) utilizaram plantadeiras de soja adaptadas, com ajustes nos anéis de abertura para separar sementes de diferentes tamanhos (Campos-Filho et al., 2013; Vieira et al., 2020b). Além disso, têm sido empregados equipamentos como adubadoras pendulares ou a disco, calcareadeiras de esteira para plantios a lanço, bem como sulcadores, canteirizadores e subsoladores florestais para o plantio em linhas (Figura 1).




**Figura 1:** Equipamentos agrícolas utilizados na dispersão de sementes por plantio a lanço: adubadeira a disco (A) e calcareadeira de esteira (B). Implementos empregados na abertura de sulcos para plantio em linhas: subsolador florestal (C) e sulcador (D). Créditos: (A) Paulo Piá / Redário / ISA; (B) Edézio Miranda – Agroicone; (C) Matheus Rezende – ISA; (D) Henrique Oliveira – Agroicone.

Para aprimorar a precisão na semeadura de espécies nativas, os implementos agrícolas podem ser adaptados e calibrados, assim como ocorre na semeadura de espécies agrícolas. No entanto, a semeadura direta em escala operacional ainda apresenta desafios relacionados à dispersão, à dosagem das sementes e, sobretudo, à precisão no seu enterramento (Campos-Filho et al., 2013; Shaw et al., 2020).

A profundidade de semeadura influencia diretamente a emergência das plântulas. Sementes maiores toleram maiores profundidades sem prejuízo na germinação (Doust et al., 2006; Bond et al., 1999). Por outro lado, sementes pequenas e planas podem enfrentar maior resistência do solo para a abertura dos cotilédones durante a emergência, especialmente aquelas com morfologias fanerocotiledonar-hipógea-reserva e fanerocotiledonar-epígea-foliácea (Ferreira, 2024). Em escala operacional, o enterramento com grades niveladoras ou enxadas pode resultar em profundidades superiores a 5 cm, o que pode comprometer a germinação de algumas espécies (Campos-Filho et al., 2013; Shaw et al., 2020).

O ideal é que a profundidade de semeadura esteja em uma faixa entre 1 e 3 cm, garantindo condições adequadas para a emergência das espécies semeadas. No entanto, alcançar essa precisão ainda é um desafio, mesmo com adaptações nos implementos agrícolas ou com a adoção de procedimentos mais cuidadosos na incorporação das sementes ao solo.

Diante disso, o desenvolvimento e adaptações de implementos específicos para a semeadura direta de espécies nativas representa um avanço essencial para aumentar a eficiência e precisão do plantio em larga escala, contribuindo para a melhoria dos resultados da restauração ecológica. Outras adaptações estão sendo testadas em subsoladores florestais em experimentos da Cedro Ambiental, em Oliveira/Minas Gerais e do Laboratório de Sementes e Mudas Florestais (Lasem – UFSCar) em Sorocaba, que incluem:

- **Adaptação** com esteira para semeadura direta em linhas para realizar um plantio totalmente mecanizado.
- **Ajustes na mangueira e na grade** para permitir melhor distribuição das sementes.
- **Uso de caixas duplas** de adubo para separar as sementes de diferentes tamanhos.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- Quais são as adaptações necessárias e os custos envolvidos no desenvolvimento de implementos específicos para a semeadura direta de espécies nativas para as técnicas a lanço, linhas e covetas? Quais os rendimentos operacionais e custo-horário de cada uma das opções?
- Quais são as adaptações necessárias e os custos envolvidos na implementação de maquinários para a semeadura direta sobre cobertura vegetal (palhada), e qual é o desempenho desses equipamentos em campo?
- Quais são as adaptações necessárias e os custos envolvidos no desenvolvimento de maquinários para áreas declivosas? Hoje depende muito de mão de obra com alguns implementos como a motocoveadeira.



## 6.2. TÉCNICAS COMPLEMENTARES E ARRANJOS DE PLANTIO

Diferentes modelos de plantio apresentam vantagens e desafios, variando conforme o contexto. A semeadura em área total tende a favorecer a formação de comunidades mais próximas das comunidades naturais, com maior estratificação e diâmetro por planta (Ferreira, 2024; Freitas et al., 2019; Rodrigues et al., 2019). Já a semeadura em linhas ou covas resulta em uma distribuição mais espaçada, o que pode aumentar a colonização por plantas indesejadas (Campos-Filho et al., 2013). No entanto, esses métodos permitem um controle mais preciso da profundidade de enterramento das sementes e da competição com outras espécies, por meio de diferentes estratégias de manejo (Vieira et al., 2020a).

### 1. Plantio a Lanço

- Possui maior potencial de mecanização e escala.
- Exige precisão no preparo do solo e cronograma rigoroso para preparo da área e manutenção.
- O controle das GEI precisa ocorrer dentro da janela ideal (20-30 dias pós-plantio)

### 2. Plantio em Linhas

- Permite maior flexibilidade no cronograma.
- Facilita o manejo pós-plantio.
- Reduz o revolvimento do solo em área total.
- Exige mão de obra para recobrimento das sementes.
- O espaçamento afeta a cobertura do solo, a produção de biomassa e a competição entre espécies.

### 3. Plantio em Covetas

- Viável em áreas com relevo inclinado, estreitas e/ou com vegetação natural preexistente.
- Requer menos sementes e pode reduzir custos.
- Exige maior disponibilidade de mão de obra.
- Maiores taxas de estabelecimento.

### POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:

- Quais inovações podem ser adotadas para potencializar a regeneração natural das áreas?
- Considerando as técnicas de plantio a lanço, em linha e em covetas, qual traz melhor estabelecimento de plantas, dado um mesmo nível de manejo pós plantio?
- Quais as vantagens de se plantar nativas e adubação verde misturadas e plantar em linhas ou covetas separadas?
- As covetas poderiam ser combinadas com plantios em linhas para reduzir custos e aumentar a eficácia?
- Testar diferentes espaçamentos no plantio em linhas e covetas, avaliando sua efetividade em relação aos resultados de desenvolvimento da vegetação e custos operacionais.
- Utilização de hidrogel para lidar com secas e veranicos vale a pena?
- Como diferentes arranjos de espécies (por grupos sucessionais ou funções ecológicas) influenciam o estabelecimento, a dinâmica de enriquecimento e os custos na semeadura direta?

- Quais arranjos e combinações de espécies em Sistemas Agroflorestais (SAFs) apresentam melhor desempenho quando implantados por semeadura direta?
- Qual é a relação custo-benefício da semeadura direta em SAFs comparada ao uso de mudas, considerando retorno em produção agrícola/florestal e serviços ecossistêmicos?
- Qual a eficiência de deposição de sementes por drones em diferentes condições de relevo, cobertura de solo e densidade de vegetação e seu custo-benefício?
- Como calibrar drones para diferentes tipos de sementes (densidade, tamanho, formato) garantindo precisão e homogeneidade da distribuição?

## 6.3. INCREMENTO DO BIOMASSA

Os estudos sobre incremento de biomassa e sequestro de carbono têm ganhado destaque nos últimos anos, impulsionando o interesse na restauração ecológica de ecossistemas florestais. Esses temas são fundamentais para avaliar o potencial das diferentes técnicas de plantio para recuperação da vegetação com objetivo de mitigação das mudanças climáticas, incluindo projetos de créditos de carbono.

Análises realizadas em plantios antigos na região do Xingu (MT) têm demonstrado resultados promissores ao comparar a eficiência de diferentes métodos, como semeadura a lanço, em linhas e em covetas (Freitas et al., 2019; Rodrigues et al., 2019; Campos-Filho et al., 2013). Apesar do grande potencial da semeadura direta para promover o aumento de biomassa ao longo do tempo, a maioria das áreas estudadas não foi originalmente estabelecida com esse objetivo. Isso evidencia a necessidade de experimentos estruturados sobre composição e arranjos que considerem explicitamente essa métrica, sem negligenciar a trajetória ecológica das áreas em recuperação.

Dessa forma, a realização de novos estudos e ensaios experimentais focados no incremento de biomassa pode fornecer dados mais robustos e acurados, permitindo otimizar estratégias de restauração e ampliar o conhecimento sobre os impactos da semeadura direta na recomposição florestal.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- Qual é o impacto do método de semeadura direta no incremento de biomassa ao longo do tempo?
- Como a densidade e a diversidade de espécies semeadas influenciam a captura de carbono?
- Como as condições edafoclimáticas modulam a eficiência da semeadura direta na captura de carbono?
- Qual a contribuição relativa da biomassa subterrânea em comparação à biomassa aérea na restauração por semeadura direta?.



## 6.4. ADUBAÇÃO E BIOINSUMOS

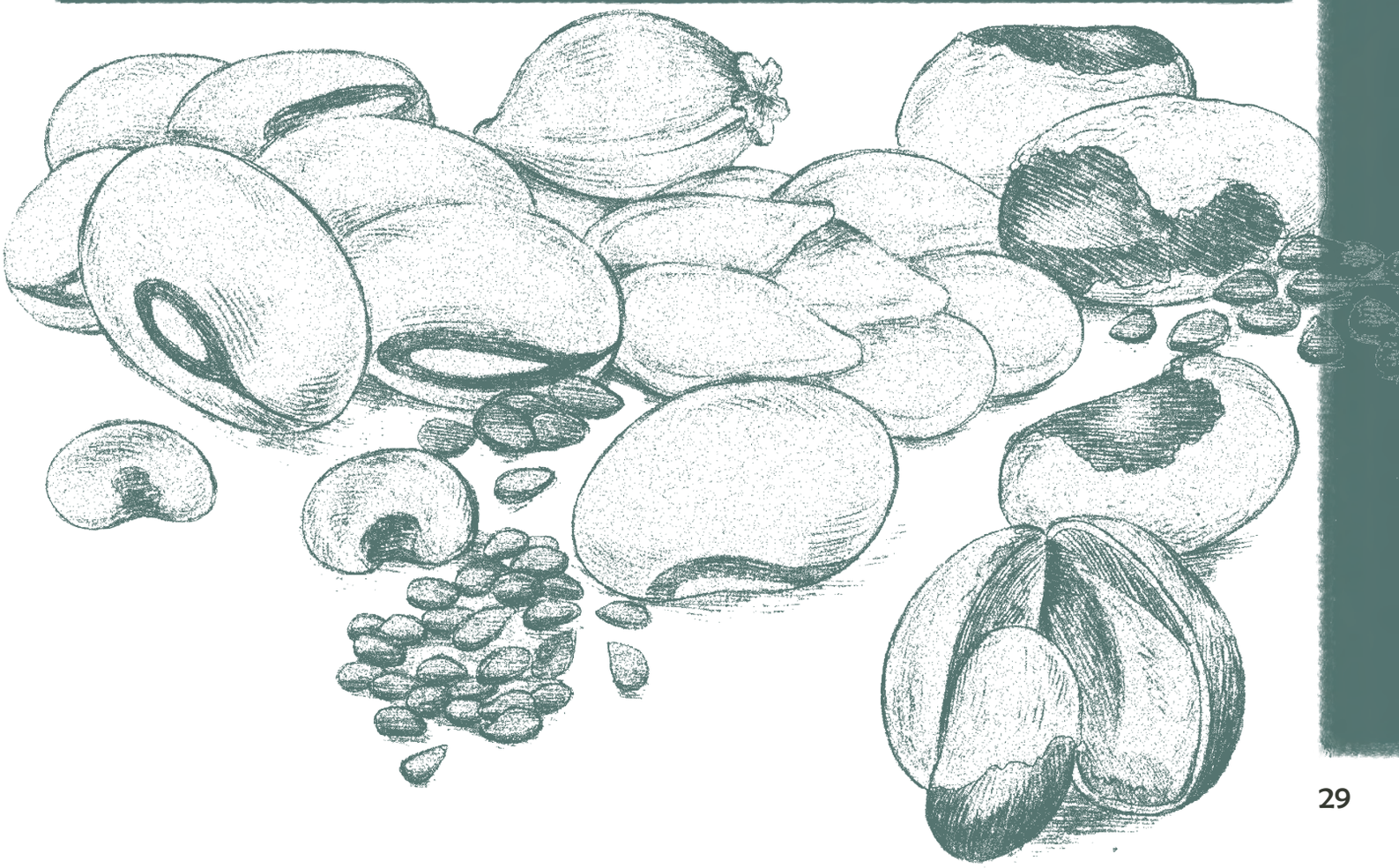
A definição da estratégia de adubação e do uso de bioinsumos deve estar alinhada aos objetivos de cada projeto de restauração. Em iniciativas que buscam acelerar o acúmulo de biomassa em menor tempo, a adubação no momento do plantio pode ser uma prática eficaz, sobretudo quando associada a outras intervenções de manejo recomendadas.

O uso de bioinsumos, como microrganismos benéficos (ex.: rizobactérias e fungos micorrízicos), pode potencializar a disponibilidade e a absorção de nutrientes, estimular o crescimento radicular e contribuir para processos essenciais, como a ciclagem de nutrientes, o aumento da porosidade do solo, a aeração e a infiltração de água (Whisenant, 1999; Sartorelli et al., 2025).

Dessa forma, as estratégias de adubação devem considerar não apenas a disponibilidade imediata de nutrientes, mas também sua dinâmica ao longo do tempo e os impactos no desenvolvimento das espécies nativas. Apesar do potencial promissor, ainda são necessárias pesquisas e maior sistematização de dados para consolidar protocolos que orientem o uso eficiente e seguro dessas práticas em diferentes contextos de restauração.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- Qual é o efeito da adubação (química, orgânica, biológica) nas áreas de semeadura direta?
- Melhorar a comunidade de bactérias e fungos do solo pode melhorar a germinação em densidade e riqueza de espécies? É uma operação adicional que pode contribuir para a diminuição da quantidade de sementes incorporadas na muvuca?





# 7. TEMA 4: MANEJO

O sucesso da semeadura direta depende diretamente da adoção de um manejo adaptativo, que ajuste estratégias conforme as condições do ambiente e o desempenho das espécies (Figura 2). Cada método de manejo possui vantagens, limitações e contextos específicos de aplicação, podendo ser complementares para alcançar o objetivo final da restauração ecológica. Falhas no manejo adequado podem resultar em elevada variabilidade no estabelecimento das espécies e comprometer os resultados da restauração (Palma & Laurance, 2015; Meli et al., 2018; Souza & Engel, 2018; Freitas et al., 2019; Shaw et al., 2020).

As práticas de manejo associadas à semeadura direta beneficiam especialmente plântulas oriundas de sementes pequenas e ampliam ainda mais o sucesso daquelas provenientes de sementes grandes (Doust et al., 2006; Pereira et al., 2013; Passaretti et al., 2020). Estudos indicam que a implementação de técnicas de manejo pode aumentar o sucesso da semeadura direta em até quatro vezes, reduzindo significativamente a necessidade de sementes (Ferreira, 2024) – o principal custo desse método (Raupp et al., 2020). Estima-se que, com um manejo adequado, seja possível reduzir a quantidade de sementes utilizadas entre 25% e 75%, tornando os projetos de restauração mais custo-efetivos e com maior taxa de estabelecimento de plântulas.

Para otimizar a aplicação dessas estratégias, é fundamental realizar análises de custo-benefício que auxiliem na seleção das técnicas de manejo mais adequadas a cada contexto (Correia et al., 2022).




**Figura 2:** Manejo para controle de plantas competidoras: aplicação de herbicida para gramíneas exóticas (A) e trepadeiras (B); roçada manual com roçadeira motorizada para controle de capim (C) e trepadeiras (D). Créditos: (A–D) Edézio Miranda – Agroicone.

## 7.1. CONTROLE DE PLANTAS INDESEJÁVEIS

Após a semeadura, o controle de plantas indesejáveis continua sendo fundamental para assegurar o estabelecimento das espécies nativas, principalmente daquelas com sementes pequenas, pioneiras e plântulas mais sensíveis (Doust et al., 2008; Pereira et al., 2013; Passaretti et al., 2020; Piotrowski et al., 2023). Nesta fase, o manejo deve ser seletivo e adaptativo, buscando manter a vantagem competitiva das nativas sobre as invasoras (Weidlich et al., 2020).,

Estudos indicam que a capina mecânica e/ou química pode **dobrar as taxas de estabelecimento** (9% sem vs. 18% com capina) (Ferreira, 2024). O manejo manual e mecânico, embora eficiente, apresenta limitações: em áreas de semeadura a

lanço, a roçada e a capina tornam-se pouco viáveis devido à grande escala e dificuldade de identificar plântulas nativas entre invasoras; já em plantios organizados em linhas ou covas, especialmente em áreas menores e com mão de obra disponível, esse tipo de manejo é mais factível (Caminhos da Semente, 2025).

Nesse contexto, o uso de herbicidas seletivos pós-plantio, surge como alternativa complementar. Princípios ativos como o Haloxifope-P-metílico têm mostrado bons resultados, e em alguns contextos a combinação de pré-emergentes e graminicidas (Indaziflam + Haloxifope), pode trazer efeito complementar, embora necessite de validação experimental (Vieira et al., 2020a). Outros princípios ativos, como **Isozaflutole e Flumioxazin,** não demonstraram a mesma eficiência, enquanto o **Oxyfluorfen** mostrou efeitos negativos sobre espécies nativas, estando ainda em fase de testes em centros de pesquisa na UFSCar (Sorocaba) e na UFRRJ (REGUA/RJ) (Dados não publicados).

Diante dessas limitações, torna-se essencial realizar experimentos controlados, tanto em vasos quanto em campo, para identificar as melhores estratégias para o controle e desenvolver técnicas de mitigação dos impactos negativos associados ao uso de herbicidas. Além disso, a viabilidade econômica do uso dos herbicidas precisa ser avaliada em diferentes cenários de restauração ecológica.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- Quais combinações de herbicidas pré-emergentes e pós-emergentes graminicidas podem ser utilizados pós-plantio?
- Herbicidas pré-emergentes inibem a germinação das sementes nativas? Quais?
- Quais estratégias podem ser adotadas para reduzir os impactos negativos dos herbicidas seletivos pré-emergentes na germinação das sementes (carvão ativado, serragem, húmus)?



## 7.2.MANEJO DE TREPADEIRAS E LIANAS DE CRESCIMENTO AGRESSIVO

O controle de lianas e trepadeiras podem atrapalhar o desenvolvimento de áreas em restauração. Espécies como Serjania sp., corda-de-viola (*Ipomoea spp.*), melão-de-são-caetano (*Momordica charantia*) e Mucuna representam desafios. Estratégias específicas de controle e monitoramento devem ser aprimoradas.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

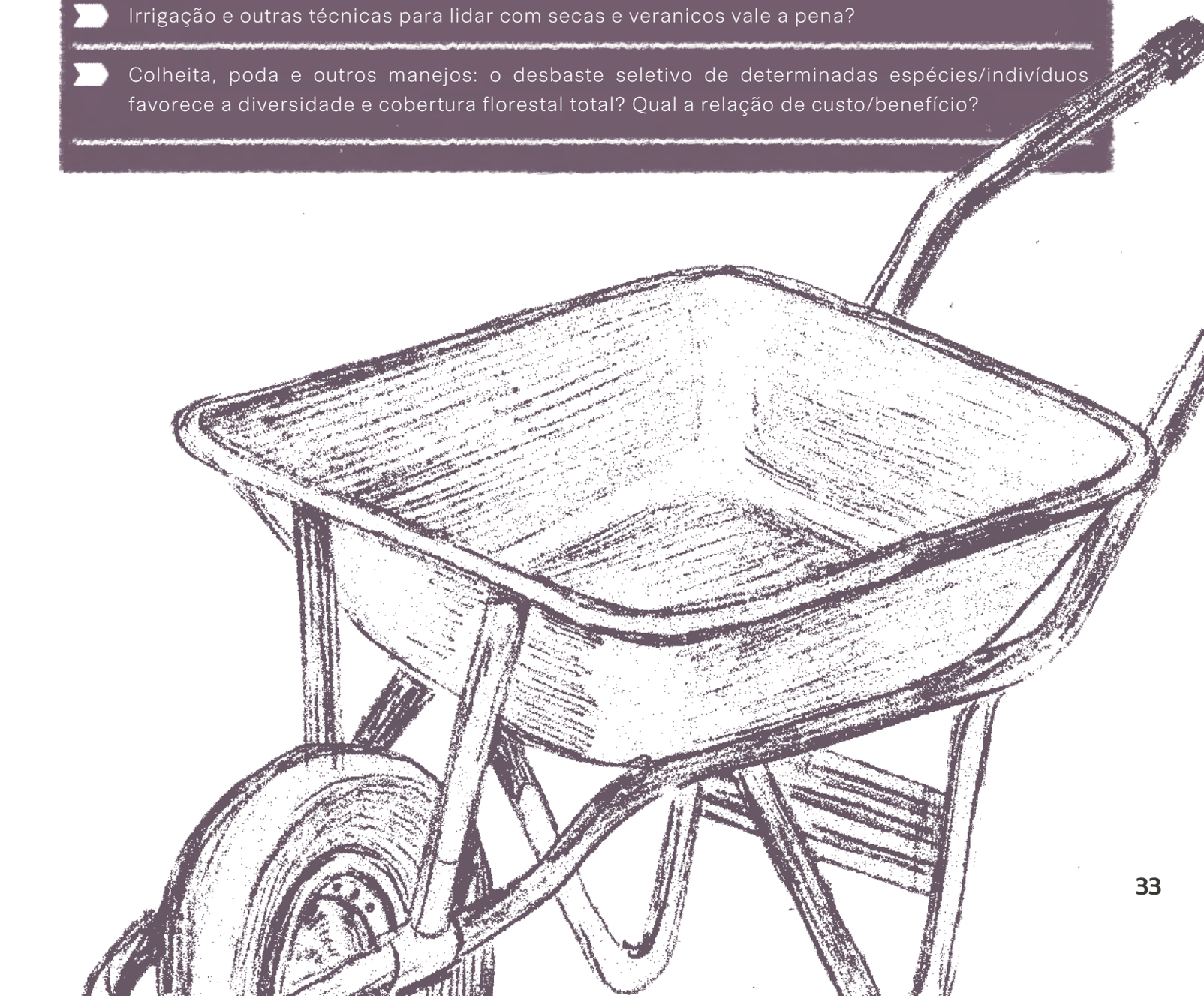
- Quais as melhores estratégias de controle e monitoramento de trepadeiras e lianas?

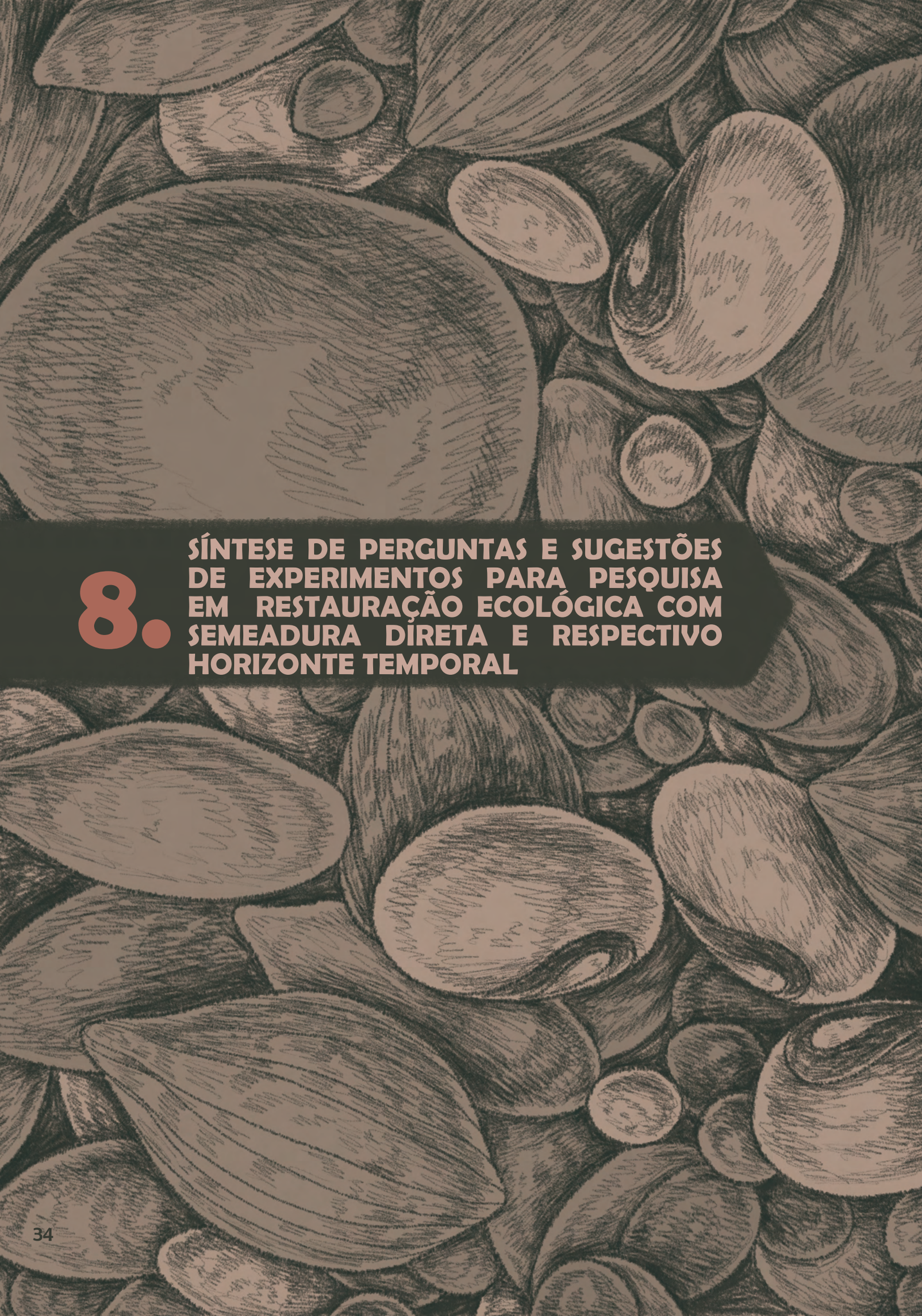
## 7.3. ESTUDOS DE TÉCNICAS DE MANEJO ADAPTATIVO

Manejo adaptativo é importante para reduzir a competição entre espécies e acelerar o acúmulo de biomassa, monitorando o crescimento e acúmulo de biomassa das árvores de interesse ao longo do tempo. A adubação pós-plantio apresenta grande potencial para testes e experimentos, pois ainda não há muitos estudos e experiências relacionadas à adubação pós-plantio em nativas. Nesse contexto, os experimentos devem avaliar diferentes tipos e quantidades de adubação ao longo do projeto, considerando o custo-benefício e os impactos no desenvolvimento das espécies.

**POTENCIAIS PERGUNTAS E FRENTES DE PESQUISAS:**

- Quais práticas de manejo que podem favorecer o recrutamento natural de espécies-chave para a sucessão?
- Vale a pena realizar a adubação de cobertura nas áreas em restauração por semeadura direta?
- Quais produtos biológicos pós-plantio poderiam ser utilizados para melhor desenvolvimento das espécies nativas?
- Irrigação e outras técnicas para lidar com secas e veranicos vale a pena?
- Colheita, poda e outros manejos: o desbaste seletivo de determinadas espécies/indivíduos favorece a diversidade e cobertura florestal total? Qual a relação de custo/benefício?





# 8. SÍNTESE DE PERGUNTAS E SUGESTÕES DE EXPERIMENTOS PARA PESQUISA EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA COM SEMEADURA DIRETA E RESPECTIVO HORIZONTE TEMPORAL

A semeadura direta é um método eficiente e de baixo custo para a restauração de ecossistemas florestais, savânicos e campestres, caracterizada pelo plantio de sementes nativas diretamente no solo preparado. Aplicada em alta densidade e diversidade de espécies, essa abordagem favorece a sucessão ecológica e simula processos de regeneração natural, promovendo rápida cobertura do solo, fechamento do dossel e inclusão de múltiplos grupos funcionais. Sua versatilidade permite aplicações tanto em áreas de restauração total como no enriquecimento de áreas em regeneração natural, utilizando métodos manuais ou mecanizados.

Além dos benefícios ecológicos, a semeadura direta fortalece cadeias socioeconômicas ao envolver comunidades locais na coleta e comercialização de sementes. Essa combinação e mistura de sementes de diversas espécies é conhecida, popularmente, como muvuca de sementes. No Brasil, o método ganhou destaque a partir de experiências na Bacia do Xingu (MT) e em Araras/SP, e desde então vem se expandindo em âmbito nacional.

O avanço da semeadura direta depende do aprofundamento de pesquisas e desenvolvimentos em tecnologia de sementes e em estratégias para minimizar a mortalidade na fase inicial de estabelecimento — da germinação à sobrevivência em campo. Além disso, inovações no preparo do solo, manejo de sementes, escolha de espécies, uso de cobertura morta e controle de plantas indesejáveis poderão gerar avanços significativos para aumentar as taxas de sucesso e reduzir o custo da restauração.

**ESTA NOTA TÉCNICA APRESENTA DE MANEIRA ESTRUTURADA AS OPORTUNIDADES DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO EM QUATRO TEMAS:**

- **Seleção de espécies, densidades e procedências:** Estudos de autoecologia, composição florística e arranjos ideais.
- **Tecnologias de sementes:** Desenvolvimento de técnicas para coleta, armazenamento, tratamento e semeadura.
- **Preparo do solo e manejo:** Métodos para retirada de plantas invasoras, calagem, adubação e formas de plantio direto.
- **Manejo:** Estratégias adaptativas para controle de gramíneas exóticas e trepadeiras e aceleração do incremento de biomassa.

**Embora estes temas possam ser aplicados em ambientes savânicos como os existentes no Cerrado, o documento foca nos ecossistemas florestais, sinalizando a necessidade de estudos específicos para outras fitofisionomias.**

| TEMAS | | PERGUNTAS | SUGESTÕES DE EXPERIMENTOS | HORIZONTE TEMPORAL PARA RESPONDER |
|---|---|---|---|---|
| SELEÇÃO DE ESPÉCIES, DENSIDADES E PROCEDÊNCIAS | Estágios sucessionais e estudos de autoecologia | Quais espécies apresentam atualmente maior taxa de germinação e estabelecimento em campo, com bom custo-benefício, para uso em semeadura direta? | Teste comparativo de desempenho e custo entre espécies-chave na restauração.<br>Priorizar espécies que têm hoje baixo estabelecimento na semeadura direta, Objetivos: elevar a porcentagem de estabelecimento e reduzir custos. Elaborar uma lista de espécies prioritárias para elevar a porcentagem de estabelecimento. | A partir de 1 ano |
| | | Qual é o momento em que cada espécie domina e atinge seu porte máximo nos plantios de semeadura? | Medições quanto ao tamanho das plantas, idade, quando dominam, cobertura de copa, taxas de crescimento, se tem variação de crescimento por região e clima ao longo do tempo (plant-hunting). | Mais de 5 anos |
| | | Qual o ciclo de vida das espécies usadas na semeadura direta? | | Mais de 5 anos |
| | | Como o clima e o tipo de solo influenciam o estabelecimento das espécies em projetos de semeadura direta? | Análise multivariada dos fatores ambientais sobre a composição de espécies em semeadura direta. Avaliação da presença/ausência das espécies. | 1 a 2 anos |
| | Tecnologias de sementes | Quais espécies devem ter suas sementes coletadas antes de completarem a maturação? Quais sementes podem ser coletadas no chão? Qual a temperatura máxima para a secagem das sementes de cada espécie? | | 1 a 2 anos |
| | | A quebra parcial ou total da dormência pode favorecer o estabelecimento de algumas espécies em plantios por semeadura direta? | Experimento de plantio com quebra de dormência parcial de lote de determinadas espécies. Monitoramento das áreas pós-plantio.<br>O que considerar:<br>1 - Espécies de crescimento rápido e de crescimento lento;<br>2 - Porcentagens da quebra do lote (25%, 50% e 75%) | 1 a 2 anos |
| | | Qual o impacto dos diferentes tipos de peletização na germinação e estabelecimento das espécies? | Teste de germinação comparativo (com e sem peletização) em campo e laboratório com condições controladas e formulações de peletização diferentes.<br>Avaliação da:<br>1 - integridade física;<br>2 - taxa de germinação;<br>3 - tempo de germinação;<br>4 - facilidade de produção | 1 a 2 anos |

| TEMAS | | PERGUNTAS | SUGESTÕES DE EXPERIMENTOS | HORIZONTE TEMPORAL PARA RESPONDER |
|---|---|---|---|---|
| | | É possível armazenar sementes nativas após o processo de peletização? Quais as implicações para sua viabilidade? | Teste de armazenamento comparativo entre sementes peletizadas e não peletizadas. Avaliação de vigor após determinado período de armazenamento. | 1 a 2 anos |
| | | Qual é a relação custo-benefício da peletização? | Análise econômica associada à um plantio comparativo entre<br>1 - semeadura direta com sementes peletizadas e<br>2 - semeadura de sementes não peletizadas | 1 a 2 anos |
| | Estudos de composição, e arranjos de espécies e densidades ideais para a semeadura | Seria possível uma composição de espécies em que a cobertura da adubação verde e/ou facilitadoras exóticas seja substituída integralmente pelas nativas? | Plantio de semeadura direta três tratamentos:<br>1 - sem adubação verde + nativas (senna, asteraceae, solanum);<br>2 - % pequena de qnt de adubação verde + nativas (senna, asteraceae solanum);<br>3 - plantio convencional com adubação verde. | 1 a 2 anos |
| | | Consórcio com espécies de adubação verde ou culturas agrícolas aumenta o estabelecimento de espécies de floresta? Quais espécies de adubação verde e em que proporção? | Experimentos de semeadura com espécies de adubação verde e com diferentes proporções de quantidade de sementes. | 1 a 2 anos |
| | | Quais as densidades de sementes mais adequadas entre grupos funcionais? (pioneiras e clímax, ou preenchimento e diversidade, ou por fase de ocupação) | | 2 a 5 anos |
| | | Quais são as espécies com mais registro e com maior densidade (ind/ha) nos plantios de semeadura direta? Geralmente são sementes grandes e não achatadas; há uma variabilidade regional por espécies? | Avaliação dos monitoramentos das áreas de semeadura direta. | 1 a 2 anos |
| | | Quais seriam os mixes adequados de espécies por bioma (Amazônia e Mata Atlântica), visando otimizar a captura de carbono em 40 anos, sem comprometer a trajetória ecológica? | | 5 anos |
| | | Como diferentes arranjos de espécies (por grupos sucessionais ou funções ecológicas) e estratégias de densidade influenciam o estabelecimento, a dinâmica de enriquecimento e os custos na semeadura direta? | Avaliar o efeito da composição funcional (pioneiras vs. diversidade completa) e da estratégia de enriquecimento.<br>T0: Semeadura com espécies de rápido crescimento (pioneiras), sem enriquecimento posterior. | 1 a 2 anos |

| TEMAS | | PERGUNTAS | SUGESTÕES DE EXPERIMENTOS | HORIZONTE TEMPORAL PARA RESPONDER |
|---|---|---|---|---|
| | | | T1: Semeadura com espécies de rápido crescimento (pioneiras), com enriquecimento posterior com espécies de crescimento mais lento (ortodoxas, intermediárias e recalcitrantes) em diferentes tempos (aos 6 meses, 1, 3 e 5 anos).<br>T2: Semeadura com lista completa de espécies, incluindo pioneiras, secundárias e clímax desde o início (alta diversidade funcional).<br>O que avaliar: Taxa de emergência e estabelecimento de plântulas. Cobertura vegetal e fechamento do dossel ao longo do tempo. Recrutamento natural de novas espécies. Comparação dos custos operacionais por tratamento (insumos, mão de obra, enriquecimentos, etc.). | |
| PREPARO DE SOLO | Controle de plantas indesejáveis | Qual a quantidade ideal de aplicações para o controle pré-plantio? | Experimento testando a aplicação 1,2,3,4 vezes de diferentes produtos. | 1 a 2 anos |
| | | Quais estratégias podem ser adotadas para combinar herbicidas pós-emergentes e pré-emergentes para reduzir a emergência do banco de sementes das GEI e otimizar a regeneração natural? | Experimento testando a combinação e sem combinação. Avaliação pós aplicação da regeneração natural e rebrotamento das GEI. | 1 a 3 anos |
| | | Como e quais herbicidas pré-emergentes podem ser utilizados, diante das peculiaridades de uso dependentes das características do solo (como matéria orgânica e textura) para se ter eficácia? | Experimento testando diferentes herbicidas seletivos disponíveis para restauração ecológica. | 1 a 3 anos |
| | | Como fazer aplicação de herbicidas com drones e em quais situações essa técnica é indicada? | Experimentos avaliando eficácia, custo-benefício em diferentes contextos. | 1 a 2 anos |
| | | O pastoreio controlado de gado favorece a redução da biomassa de gramíneas competidoras e, consequentemente, a regeneração natural de espécies nativas? Como definir intensidade desse uso? | Análise da compactação do solo (densidade aparente). | 1 a 2 anos |
| | | | Quantificar o efeito do pastoreio controlado de gado na redução da biomassa de gramíneas exóticas e na promoção da regeneração natural de nativas em áreas de res- | 3 a 5 anos |

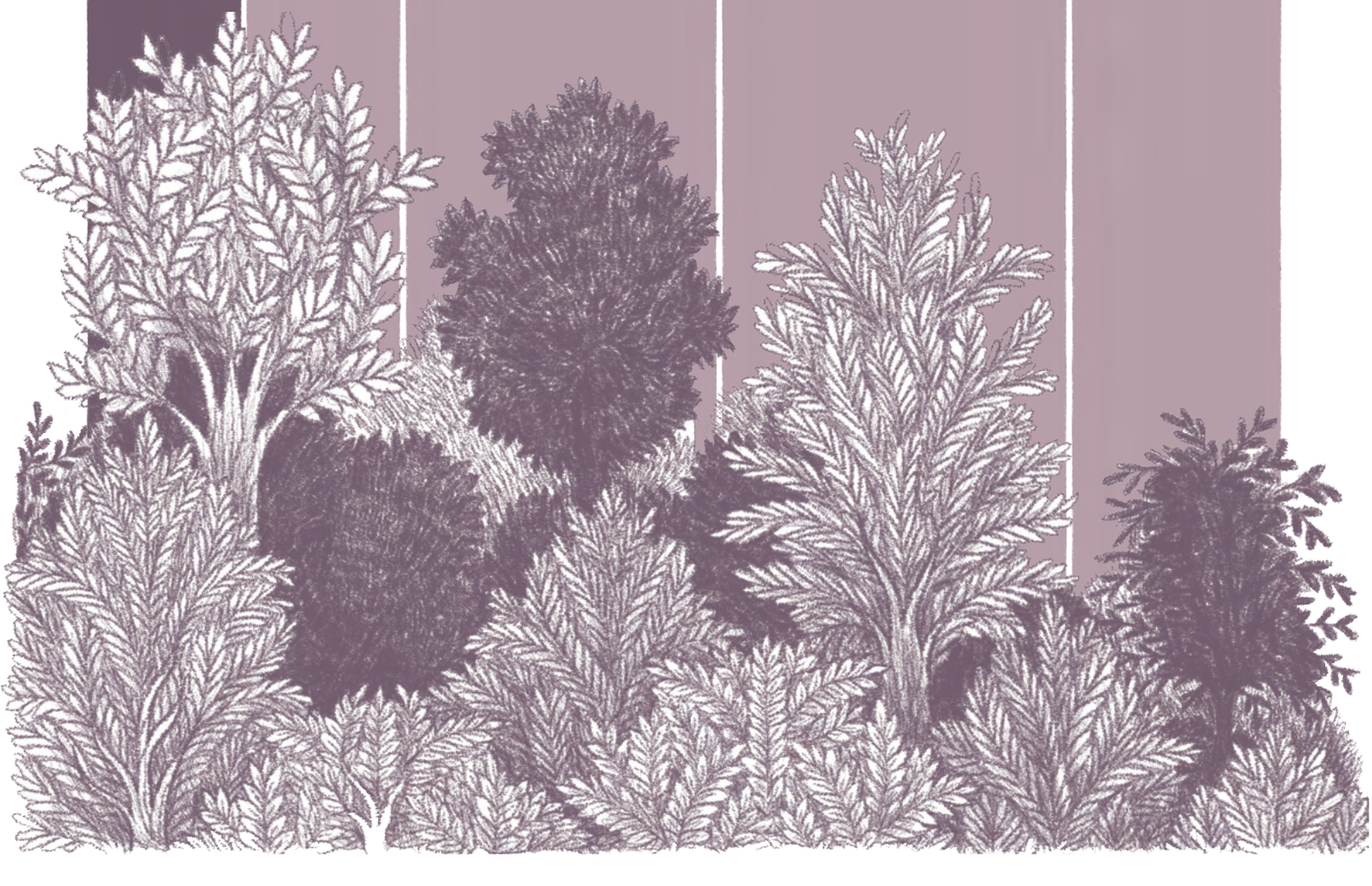
| TEMAS | | PERGUNTAS | SUGESTÕES DE EXPERIMENTOS | HORIZONTE TEMPORAL PARA RESPONDER |
|---|---|---|---|---|
| | | | tauração por semeadura direta ou regeneração assistida.<br>H1: Áreas com pastoreio controlado apresentam menor biomassa de gramíneas exóticas que áreas sem gado.<br>H2: Áreas com pastoreio controlado apresentam maior densidade e riqueza de regenerantes nativos.<br>H3: Efeitos positivos dependem da intensidade (taxa de lotação) e frequência (tempo de ocupação/descanso). | |
| | | Quais implementos não convencionais são eficientes para o controle de GEI sem herbicidas e em quais condições? | Capina elétrica seguida de roçada? Ou utilizar a capina elétrica para reduzir o número de aplicações de herbicida? | 1 a 3 anos |
| | Cronograma de execução | Qual seria a janela de preparo ideal para cada método de semeadura, com herbicida ou sem herbicida? | Testar diferentes janelas de tempo, as que mais acontecem no dia a dia com a que "achamos" ideal. | 1 a 3 anos |
| | | Como fazer um bom preparo e reduzir os custos de manutenção futura? | Testar formas de preparo do solo que aproveitem a vegetação já existente como cobertura. | 1 ano |
| | Cronograma de adubação | Qual é o impacto da adubação e calagem no desenvolvimento das espécies em plantios de semeadura direta? | Avaliar diferentes adubos químicos e orgânicos e sua viabilidade para usos na semeadura direta. | 1 a 3 anos |
| | | Qual a relação entre a microbiota inicial e final do solo para cada metodologia de plantio em semeadura direta (lanço, linha, coveta)? | Avaliar a microbiota pré-plantio (efeito comparativo negativo), e em monitoramentos pós-plantio e área madura de referência para efeito comparativo positivo. | 1 a 5 anos |
| | Uso de cobertura morta - preparo para um plantio direto | Quais estratégias de manejo da vegetação e preparo do solo podem favorecer a semeadura direta de espécies nativas, especialmente no controle de plantas competidoras e na melhoria das condições de estabelecimento? | Plantio prévio de espécies de cobertura:<br>Objetivo: Avaliar se o plantio antecipado de espécies de cobertura ou facilitadoras pode suprimir plantas competidoras (ex: capim), melhorar o solo e criar microclima favorável para a semeadura direta. | 1 a 3 anos |
| | | | Formas de incorporação da biomassa da cobertura ou vegetação presente. Objetivo: Avaliar os efeitos da quantidade, forma e momento da incorporação da biomassa (ex: capim roçado, espécies de cobertura) sobre a germinação e o estabelecimento das sementes. | 1 a 3 anos |

| TEMAS | | PERGUNTAS | SUGESTÕES DE EXPERIMENTOS | HORIZONTE TEMPORAL PARA RESPONDER |
|---|---|---|---|---|
| | | | Aproveitamento da vegetação existente (sem plantio prévio. Objetivo: Avaliar estratégias de manejo da vegetação já presente (ex: capim, plantas ruderais) para usar como cobertura viva ou morta, reduzindo custos e preparando o solo. | 1 a 3 anos |
| | | É preciso revolver o solo ou poderia ser feito plantio direto, como na agricultura? Qual efeito no estoque de carbono do solo? | Amostragem de solo para análises físicas e químicas e densidade do solo para avaliar o efeito da forma de plantio: com plantio convencional versus direto, para ver se está perdendo muito carbono. | 1 a 2 anos |
| | | Quais são as vantagens de recuperar o solo previamente ao desenvolvimento das espécies nativas, por meio do plantio de espécies de cobertura, em termos de bioestrutura, disponibilidade de nutrientes, controle de plantas competidoras e aumento da taxa de sobrevivência das nativas? | Plantio de espécies de cobertura antes do plantio para melhorar a bioestrutura do solo. | 1 a 3 anos |
| PREPARO DE PLANTIO | Adaptação e desenvolvimento de implementos específicos para semeadura direta | Quais são as adaptações necessárias e os custos envolvidos no desenvolvimento de implementos específicos para a semeadura direta de espécies nativas para a semeadura a lanço, linhas e covetas? Quais os rendimentos operacionais e custo-horário de cada uma das opções? | Teste de adaptabilidade e eficiência operacional de maquinários para semeadura direta para lanço, em linhas e covetas para pequena, média e larga escala. | 1 a 3 anos |
| | | Quais são as adaptações necessárias e os custos envolvidos no desenvolvimento de maquinários para áreas declivosas? | Teste de adaptabilidade e eficiência operacional de maquinários para semeadura direta sobre cobertura/palhada para pequena, média e larga escala.<br>Objetivos: Identificar e testar adaptações necessárias;<br>Avaliar custos de adaptação e operação;<br>Medir eficiência da semeadura.<br>Avaliar o impacto sobre o estabelecimento de espécies nativas. | 1 a 3 anos |
| | Técnicas complementares e arranjos de plantio | Quais inovações podem ser adotadas para potencializar a regeneração natural das áreas? | Plantio em faixas em áreas declivosas: Avaliar o espaçamento, densidade. | 1 a 5 anos |
| | | Considerando as formas de plantio a lanço, em linha e em covetas, qual traz melhor estabelecimento de plantas, dado um mesmo nível de manejo pós plantio? | Experimento com 4 tratamentos (1 - lanço; 2 - linhas; 3 - covetas; 4 - apenas controle dos fatores de perturbação. | A partir de 1 ano |

| TEMAS | | PERGUNTAS | SUGESTÕES DE EXPERIMENTOS | HORIZONTE TEMPORAL PARA RESPONDER |
|---|---|---|---|---|
| | | Existe um equilíbrio entre alta densidade da adubação verde e o crescimento esperado das espécies de interesse e da matocompetição? | Testar diferentes densidades de semeadura de adubação verde.<br>Objetivo: Encontrar uma faixa de kg/ha ideal de espécies de adubação verde sobre as mesmas condições de preparo. | A partir de 1 ano |
| | | Quais as vantagens de se plantar nativas e adubação verde misturadas e plantar em linhas ou covetas separadas? | Experimento de semeadura em linhas e/ou covetas com 2 arranjos: nativas+adubação verde misturada e nativas e adubação verde separadas em um determinado espaçamento. | 1 a 5 anos |
| | | As covetas poderiam ser combinadas com plantios em linhas para reduzir custos e aumentar a eficácia? | Experimento de semeadura contínua em linhas intercaladas com covetas.<br>Testar diferentes espaçamentos no plantio em linhas e covetas, avaliando sua efetividade em relação aos resultados de desenvolvimento da vegetação e custos operacionais. | 1 a 5 anos |
| | | Utilização de hidrogel para lidar com secas e veranicos vale a pena? | Experimento de semeadura em covetas adotando o hidrogel junto ao plantio. | 1 a 2 anos |
| | | Quais arranjos e combinações de espécies em Sistemas Agroflorestais (SAFs) apresentam melhor desempenho quando implantados por semeadura direta? | (H1) Consórcios com facilitadoras (leguminosas de adubação verde + arbustos) aumentam o estabelecimento e reduzem capins exóticos.<br>(H2) Arranjos em faixas (linhas alternadas por estrato/funcional) têm melhor desempenho que semeadura a lanço para produtividade e manejo.<br>(H3) Maior diversidade funcional (≥4 grupos funcionais) acelera fechamento de dossel e estabilidade do sistema. | 2 a 5 anos |
| | | Qual é a relação custo-benefício da semeadura direta em SAFs comparada ao uso de mudas, considerando retorno em produção agrícola/florestal e serviços ecossistêmicos? | (H1) Semeadura direta reduz custos de implantação e manejo inicial.<br>(H2) Em 3–5 anos, o retorno agroflorestal (crescimento arbóreo) é similar ou superior por unidade de custo para o plantio em mudas. | 2 a 5 anos |
| | | Como calibrar drones para diferentes tipos de sementes (densidade, tamanho, formato) garantindo precisão e homogeneidade da distribuição? | Testes de dispersores diferentes (formatos, estruturas diferentes) e de composição de espécies | 2 a 5 anos |
| | | Qual a eficiência de deposição de sementes por drones em diferentes condições de relevo, cobertura de solo e densidade de vegetação e seu custo-benefício? | Testes de composição de espécies, condições variadas de relevo e tipos de preparo do solo | 1 a 5 anos |

| TEMAS | | PERGUNTAS | SUGESTÕES DE EXPERIMENTOS | HORIZONTE TEMPORAL PARA RESPONDER |
|---|---|---|---|---|
| | Incremento de biomassa | Qual é o impacto do método de semeadura direta no incremento de biomassa ao longo do tempo? | Monitoramento in loco das áreas e análise dos efeitos de quanto o método afeta o incremento de biomassa no solo. | 1 a 2 anos |
| | | Como a densidade e a diversidade de espécies semeadas influenciam a captura de carbono? | Plantios de semeadura direta com quantidades de kg/ha e arranjos diferentes com o objetivo de avaliar a diferença da densidade e a relação do incremento de biomassa ao decorrer dos anos. Avaliação do trade-off entre capturar menos carbono em um tempo mais longo, mas reduzindo o custo inicial de investimento. | Mais de 5 anos |
| | | Como as condições edafoclimáticas modulam a eficiência da semeadura direta no sequestro de carbono? | Plantios de semeadura direta em diferentes regiões com o objetivo de avaliar o desenvolvimento e incremento de biomassa ao longo do tempo. Avaliar como variações de solo e clima local afetam o sequestro de carbono (biomassa aérea + estoque de C do solo) em áreas implantadas por semeadura direta. | Mais de 5 anos |
| MANEJO | Controle de plantas indesejáveis | Quais combinações de herbicidas pré-emergentes e pós-emergentes graminicidas podem ser utilizados pós-plantio? | Realizar experimentos combinando herbicidas pré-emergentes e pós-emergentes graminicidas ao mesmo tempo. | 1 a 2 anos |
| | | Herbicidas pré-emergentes inibem a germinação das sementes nativas? Quais? | Realizar experimentos com pré-emergentes em diferentes condições edafoclimáticas; Avaliação pós-plantio da inibição das espécies semeadas. | 1 a 2 anos |
| | | Quais estratégias podem ser adotadas para reduzir os impactos negativos dos herbicidas seletivos pré-emergentes na germinação das sementes (carvão ativado, serragem, húmus)? | Desenvolvimento de antídotos para reduzir os impactos negativos dos herbicidas na germinação das sementes (carvão ativado, serragem, húmus). | 1 a 2 anos |
| | | Qual o custo para realizar as aplicações de herbicida no preparo e pós plantio em áreas de semeadura direta? | Avaliação da viabilidade econômica do uso dos herbicidas em diferentes cenários de restauração ecológica. | 1 a 2 anos |
| | Manejo de trepadeiras e lianas de crescimento agressivo | Quais as melhores estratégias de controle e monitoramento de trepadeiras e lianas? | Avaliação custo-benefício do controle manual de lianas nos primeiros 3-4 meses pós-plantio | 1 a 2 anos |
| | Estudos de técnicas de manejo adaptativo | Quais práticas de manejo que podem favorecer o recrutamento natural de espécies-chave para a sucessão? | Identificação de práticas de manejo que favorecem o recrutamento natural de espécies-chave para a sucessão ecológica, como a embaúba (Cecropia sp.) | 1 a 5 anos |

| TEMAS | PERGUNTAS | SUGESTÕES DE EXPERIMENTOS | HORIZONTE TEMPORAL PARA RESPONDER |
|---|---|---|---|
| | Vale a pena realizar a adubação de cobertura nas áreas em restauração por semeadura direta? | Avaliação de diferentes tipos e quantidades de adubação pós-plantio, considerando o custo-benefício e os impactos no desenvolvimento das espécies de interesse. | 1 a 5 anos |
| | Quais produtos biológicos pós-plantio poderiam ser utilizados para melhor desenvolvimento das espécies nativas? | Testes de bioinsumos diferentes e avaliar a eficácia | 1 a 2 anos |
| | Irrigação e outras técnicas para lidar com secas e veranicos vale a pena? | Medidas de "retenção/uso eficiente de água" (mulching, sombreamento facilitador, polímeros/condicionadores) reduzem a mortalidade a menor custo. | 1 a 2 anos |
| | Colheita, poda e outros manejos: o desbaste seletivo de determinadas espécies/indivíduos favorece a diversidade e cobertura florestal total? Qual a relação de custo/benefício? | (H1) Desbaste seletivo por dominância (remover indivíduos que sombreiam excessivamente) aumenta diversidade, luz no sub-bosque e recrutamento sem reduzir a produção de biomassa.<br>(H2) Poda de formação em espécies-alvo melhora crescimento e reduz competição vertical a custo manejável.<br>(H3) Ganhos ecológicos e operacionais superam custos quando a intervenção é oportuna (12–24 meses), não tardia | 2 a 5 anos<br>Mais de 5 anos |



# 9. AGRADECIMENTOS

Agradecemos imensamente a todos os participantes do Workshop sobre pesquisa em restauração com semeadura direta realizado em fevereiro de 2025, cuja colaboração foi fundamental para elaboração desta Nota Técnica. Os participantes enriqueceramas discussões, com levantamento de perguntas relevantes, além do compartilhamento de experiências práticas e de iniciativas conduzidas em diferentes biomas e regiões do país.

**NOSSOS AGRADECIMENTOS ESPECIAIS A:**

- **Marcelo Pereira, Felipe Tieppo e Jansen Fernandes** (Biomas)
- **Alba Cordeiro** – Semeia Cerrado / DF
- **Daniel Vieira** – Embrapa Recursos Genéticos / DF
- **Joaquim Freitas** – Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN) / PE
- **Fátima Piña Rodrigues, José Mauro e Ivonir Piotrowski Santos** – UFSCar Sorocaba / SP
- **Lara Aranha** – Instituto Socioambiental (ISA) / MT
- **Pedro Laumann** – Universidade de Brasília (UnB)
- **Samuel Cortez** – Iniciativa Verde / SP
- **Paulo Sérgio Santos Leles** – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) / RJ.
- **Danielle Celentano** - Instituto Socioambiental (ISA) / Redário

**A participação de cada um(a) foi essencial para construir um olhar mais integrado e técnico sobre os desafios e caminhos da restauração ecológica com sementes nativas no Brasil. Suas contribuições ajudaram a consolidar reflexões importantes que se traduziram na elaboração desta Nota Técnica.**





# 10. REFERÊNCIAS

ARAGÃO, J.S., ELIAS, F., NEVES, E.C. & GUILHERME, F.A.G. (2023) Forest recovery by direct seeding on the southern edge of the Brazilian Amazon. Restoration Ecology 31, e14036

BELLEMO, A. C. (2017). Formação de dossel no curto prazo, como estratégia de restauração florestal. Cap 1. Semeadura direta de espécies de adubação verde na entrelinha da semeadura direta de espécies nativas de recobrimento. (Dissertação, Universidade de São Paulo).

BRASIL. 2025. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – PLANAVEG. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/sbio/dflo/plano-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa-planaveg. Acesso em: 22 ago. 2025.

BOND, W.J., HONIG, M. & MAZE, K.E. (1999) Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. Oecologia 120, 132–136.

BONILLA-MOHENO, M. & HOLL, K.D. (2010) Direct Seeding to Restore Tropical Mature-Forest Species in Areas of Slash-and-Burn Agriculture. Restoration Ecology 18, 438–445.

BRADSHAW, A.D & CHADWICK, M.J. 1980. The Restoration of Land. Berkeley: University of California Press

CAMARGO, J.L.C., FERRAZ, I.D.K. & IMAKAWA, A.M. (2002) Rehabilitation of Degraded Areas of Central Amazonia Using Direct Sowing of Forest Tree Seeds. Restoration Ecology 10, 636–644.

CAMINHOS DA SEMENTE (2025) A Iniciativa Caminhos da Semente visa dar escala à restauração ecológica no Brasil por meio do método de semeadura direta.

CAMPOS, O.C., IANNELLI, C., STAPE, J.L., COOK, R.L., MENDES, J.C.T. & VIVIAN, R. (2014) Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: From leaf physiology to survival and initial growth. Forest Ecology and Management 313, 233–242.

CAMPOS-FILHO, E.M., COSTA, J.N.M.N., SOUSA, O.L. & JUNQUEIRA, R.G.P. (2013) Mechanized DirectSeeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil. Journal of Sustainable Forestry 32, 702–727. Taylor & Francis.

CECCON, E., GONZÁLEZ, E.J. & MARTORELL, C. (2016) Is Direct Seeding a Biologically Viable Strategy for Restoring Forest Ecosystems? Evidences from a Meta-analysis. Land Degradation &Development 27, 511–520

CHAVES, R.B., DURIGAN, G., BRANCALION, P.H.S & ARONSON, J. 2015. "On the need of legal frameworks for assessing restoration projects success: New perspectives from São Paulo state (Brazil)." Restoration Ecology 23:754–759.

CHECHINA, M & HAMANN, A. 2015. "Choosing species for reforestation in diverse forest communities: Social preference versus ecological suitability." Ecosphere 6: article 240.

COLADO, M.L.Z., REIS, L.K., GUERRA, A.., GUERIN, N., SZABO, J. K & GARCIA, L. C. Mixing green manure with native seeds in the same row enhances species establishment in restoration areas of the Brazilian Cerrado. Applied Vegetation Science, v. 28, n. 1, e70015, 2025.



COLE, R.J., HOLL, K.D., KEENE, C.L. & ZAHAWI, R.A. (2011) Direct seeding of late-successional trees torestore tropical montane forest. Forest Ecology and Management 261, 1590–1597

CORREIA, M.R. DE M., FERREIRA, M.C., ALVES, M., CONSOLARO, H.N. & VIEIRA, D.L.M. (2022) Less is more: Little seed processing required for direct seeding in seasonal tropics. New Forests 53, 695–719

DE RESENDE, A. S. Controle de plantas daninhas em restauração florestal. 2017.

DOUST, S.J., ERSKINE, P.D. & LAMB, D. (2006) 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 234, 333–343.

DOUST, S.J., ERSKINE, P.D. & LAMB, D. (2008) 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 256, 1178–1188.

DURIGAN, G., GUERIN, N & DA COSTA, J. 2013. "Ecological restoration of Xingu Basin headwaters: Motivations, engagement, challenges and perspectives." Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences 368: article 20120165.



FERREIRA, Maxmiller Cardoso. Ecologia de sementes e plântulas aplicada à restauração por semeadura direta no Brasil. 2024. 170 f., il. Tese (Doutorado em Ecologia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2024.

FERREIRA, M.C., CORDEIRO, A.O. DE O., SAMPAIO, A.B., SCHMIDT, I.B. & VIEIRA, D.L.M. (2023) Direct seeding versus seedling planting: survival, biomass, growth, and cost up to 6 years for four tropical seasonal tree species. Restoration Ecology 31, e13807.

FERREIRA, M.C., VIEIRA, DLM. (2024). Making the most of native seeds: Management techniques interact with seed and seedling traits for enhancing direct seeding success. Forest Ecology and Management, v. 574, p. 122353.

FIGUEIREDO, M. A., Messias, M. C. T. B., Leite, M. G. P., & Kozovits, A. R. (2021). Direct seeding in the restoration of post-mined campo rupestre: Germination and establishment of 14 native species. Flora, 276, 151772

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. (2019) Evaluating the success of direct seeding for tropical forest restoration ten years. Forest Ecology and Management 438, 224–232

GROSSNICKLE, S.C. & IVETIĆ, V. (2017) Direct Seeding in Reforestation – A Field Performance Review. REFORESTA 4, 94–142.

GUNN, J. 1995. Restoration and Recovery of an Industrial Region–Progress in Restoring the Smelter-Damaged Landscape near Sudbury, Canada. New York: SpringerVerlag.

HINKSON, K.M., NESMITH, J.E., ALBA, C., DURHAM, M., FERRELL, J. & FLORY, S.L. (2024) Selective method for invasive plant removal enhances restoration. Restoration Ecology n/a, e14112

HOLL, K.D. (2002) Effect of Shrubs on Tree Seedling Establishment in an Abandoned Tropical Pasture. Journal of Ecology 90, 179–187. [Wiley, British Ecological Society].

HOLL, Karen D. Fundamentos da restauração ecológica. CopIt ArXives, 2023.

INICIATIVA VERDE (2025) - A Iniciativa Verde é uma organização do terceiro setor que realiza projetos de restauração florestal, utilizando também o método da semeadura direta em seus trabalhos e experiências.

INICIATIVA CAMINHOS DA SEMENTE, 2025. Protocolo para monitoramento da restauração florestal. Agroicone, Embrapa e ISA, 29p.

ISERNHAGEN, I. Uso de semeadura direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2010.

JURADO, E. & WESTOBY, M. (1992) Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia. Journal of Ecology 80, 407–416. [Wiley, British Ecological Society].



LAUMANN, P.D., FERREIRA, M.C., SILVA, D.A. & VIEIRA, D.L.M. (2023) Germination traits explain the success of direct seeding restoration in the seasonal tropics of Brazil. Forest Ecology and Management 529, 120706.

MADSEN, M.D., HULET, A., PHILLIPS, K., STALEY, J.L., DAVIES, K.W. & SVEJCAR, T.J. (2016) Extruded seed pellets: a novel approach for enhancing sagebrush seedling emergence. Native Plants Journal 17, 230–243. University of Wisconsin Press.

MELI, P., MARTINEZ-RAMOS, M., REY-BENAYAS, J.M & CARABIAS, J. 2014. "Combining ecological, social and technical criteria to select species for forest restoration." Applied Vegetation Science 17:744–753.

MELI, P., ISERNHAGEN, I., BRANCALION, P.H.S., ISERNHAGEN, E.C.C., BEHLING, M. & RODRIGUES, R.R. (2018) Optimizing seeding density of fast-growing native trees for restoring the Brazilian Atlantic Forest. Restoration Ecology 26, 212–219.

MOLLARD, F.P.O., NAETH, M.A. & COHEN-FERNANDEZ, A. (2014) Impacts of mulch on prairie seedling establishment: Facilitative to inhibitory effects. Ecological Engineering 64, 377–384.

OLIVEIRA, M.N. (2011) Avaliação da capacidade de emergência de oito espécies de árvores do cerrado, milho, feijão-de-porco e plantas espontâneas sob diferentes quantidades de palhada de brachiaria. Monografia, Universidade de Brasília.

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA; ALIANÇA PELA RESTAURAÇÃO NA AMAZÔNIA. 2024. Protocolo de monitoramento da restauração da Mata Atlântica e da Amazônia via sensoriamento remoto. São Paulo: The Nature Conservancy do Brasil. 180 p. Disponível em: https://pactomataatlantica.org.br/wp-content/uploads/2024/11/protocolo-sr-pacto-2024.pdf. Acesso em: 22 ago. 2025.

PALMA, A.C. & LAURANCE, S.G.W. (2015) 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 18, 561–568.



PASSARETTI, R.A., PILON, N.A.L. & DURIGAN, G. (2020) Weed control, large seeds and deep roots: Drivers of success in direct seeding for savanna restoration. Applied Vegetation Science 23, 406–416.

PEDRINI, S., BALESTRAZZI, A., MADSEN, M.D., BHALSING, K., HARDEGREE, S.P., DIXON, K.W. & KILDISHEVA, O.A. (2020) Seed enhancement: getting seeds restoration ready. Restoration Ecology 28, S266–S275.



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. (2017) "Cerrado" restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. Brazilian Journal of Botany 40, 681–693.

PEREIRA, S.R., LAURA, V.A. & SOUZA, A.L.T. (2013) Establishment of Fabaceae Tree Species in a Tropical Pasture: Influence of Seed Size and Weeding Methods. Restoration Ecology 21, 67–74. John Wiley & Sons, Ltd.

PIOTROWSKI, I., PALADINES, H.M., DE ALMEIDA, L.S., LÓPEZ, A.M.T., DUTRA, F.B., FRANCISCO, B.S., DA SILVA, J.M.S. & PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. (2023) Seeds' Early Traits as Predictors of Performance in Direct Seeding Restoration. Forests 14, 547. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

RAUPP, P.P., FERREIRA, M.C., ALVES, M., CAMPOS-FILHO, E.M., SARTORELLI, P.A.R., CONSOLARO, H.N. & VIEIRA, D.L.M. (2020) Direct seeding reduces the costs of tree planting for forest and savanna restoration. Ecological Engineering 148, 105788.

RIBEIRO, J. F. et al. Guia de plantas do cerrado para recomposição da vegetação nativa. 2023. 2. ed. rev. ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2023

REIS, L.K., GUERRA, A., COLADO, M.L.Z., BORGES, F.L.G., OLIVEIRA, M. DA R., GONDIM, E.X., SINANI, T.R.F., GUERIN, N. & GARCIA, L.C. (2019) Which spatial arrangement of green manure is able to reduce herbivory and invasion of exotic grasses in native species? Ecological Applications 29, e02000.

REDÁRIO (2025) O Redário é uma articulação entre redes e grupos de coletores de sementes, para estruturação da base da cadeia de restauração em larga escala, através da oferta de sementes de qualidade adequadas. https://www.redario.org.br.

RODRIGUES, S.B., FREITAS, M.G., CAMPOS-FILHO, E.M., CARMO, G.H.P., VEIGA, J.M., JUNQUEIRA, R.G.P. & VIEIRA, D.L.M. (2019) Direct seeded and colonizing species guarantee successful early restoration of South Amazon forests. Forest Ecology and Management 451, 117559

RODRIGUES, R.R., LIMA, R.A.F., GANDOLFI, S. & NAVE, A.G. (2009) On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. Biological Conservation 142, 1242–1251

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. (2019) Lessons on direct seeding to restore Neotropical savanna. Ecological Engineering 138, 148–154

SARTORELLI, P.A.R., RIBEIRO, A., CORDEIRO, G. M., SANGIOGO, M., PORFÍRIO, K. D. P & FERRAZ FILHO, A. C. Effectiveness of direct seeding techniques for forest restoration in a Brazilian Cerrado area. Cerne, v. 31, e-103503, 2025.

SHAW, N., BARAK, R.S., CAMPBELL, R.E., KIRMER, A., PEDRINI, S., DIXON, K. & FRISCHIE, S. (2020) Seed use in the field: delivering seeds for restoration success. Restoration Ecology 28, S276–S285.

SILVA, R.R.P. & VIEIRA, D.L.M. (2017) Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. Applied Vegetation Science 20, 410–421.



SILVA, R.R.P., OLIVEIRA, D.R., ROCHA, G.P.E. & VIEIRA, D.L.M. (2015) Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth. Restoration Ecology 23, 393–401.

SOUZA, D.C. & ENGEL, V.L. (2023) Advances, challenges, and directions for ecological restoration by direct seeding of trees: Lessons from Brazil. Biological Conservation 284, 110172

VIEIRA, D.L.M., CAMPOS-FILHO, E.M., FERREIRA, M.C., MIRANDA, E., ROCHA, G.B., ALVES, M., SAMPAIO, A. & ANTONIAZZI, L. (2020a) Guia de semeadura direta para restauração de florestas e cerrados - 1. ed. Agroicone Ltda, São Paulo.

VIEIRA, D.L.M., BASSO, I.Y., ROCHA, G.B., DOS SANTOS T.R., & ANTONIAZZI, L. (2020b). Semeadura direta para restauração: experiências diversas pelo Brasil - 1. ed. Agroicone Ltda, São Paulo.

TAYLOR, J.B., CASS, K.L., ARMOND, D.N., MADSEN, M.D., PEARSON, D.E. & ST. CLAIR, S.B. (2020) Deterring rodent seed-predation using seed-coating technologies. Restoration Ecology 28, 927– 936.

WARRING, B et al. Functional diversity of reproductive traits increases across succession in the Atlantic forest. Rodriguésia, v. 67, n. 2, p. 321-333, 2016.

WEIDLICH, Emanuela WA., FLÓRIDO, F.G., SORRINI, T.B & BRANCALION, P.H. (2020). Controlling invasive plant species in ecological restoration: A global review. Journal of Applied Ecology, v. 57, n. 9, p. 1806-1817, 2020. Controlling invasive plant species in ecological restoration: A global review. Journal of Applied Ecology, 57, 1806-1817. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13656.

WHISENANT, S.G. 1999. Repairing Damaged Wildlands: A Process-Oriented, Landscape Approach. Cambridge: Cambridge University Press

WILLIAMS, M.I., DUMROESE, R.K., PAGE-DUMROESE, D.S. & HARDEGREE, S.P. (2016) Can biochar be used as a seed coating to improve native plant germination and growth in arid conditions? Journal of Arid Environments 125, 8–15.

WOODS, K. & ELLIOTT, S. (2004) Direct seeding for forest restoration on abandoned agricultural land in northern Thailand. Journal of Tropical Forest Science 16, 248–259. Forest Research Institute Malaysia.



REALIZAÇÃO:

AGROICONE
conhecimento para uma nova economia

Instituto Socioambiental

REDÁRIO

Embrapa

APOIO:

iCS instituto CLIMA e SOCIEDADE

BEZOS EARTH FUND

Good Energies
POWER FOR A BETTER WORLD

Financiado pela União Europeia