



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

EDUARDO CASTRO DE CARVALHO

**EFEITOS DO BIOSSÓLIDO E HIDROGEL NA RESTAURAÇÃO FLORESTAL
POR SEMEADURA DIRETA EM SEROPÉDICA, RJ**

Dra. JULIANA MÜLLER FREIRE
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ
MARÇO – 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

EDUARDO CASTRO DE CARVALHO

**EFEITOS DO BIOSSÓLIDO E HIDROGEL NA RESTAURAÇÃO FLORESTAL
POR SEMEADURA DIRETA EM SEROPÉDICA, RJ**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Dra. Juliana Müller Freire
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ
MARÇO – 2023

**EFEITOS DO BIODÉLITO E HIDROGEL NA RESTAURAÇÃO FLORESTAL
POR SEMEADURA DIRETA EM SEROPÉDICA, RJ**

EDUARDO CASTRO DE CARVALHO

APROVADA EM: 03/03/2023

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Juliana Müller Freire – UFRRJ
Orientadora

Eng. Florestal Edézio Miranda – Agroicone
Membro

Dr. Guilherme Montandon Chaer – EMBRAPA
Membro

AGRADECIMENTOS

Edézio Miranda – Pelo convite a pesquisa, coorientação, ensinamentos e parceria;

Juliana Freire – Pela orientação, inspiração e aprendizados;

Guilherme Chaer – Pela estatística, pelos ensinamentos e por compor a banca;

Luiz Fernando Duarte de Moraes - Pelo apoio a pesquisa, me levar para ver áreas em restauração de diferentes idades na REGUA, e ensinamentos sobre restauração;

Jerônimo Sansevero – Pelo apoio a pesquisa, ensinamentos sobre restauração e conservação dos recursos naturais;

Fátima Piña Rodrigues – Pelos cálculos estatísticos;

Embrapa e colaboradores – Pela oportunidade, espaço, mão de obra e estrutura;

Cedae – Pelo biossólido e mão de obra;

Lucas Araújo, Stella Palha – Pela ajuda na testagem dos lotes de sementes, semeadura e avaliações em campo, e amizade;

Lucas Cardoso – Pelo mapa, pelas saídas de campo, e pelas histórias meu amigo;

Giselle Maria e Claudio – Por me criarem com amor e me dar todo suporte que puderam;

Tia Elaine – Pela grande ajuda na minha permanência em Seropédica;

Vô Almiro – Por me influenciar como agrônomo formado na 1ª turma da UFRRJ campus seropédica;

Yasmim Verly – Por compartilhar a vida comigo e me apoiar com amor em todos os momentos.

Professor José Carlos Arthur Júnior e Sebastião Correa “Tião do viveiro” – Pelas conversas prazerosas e ensinamentos sobre produção e comercialização de mudas;

Professor Paulo Leles – Pelos ensinamentos práticos sobre silvicultura e restauração florestal;

Marcelo Souza – Pela inspiração e por mudar minha forma de ver as plantas;

Eliane Jacques – Pela orientação na iniciação científica e me levar para coletar *Begonia* sp. na Ilha Grande-RJ;

Anna Luiza – Pela parceria, inspiração e por iluminar meu caminho na identificação botânica;

Ana Lucia, Daniel Kazeil, Eduardo França, Gabriel Guimarães, Guilherme Andrade, Iara Romano, Ingrid Matos, Isabela Trece, Luiz Ricardo, Lucas Zani, Mahat Elliot, Marjorie Oschoski, Pedro Mesquita, Rogério Santos e mais – Pela amizade verdadeira;

Turma de Eng. Florestal de 2016.1 – Por nos representar nacional e internacionalmente, e pelas vivências;

Centro Acadêmico de Engenharia Florestal (CAEF) – Por defender os direitos dos estudantes.

Programa de Educação Tutorial (PET-Floresta) – Pelo convite ao auxílio na pesquisa realizada na Flona Mário Xavier, e por todas as palestras e oficinas que pude participar.

Flora Júnior - Empresa Júnior de Engenharia Florestal – Por impulsionar meu crescimento profissional e pessoal.

UFRRJ – Por proporcionar uma formação ampla e sólida;

RESUMO

O Brasil assumiu o compromisso de restaurar 22 milhões de hectares de áreas degradadas, até 2030. Somente no Estado do Rio de Janeiro 2.958.547,85 hectares, o que corresponde a 68% da área do Estado, possuem algum interesse para proteção e recuperação de mananciais de Abastecimento Público (AIPMs), segundo estudos prévios do órgão estadual. Nesse contexto, o desenvolvimento de técnicas eficientes e de baixo custo para a revegetação é essencial. A semeadura direta é uma técnica alternativa que simula o processo natural de regeneração da vegetação e apresenta potencial de ser amplamente empregada em projetos de restauração florestal. Entretanto, o grande desafio é o baixo estabelecimento das plântulas de algumas espécies. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do bio sólido e do hidrogel no sucesso da semeadura direta, utilizando um mix de sementes de 29 espécies arbóreas da Mata Atlântica e 5 espécies de adubo verde, através da técnica de “muvuca de sementes”. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2, sendo o primeiro fator o bio sólido, com (B+) e sem (B-) e o segundo o hidrogel, com (H+) e sem (H-), com 5 repetições, totalizando 20 parcelas. O lodo de esgoto estabilizado, denominado bio sólido, é um resíduo do tratamento de esgoto doméstico, rico em nutrientes, que apresenta potencial de uso como adubo e condicionador de solo. Já o hidrogel é um polímero hidroretentor capaz de prolongar a umidade do solo. O estudo foi conduzido em uma área de 900 m² com predominância de capim colônia entre outras gramíneas, em Seropédica, RJ. Aos 45, 90, 135, 270 dias após a semeadura (DAS) foram identificadas e contabilizadas as sementes que emergiram em cada parcela, através de censo. A viabilidade das sementes foi analisada em laboratório. Foi calculada a emergência, germinabilidade e sobrevivência, média, para cada espécie e por tratamento. A emergência média, considerando todas as espécies, foi de 4,2%, sendo que apenas 22 espécies nativas emergiram. O pico de emergência ocorreu aos 90 DAS para o tratamento B-H+ (3,9%) e aos 45 DAS para testemunha (2,5%), B+H- (3,2%) e B+H+ (4,9%). A germinabilidade média, que considerou o número de sementes emergidas em relação ao número de sementes viáveis semeadas, foi de 8,6%. Houve influência significativa da aplicação do hidrogel ($p < 0,01$) para os parâmetros emergência e germinabilidade. Os tratamentos não tiveram efeito significativo na sobrevivência das plântulas, que foi, em média, de 32,5%. Analisando as espécies separadamente observou-se que a aplicação de bio sólido e hidrogel, de forma conjunta, afetou positivamente a emergência de algumas espécies, como a *Anadenanthera colubrina*, *Ceiba speciosa*, *Astronium urundeuva*, *Copaifera langsdorffii* e *Enterolobium contortisiliquum*. Para as espécies *Bixa orellana*, *Cassia grandis*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Peltophoum dubium* e *Senna multijuga*, não houve efeito significativo dos tratamentos. Entre as espécies avaliadas, *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) e *Cassia grandis* (cássia-rosa) apresentaram os maiores valores consecutivos de emergência (30% e 10%, respectivamente), germinabilidade (30,6% e 15,4%, respectivamente) e sobrevivência (55,5% e 75%, respectivamente). *Handroanthus heptaphyllus* se destacou em relação à germinabilidade, com 30,8%, juntamente com *Ceiba speciosa* (31%) e *E. contortisiliquum* (30,6%). A aplicação de bio sólido, mas principalmente do hidrogel na restauração por semeadura direta auxiliou no estabelecimento de plântulas na semeadura direta, nas condições do estudo. Apoio: Comitê de Bacia Hidrográfica Guandu e Embrapa.

Palavras-chave: recuperação de áreas degradadas; lodo de esgoto; polímero hidroretentor; restauração ecológica.

ABSTRACT

Brazil has committed to restoring 22 million hectares of degraded areas by 2030. In the state of Rio de Janeiro alone, 2,958,547.85 hectares, equivalent to 68% of the state's area, are of interest for protection and recovery of public water supply catchments, according to previous studies by the state agency. In this context, the development of efficient and low-cost techniques for reforestation is essential. Direct seeding is an alternative technique that simulates the natural process of vegetation regeneration and has the potential to be widely employed in forest restoration projects. However, the main challenge is the low establishment of seedlings of some species. The objective of this study was to evaluate the effects of biosolids and hydrogel on the success of direct seeding, using a mix of seeds from 29 tree species of the Atlantic Forest and 5 species of green manure, through the "muvuca de sementes" technique. A completely randomized experimental design was used in a 2x2 factorial scheme, with the first factor being biosolids, with (B+) and without (B-), and the second being hydrogel, with (H+) and without (H-), with 5 repetitions, totaling 20 plots. Stabilized sewage sludge, called biosolids, is a residue from domestic sewage treatment, rich in nutrients, with potential use as a fertilizer and soil conditioner. Hydrogel is a hydrotentive polymer capable of prolonging soil moisture. The study was conducted in an area of 900 m² with a predominance of colônia grass among other grasses, in Seropédica, RJ. At 45, 90, 135, and 270 days after seeding (DAS), the seeds that emerged in each plot were identified and counted through a census. Seed viability was analyzed in the laboratory. The emergence, germinability, and survival, on average, were calculated for each species and treatment. The average emergence, considering all species, was 4.2%, with only 22 native species emerging. The peak of emergence occurred at 90 DAS for the B-H+ treatment (3.9%) and at 45 DAS for the control (2.5%), B+H- (3.2%) and B+H+ (4.9%). The average germinability, which considered the number of emerged seeds in relation to the number of viable seeds sown, was 8.6%. There was a significant influence of the hydrogel application ($p < 0.01$) on the emergence and germinability parameters. The treatments did not have a significant effect on seedling survival, which was, on average, 32.5%. Analyzing the species separately, it was observed that the joint application of biosolids and hydrogel positively affected the emergence of some species, such as *Anadenanthera colubrina*, *Ceiba speciosa*, *Astronium urundeuva*, *Copaifera langsdorffi*, and *Enterolobium contortisiliquum*. For the species *Bixa orellana*, *Cassia grandis*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Peltophoum dubium*, and *Senna multijuga*, there was no significant effect of the treatments. Among the evaluated species, *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) and *Cassia grandis* (cassia-rosa) presented the highest consecutive values of emergence (30% and 10%, respectively), germinability (30.6% and 15.4%, respectively), and survival (55.5% and 75%, respectively). *Handroanthus heptaphyllus* stood out in terms of germinability, with 30.8%, along with *Ceiba speciosa* (31%) and *E. contortisiliquum* (30.6%). The application of biosolids, but mainly hydrogel, in direct seeding restoration aided in seedling establishment under the study conditions. Support: Comitê de Bacia Hidrográfica Guandu e Embrapa.

Keywords: restoration of degraded areas; sewage sludge; hydro-retentive polymer; ecological restoration.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. Biossólido	12
2.2. Hidrogel	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Localização da área	14
3.2. Solo e relevo	16
3.3. Balanço hídrico e precipitação real	16
3.4. Espécies utilizadas	18
3.5. Análise de qualidade dos lotes de sementes	19
3.6. Preparo do solo	20
3.7. Delineamento experimental	20
3.8. Cálculo do número de sementes	21
3.9. Superação de dormência	22
3.10. Preparo das sementes e semeadura	22
3.11. Biossólido	23
3.12. Hidrogel	23
3.13. Controle de formigas	23
3.14. Coleta e processamento de dados	23
3.15. Variáveis analisadas	24
3.16. Análise estatística	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Avaliação dos lotes de sementes	25
4.2. Emergência em campo	27
4.3. Germinabilidade em campo	30
4.4. Sobrevivência em campo	32

4.5. Tamanho das sementes	33
4.6. Resultados por espécie	35
4.6.1. <i>Anadenanthera colubrina</i>	35
4.6.2. <i>Ceiba speciosa</i>	35
4.6.3. <i>Astronium urundeuva</i>	35
4.6.4. <i>Copaifera langsdorffii</i>	36
4.6.5. <i>Enterolobium contortisiliquum</i>	36
4.6.6. <i>Bixa orellana, Cassia grandis, Handroanthus heptaphyllus, Lonchocarpus muehlbergianus, Peltophorum dubium, Senna multijuga</i>	36
4.6.7. <i>Schizolobium parahyba</i>	36
5. CONCLUSÕES.....	36
6. REPEFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXO I– Número de sementes semeadas por parcela, germinação em laboratório e percentual de sementes viáveis de cada espécie.....	42
ANEXO II – Número médio de plântulas por parcela para cada tratamento de 45 a 135 DAS 1	

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é constituída principalmente por florestas, além de mangues e restingas. Suas formações vegetais são extremamente heterogêneas, sendo um grande centro de endemismo, ou seja, abriga muitas espécies de plantas, animais, e fungos que só existem em determinados locais. No Brasil, abrange a costa litorânea, indo do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, onde a maior parcela da população vive e depende dos remanescentes para o abastecimento hídrico, regulação do clima, desenvolvimento do ecoturismo, entre outros inúmeros serviços ecossistêmicos (SOSMA, 2021).

Estima-se que a cobertura remanescente desse bioma representa entorno de 16% do que era originalmente, e está distribuída em pequenos fragmentos isolados, imersos em grandes matrizes de monoculturas, pastagens e malha urbana (RIBEIRO et al. 2009).

A Década da Restauração de Ecossistemas é uma iniciativa global lançada pelas Nações Unidas em 2019 para enfrentar a crise ambiental e climática que o mundo enfrenta. A década tem como objetivo principal restaurar cerca de 350 milhões de hectares de ecossistemas terrestres e aquáticos degradados até 2030, que é considerada a data-limite para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ONU, s.d.).

Desde a implementação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa 12.651 de 25 de março de 2012 (LPVN), os proprietários de terra no Brasil têm a responsabilidade de conservar, recuperar ou compensar a vegetação nativa em áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL). No entanto, de acordo com um estudo realizado por Soares-Filho et al (2014), o país ainda enfrenta um déficit legal de aproximadamente 21 milhões de hectares de vegetação nativa em APP e RL. Esse dado destaca a importância de medidas efetivas para garantir a conservação e recuperação dos ecossistemas brasileiros.

No Acordo de Paris, no Desafio de Bonn e na Iniciativa 20x20, o Brasil assumiu compromissos internacionais, e declarou sua intenção de restaurar, reflorestar e promover a recuperação natural de 12 milhões de hectares de florestas até 2030 (WRI-Brasil, 2019). A partir da necessidade de ampliar e fortalecer as políticas públicas, incentivos financeiros, mercados, boas práticas agropecuárias e outras medidas necessárias para a recuperação da vegetação nativa brasileira, foi criado em 2021 o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG).

O PLANAVEG se baseia em oito iniciativas estratégicas elaboradas para motivar, facilitar e implementar a recuperação da vegetação nativa. Com a proposta de reduzir o custo, melhorar a qualidade e aumentar a eficiência da restauração florestal, uma das iniciativas do plano é investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação, levando em conta os fatores ambientais, sociais e econômicos. Dessa forma, a presente pesquisa desenvolvida na Embrapa Agrobiologia está representada nessa iniciativa.

A bacia hidrográfica do Rio Guandu, situada a oeste da bacia da Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro, abrange Seropédica e mais 14 municípios, sob o domínio da Mata Atlântica. Com vazão de 43 mil litros por segundo, a Estação de Tratamento de Água (ETA) do Guandu é responsável por 80% do abastecimento de água potável da região metropolitana do Rio de Janeiro, atendendo a mais de 9 milhões de pessoas (CEDAE, 2022).

A conservação e restauração florestal é crucial para garantir a disponibilidade de água de qualidade em uma bacia hidrográfica. Diante dos fatores de degradação do ecossistema na região da bacia, Tubbs Filho et al (2012) destacaram que o desmatamento resultou em consequências danosas como erosão, empobrecimento do solo, assoreamento dos rios, enchentes e secas.

Como resultado direto ou indireto das atividades humanas, o ecossistema degradado que não consegue restabelecer-se por si próprio, e que apresenta baixa resiliência (SER Primer, 2004), torna-se necessário recorrer à restauração ativa.

No contexto da restauração florestal da Mata Atlântica brasileira, a principal forma de recomposição da vegetação nativa tem sido através do plantio de mudas (RODRIGUES et. al., 2009). Na produção de mudas, é possível controlar temperatura, sombreamento, umidade, fertilização entre outros fatores de forma facilitar a germinação e desenvolvimento de plântulas até a fase de muda. Entretanto, a estrutura necessária para tal, assim como transporte das mudas até o local de implantação acabam elevando os custos desse método de restauração.

Uma técnica alternativa é a sementeira direta, onde uma mistura de sementes de espécies de diferentes estágios sucessionais, são semeadas diretamente no solo da área a ser recuperada. Sementes de espécies exóticas utilizadas para cobertura do solo e adubação verde também podem compor o mix de sementes visando auxiliar no controle de gramíneas e/ou aumentar a cobertura do solo com vegetação.

A sementeira direta tem se destacado como um método eficiente e econômico para a restauração de florestas. De acordo com Isernhagen et al. (2010), dependendo do desempenho das espécies escolhidas, o custo de aquisição de mudas em viveiros pode ser duas a três vezes maior do que a aquisição de sementes para produzir mudas em campo por meio da sementeira direta.

No entanto, existem alguns desafios que precisam ser considerados, como o solo pobre em nutrientes e o déficit hídrico, que podem dificultar o estabelecimento inicial das plantas. Além disso, a emergência das sementes pode ser irregular, o que pode levar a uma menor taxa de sucesso na implantação da área (Crouzeilles et al., 2017). É importante, portanto, buscar estratégias que possam minimizar esses desafios e garantir o sucesso da restauração por meio da sementeira direta.

O biofóssido, produto derivado do lodo de esgoto estabilizado, tem sido objeto de pesquisas quanto ao seu uso como adubo orgânico e condicionador de solo. Utilizar esse resíduo na restauração de áreas degradadas é uma alternativa sustentável que ainda é pouco explorada através da técnica de sementeira direta. Por ser um fertilizante orgânico, o biofóssido libera lentamente os nutrientes, o que é benéfico para o desenvolvimento de culturas perenes, como as árvores e arbustos nativos (POGGIANI et. al., 2000).

O hidrogel de plantio é um polímero sintético não tóxico que pode reter muitas vezes o seu próprio peso em água. Ele tem sido usado na agricultura e na jardinagem para ajudar a reter a umidade do solo, melhorar a qualidade do solo, estimular o crescimento das plantas e reduzir a necessidade de rega frequente. O uso de hidrogel na sementeira direta pode diminuir a mortalidade de plântulas por déficit hídrico, e favorecer o sucesso da técnica evitando ou diminuindo gastos com ressemeadura (FONSECA et. al., 2017)

A hipótese desse estudo é que a aplicação de condicionadores de solo, como o hidrogel e o bio sólido, podem influenciar no estabelecimento de 29 espécies arbóreas nativas introduzidas por semeadura direta na restauração florestal, em Seropédica-RJ.

2. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Simioni et al. (2021), uma restauração por semeadura direta efetiva requer um bom diagnóstico ambiental da área a ser restaurada, considerando informações sobre o estado físico e químico do solo, relevo, balanço hídrico, variáveis de temperatura, composição florística da vegetação existente, presença de formigas cortadeiras, animais de pastagem, proximidade de remanescentes florestais, dificuldade de acesso, histórico de uso da terra, risco de incêndio, vertente de insolação e frequência de ventos fortes. Com essas informações, é possível tomar decisões assertivas sobre as técnicas e insumos mais adequados à realidade da área em questão.

A avaliação da efetividade de uma restauração por semeadura direta pode ser feita por meio do monitoramento da sobrevivência e do crescimento das plantas ao longo do tempo. Segundo Carvalho et al. (2019), é importante avaliar a taxa de sobrevivência, o estabelecimento de novas plântulas, o crescimento em altura e diâmetro, a cobertura vegetal e a diversidade de espécies após a implantação do projeto de restauração. É recomendável que a avaliação seja realizada em diferentes momentos após a semeadura, a fim de verificar se a restauração está evoluindo de acordo com o planejado e realizar ajustes caso necessário.

A Resolução Inea 143/2017 define parâmetros mínimos para a restauração florestal no Estado do Rio de Janeiro, incluindo o número mínimo de indivíduos por hectare a ser obtido. De acordo com a calculadora "Restauradora", para obter aprovação na avaliação do projeto/certificação para quitação por plantio total aos 4 anos, é necessário ter uma densidade mínima de 1.111 indivíduos por hectare. Essa densidade mínima é importante para garantir que a área em restauração tenha um número suficiente de plantas para formar uma floresta funcional, com capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos e conservar a biodiversidade local.

A implantação por meio de sementes (ou diásporos/unidades de dispersão) apresenta algumas vantagens em relação ao plantio de mudas, dentre as quais pode-se citar: a menor necessidade de mão de obra e recursos, já que o volume e o peso ocupado pelas sementes são menores (ISERNHAGEN et al., 2010). Sendo essa técnica especialmente útil em áreas declivosas ou de difícil acesso, onde o plantio convencional pode ser inviável devido à dificuldade de transporte das mudas e equipamentos (ISERNHAGEN et al., 2010).

No município de Piracaia, SP, Aguirre et al. (2015) comprovaram a eficiência da técnica na recuperação de uma área degradada utilizando 22 espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica. Em apenas um ano, a densidade de plantio alcançada foi superior a 1.666 plantas/Ha (AGUIRRE et al., 2015), demonstrando que é possível reestabelecer um povoamento denso de espécies nativas colocando sementes (diásporos) diretamente na área a ser restaurada.

O conhecimento do grupo ecológico das espécies é fundamental para o planejamento adequado da restauração ecológica, visando o estabelecimento de comunidades vegetais equilibradas e sustentáveis. Espera-se a predominância daquelas

classificadas como pioneiras no início de uma restauração por semeadura direta e por regeneração natural (SOUZA, 2021). Ao longo do tempo, ocorre a substituição gradual das espécies pioneiras pelas secundárias, que possuem um tempo de vida maior e são mais exigentes em relação às condições ambientais, culminando na formação de um ecossistema mais maduro e estável (OLIVEIRA-FILHO et al., 2019).

Além de abranger diversos ciclos de vida e ocupar diferentes estratos ao longo do processo de sucessão ecológica, a técnica da semeadura direta é flexível e pode ser adaptada às condições específicas de cada área a ser restaurada. É possível empregar diferentes métodos, como semeadura em área total, em linhas ou em covetas, e utilizar tanto equipamentos manuais quanto mecanizados (CAMPOS-FILHO et al., 2013).

Uma possibilidade para alcançar o ganho de escala na restauração é a mecanização, que aumenta significativamente a produtividade na implantação do processo de restauração, representando uma ferramenta valiosa para o cumprimento das metas internacionais de restauração até 2030. Campos-Filho et al (2013) relataram a aplicação bem-sucedida da técnica da Muvuca de Sementes na restauração florestal na região de cabeceiras do Xingu, Mato Grosso. Por meio dessa técnica, foi possível semear mais de 900 hectares com máquinas agrícolas comuns, resultando em maiores densidades de árvores em comparação ao plantio de mudas, além de ter um custo menor.

A enorme demanda por sementes nativas utilizadas no estudo de CAMPOS-FILHO et al (2013), foi atendida a partir da criação de um arranjo socioproductivo conhecido como Rede de Sementes do Xingu (SCHMIDT et al, 2019). As sementes foram coletadas por indígenas, agricultores e comunidades tradicionais e locais da região, gerando renda, inclusão social, e valorização da floresta viva. Também existem outras redes de sementes pelo Brasil, como a Rede de Sementes do Cerrado, Rede de Sementes do Vale do Ribeira, Rede Sementes Arboretum, e elas são peças fundamentais na cadeia da restauração, aliadas ao desenvolvimento sustentável.

Mesmo amplamente utilizada na restauração de áreas degradadas, a técnica de semeadura direta apresenta baixas taxas de estabelecimento das mudas (tipicamente em torno de 20%), devido às práticas de semeadura, condições do local, predação de sementes e a matocompetição (GROSSNICKLE e IVETIĆ, 2017). Segundo Silva et al. (2015), testes de germinabilidade das sementes são essenciais para distinguir a técnica de semeadura direta malsucedida de sementes de baixa qualidade.

Existem alguns desafios que precisam ser considerados visando assegurar o estabelecimento da vegetação nativa por semeadura direta, como o solo pobre em nutrientes e a falta de água, que podem restringir ou impedir o estabelecimento inicial das plântulas arbóreas (Crouzeilles et al., 2017).

O controle de formigas cortadeiras, da matocompetição, cercamento, e construção de aceiros são ações importantes para favorecer a sobrevivência das plântulas emergidas. De acordo com Rocha et al. (2020), em seu Guia de Semeadura Direta para Restauração de Florestas e Cerrados, a preparação adequada do solo, destorroando e descompactando no caso de plantios mecanizados, pode reduzir a presença de plantas indesejadas e, conseqüentemente, a necessidade de controle da matocompetição após o plantio.

A forma de armazenamento das sementes, e o tempo em que ficam armazenadas são fatores que afetam diretamente a sua viabilidade, e conseqüentemente influenciam no sucesso da implantação da restauração por semeadura direta (Santos, 2021). Sabe-se, por exemplo, que as sementes do ipê são ortodoxas que apresentam curta viabilidade quando armazenadas em condições não controladas. Sementes de ipê-rosa

(*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) sobrevivem por até 90 dias apenas em ambiente natural (da Silva Araújo et al., 2021). A heterogeneidade de comportamento das espécies e a falta de informações sobre a grande maioria das espécies nativas, quanto ao modo de armazenamento, beneficiamento, quebra de dormência, é um desafio a ser superado através de pesquisas científicas.

A emergência das sementes pode ser irregular no campo devido a própria variabilidade genética das sementes, o que pode levar a uma menor taxa de sucesso na implantação da área (Crouzeilles et al., 2017). Portanto, é importante buscar estratégias que possam minimizar esses desafios, como o levantamento de informações acerca das particularidades de cada espécie, o desenvolvimento de pesquisas e o aprimoramento das técnicas de implantação do processo de restauração com diásporos semeados diretamente no solo.

Características como tamanho e formato das sementes são relevantes para o sucesso da técnica de semeadura direta (Palma & Laurence, 2015). Caso seja pequena demais deve-se ter cuidado para que não fique soterrada, pois possui menor reserva energética para emergir. E aquelas grandes demais, não devem ficar muito superficiais, visando evitar ressecamento.

A iniciativa Caminhos da Semente (2022) disponibiliza uma lista de espécies nativas recomendadas ou com potencial para plantios por semeadura direta em diferentes regiões do país, identificando o sucesso de estabelecimento (%) das espécies na técnica de semeadura direta. Essas informações auxiliam no cálculo da quantidade de sementes para restauração.

2.1. Biossólido

Em estações de tratamento de esgoto doméstico (ETE) o tratamento de efluentes gera como subproduto o lodo de esgoto. Com o crescimento urbano e aumento do saneamento básico, a produção desse resíduo também se eleva, e sua disposição em aterros sanitários ainda é a destinação mais comum no Brasil (ABREU, 2019). Sabendo que é um composto rico em matéria orgânica e nutrientes, sua reciclagem para uso agrícola representa uma alternativa benéfica tanto para o meio ambiente, quanto para ETE e os possíveis consumidores do material.

Denomina-se biossólido, o lodo de esgoto que passou por processos de secagem e de estabilização biológica, de forma a não gerar odores ou atrair vetores de agentes patogênicos, mesmo quando reumidificado. Visando assegurar o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, em caráter de urgência, o Conselho Nacional do Meio Ambiente definiu critérios e procedimentos através da Resolução n. 375, de 29 de agosto de 2006 (BRASIL, 2006).

Os lodos de esgoto podem conter metais pesados e patógenos, sendo importante realizar análises laboratoriais para sua quantificação, já que o uso agrícola é permitido àqueles classificados como de qualidade 'A' pela Resolução CONAMA 375/2006 (BETTIOL & CAMARGO, 2006; BRASIL, 2006; ABREU, 2019).

Em estudo sobre a lixiviação de nitratos e metais pesados após aplicação de 40 toneladas por hectare de biossólido no solo de talhões florestais, POGGIANI et al. (2000) não detectaram acréscimo de concentração desses poluentes nas várias profundidades amostradas, evidenciando que não há perigo para a contaminação do solo ou das águas subterrâneas.

A composição química e orgânica do biossólido pode variar conforme a ETE, devido a origem do efluente de cada ETE, as técnicas de tratamento de esgoto e lodo empregadas, entre outros fatores (SOUZA, 2018; GOMES et al., 2021). De forma geral, a aplicação de biossólido permite a incorporação de macronutrientes, como nitrogênio e fósforo, e micronutrientes, como zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio, fundamentais ao crescimento e desenvolvimento vegetal (BETTIOL & CAMARGO, 2006).

Portanto, ao incluir o lodo de esgoto estabilizado na produção de mudas de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica, os viveiros têm a vantagem de economizar significativamente com fertilizantes e substrato, agindo de forma mais sustentável e obtendo mudas de melhor qualidade (ABREU, 2019; CABREIRA et al., 2017; SOUZA, 2018; GOMES et al., 2021).

No cultivo de eucalipto, POGGIANI et al. (2000) observaram que a aplicação de biossólido favoreceu a ciclagem de nutrientes, principalmente a partir do segundo ano de observação, indicando uma lenta liberação dos nutrientes. Tal fato é vantajoso para culturas de ciclo longo, pois reduz as perdas por lixiviação e permite que os nutrientes possam ser mais bem absorvidos pelo sistema radicular das árvores.

DA SILVA et al. (2020), ao compararem doses crescentes de biossólido com fertilização química no plantio de mudas nativas em solo arenoso e empobrecido de Seropédica, verificaram respostas bem variáveis de crescimento, sobrevivência e nutrição, devido principalmente a autoecologia de cada espécie. Tal variação também foi observada por ABREU (2019) na produção de mudas nativas.

De forma geral, o biossólido teve efeito positivo e superior à fertilização química, e a dose de 4 L por planta beneficiou 5 das 7 espécies da Mata Atlântica avaliadas por DA SILVA et al. (2020), em relação a taxa de crescimento ou acúmulo de macronutrientes foliares. Estudos verificando o efeito desse resíduo em outras espécies, ou em condições diferentes, permitem o avanço da tecnologia na recuperação de áreas degradadas.

Por ser rico em matéria orgânica, a incorporação de biossólido no solo pode melhorar suas características físicas, aumentando a retenção de água em solos arenosos, e melhorando a permeabilidade e infiltração nos solos argilosos (BETTIOL & CAMARGO, 2006). Portanto, ele pode ser benéfico na criação de um ambiente favorável à emergência e estabelecimento de plântulas na restauração por semeadura direta. Porém não foram encontradas referências na literatura testando o uso do biossólido na técnica de semeadura direta.

2.2. Hidrogel

O polímero hidrotentor, conhecido também como hidrogel, trata-se de um material estéril (não tóxico) capaz de manter umidade por um longo período, formando um gel. Ele é amplamente utilizado em diversas aplicações, como na agricultura para melhorar a retenção de água no solo, na indústria de fraldas descartáveis para absorver a urina, na medicina para controle de liberação de fármacos e em produtos de higiene pessoal, como lentes de contato.

FONSECA et al. (2017) em estudo da viabilidade do hidrogel para restauração do Cerrado no Distrito Federal, utilizando mudas de 6 espécies florestais, verificaram que a

aplicação de 1L de solução de hidrogel (5g/L) por cova reduziu a mortalidade das espécies durante a estação seca, diminuindo o custo total do plantio devido a menor reposição.

Segundo BELTRAMIN & SILVA (2020), a aplicação de hidrogel contribuiu para manutenção da capacidade fotossintética de *S. terebenthifolia* sob déficit hídrico. O uso de hidrogel é dispensável caso o plantio seja na estação chuvosa, pois chuvas de elevada intensidade após o plantio podem contribuir para a alta percolação do produto no solo, reduzindo sua efetividade (Venturoli et al., 2013; Monteiro, 2014, apud Fonseca et al., 2017).

BARBOSA et al (2013), ao plantarem 30 espécies arbóreas nativas em solo argiloso da cidade de São Paulo, onde apresenta mais de 2000 mm de precipitação anual bem distribuída ao longo do ano, concluíram que o hidrogel não interferiu no estabelecimento e crescimento das mudas nos diferentes recipientes testados: “tubetão” (290 cm³), “tubetinho” (56 cm³) e bandeja (9 cm³). Assim, o uso desse polímero em locais que não apresentem déficit hídrico é desnecessário.

RODON NETO et. al. (2021) avaliaram a espécie *Bauhinia unguolata* L. aos 100 e 210 dias após a implantação de mudas como tratamento controle, e da sementeira direta com e sem pré-germinação, e com e sem hidrogel. Nas duas épocas de avaliação, os indivíduos não apresentaram diferenças estatísticas significativas quanto a taxa de sobrevivência entre os tratamentos testados, mostrando que a técnica de sementeira direta para essa espécie é viável, mas o uso do hidrogel associado a pré-germinação das sementes não teve diferença significativa.

RODON NETO & BATISTA (2021) avaliando técnicas para sementeira direta de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico no norte do estado do Mato Grosso, observaram que a adição de 0,5 L (4% de concentração) de solução de hidrogel por covas de sementeira proporcionou melhores condições para o estabelecimento dessa espécie. Aos 270 DAS, os tratamentos com sementes pré-germinadas com e sem hidrogel foram superiores em relação a sobrevivência, seguido de sementes escarificadas mecanicamente sem hidrogel, e com maior mortalidade nas sementes sem quebra de dormência e sem hidrogel, e aquelas escarificadas com aplicação de hidrogel.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área

O estudo foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no município Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil (22°44'48.48"S - 43°40'9.87"O), em área de aproximadamente 900 m² a uma altitude de 20 m, em relevo suave ondulado. A área situa-se próximo à UFRRJ e a 2,5 km a Oeste do Rio Guandu (Figuras 1 e 2).

Nas proximidades da área de estudo encontra-se um fragmento florestal em estágio sucessional pioneiro a secundário, imerso em pastagens degradadas e malha urbana (Figura 2). Antes da implantação o local do experimento apresentava baixa diversidade, com dominância da espécie exótica invasora capim-colonião (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs) com presença de outras herbáceas em menor quantidade e pouco diversas.

Seropédica se enquadra na fitofisionomia de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, formação que em geral ocupa as planícies costeiras (IBGE, 2012). O clima é tropical do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com período seco no inverno e temperatura média acima de 18°C em todos os meses do ano. A precipitação média anual é de 1.245 mm, com o período mais seco nos meses de junho, julho e agosto e mais úmido em dezembro, janeiro e fevereiro (Alonso et al., 2015). O mês mais quente do ano em Seropédica é fevereiro, com a máxima de 34 °C e mínima de 23 °C, em média. O mês mais frio do ano é julho, com a mínima de 16 °C e máxima de 27 °C, em média (Weather Spark, 2020).

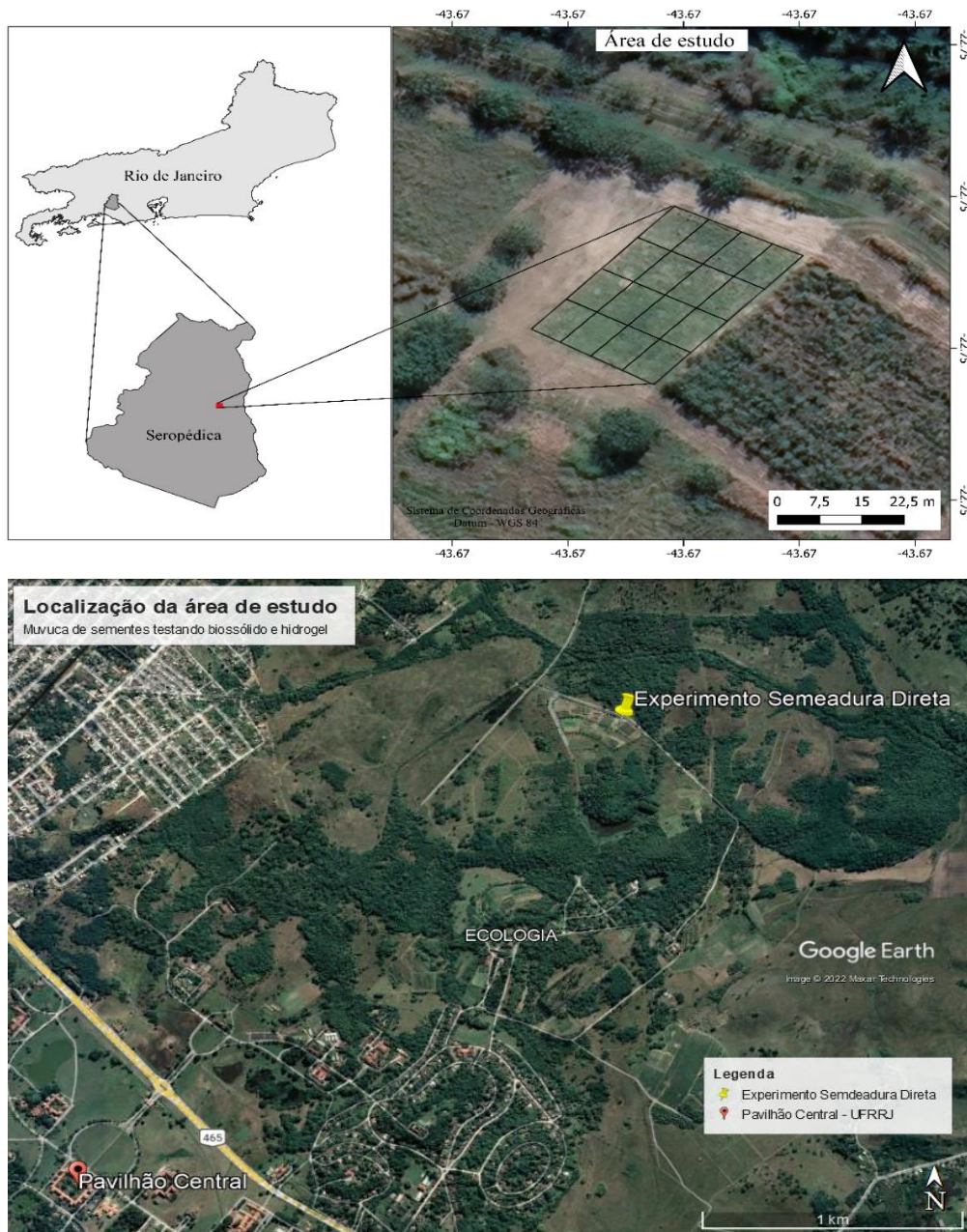


Figura 1 e 2: Localização geográfica da área de estudo no município de Seropédica, RJ (acima), e vista aérea de Seropédica com a indicação da área experimental (abaixo), com a presença de fragmento florestal próximo à área de estudo. Obs: A escala de 1km significa que a distância medida no mapa é igual a 1km na realidade. Fonte: Google Earth, 2022.

3.2. Solo e relevo

O relevo da área é suave ondulado. O solo se classifica como Planossolo Háplico distrófico, com um horizonte superficial bastante arenoso, formado pela eluviação de argila, e um horizonte glei em profundidade variada, caracterizado pela textura mais argilosa e pela influência do lençol freático em pontos mais baixos da toposequência (SILVA, 2015).

Foi realizada a análise química de uma amostra de solo coletada no local de estudo, em profundidade de 0 a 20 cm, em janeiro de 2021. Como se pode observar na tabela 1, o solo apresenta baixos teores de cálcio, magnésio, potássio e porcentagem de carbono orgânico. Além de pH moderadamente ácido e nível médio de fósforo conforme interpretação de resultados de análise de rotina de FREIRE et al. (2013).

Tabela 1. Caracterização química do solo (0 a 20 cm) da área experimental.

Descrição	C (%)	Al (cmolc/d)	Ca (cmolc/d)	H+Al (cmolc/d)	K (mg/L)	Mg (cmolc/d)	N (%)	P (mg/L)	pH
Valor	0,29	0,10	0,73	2,05	33,14	0,24	0,04	12,72	5,32

Legenda: C (%): Porcentagem de carbono orgânico presente no solo; Al (cmolc/d): Alumínio trocável em centímol por quilograma de solo seco; Ca (cmolc/d): Cálcio trocável em centímol por quilograma de solo seco; H+Al (cmolc/d): Acidez potencial em centímol por quilograma de solo seco; K (mg/L): Concentração de potássio em miligramas por litro de água; Mg (cmolc/d): Magnésio trocável em centímol por quilograma de solo seco; N (%): Porcentagem de nitrogênio total presente no solo; P (mg/L): Concentração de fósforo em miligramas por litro de água; pH: Valor do pH do solo, que indica a acidez ou alcalinidade do solo em uma escala de 0 a 14. Procedimentos baseados no "Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Animal e Alimentos - Embrapa - Nogueira & Souza, 2005".

3.3. Balanço hídrico e precipitação real

Obteve-se o balanço hídrico climatológico mensal a partir do Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (SISDAGRO), com base em dados meteorológicos da Estação Ecologia Agrícola (A601), localizada a 2 km do experimento. Com base no método proposto por Thornthwaite & Mather (1955), tem-se um armazenamento de água no solo positivo quando a precipitação supera a evaporação, e transpiração de água pelas plantas. Como se pode ver na Figura 3, com exceção dos meses de dezembro, janeiro e março, quando a precipitação é maior que a evapotranspiração, Seropédica se caracteriza por valores negativos de armazenamento de água na maior parte do ano.

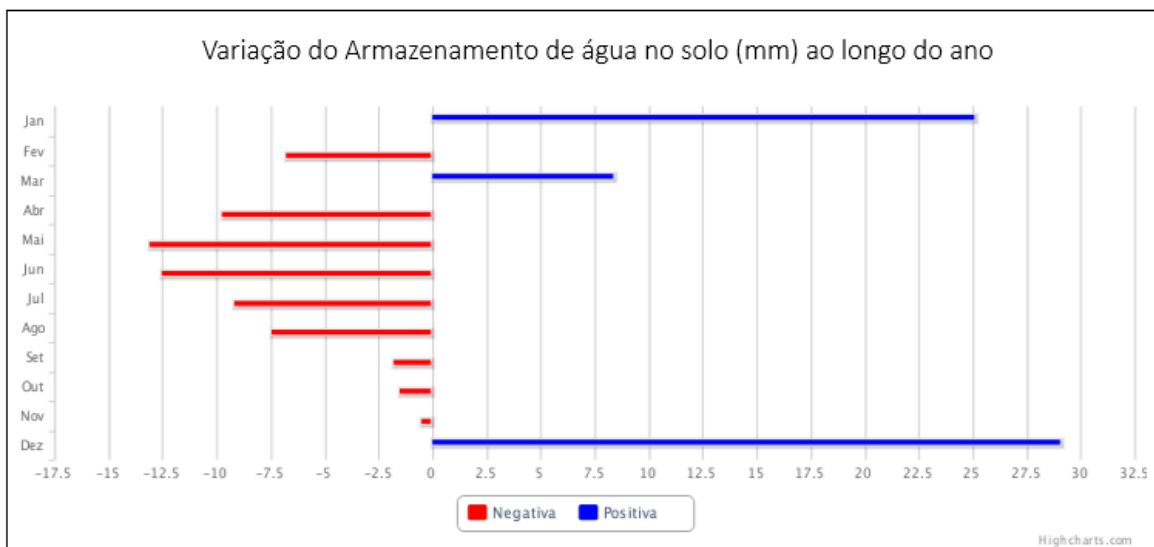


Figura 3. Gráfico de variação do armazenamento de água no solo (mm) ao longo do ano em Seropédica. O cálculo do balanço hídrico normal foi feito a partir da Capacidade de Água Disponível (CAD) igual a 100. Fonte: SISDAGRO - INMET, 2022.

A partir do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, obteve-se a precipitação real acumulada para o ano de 2022 (Figura 4), conforme dados da Estação Ecologia Agrícola (A601).

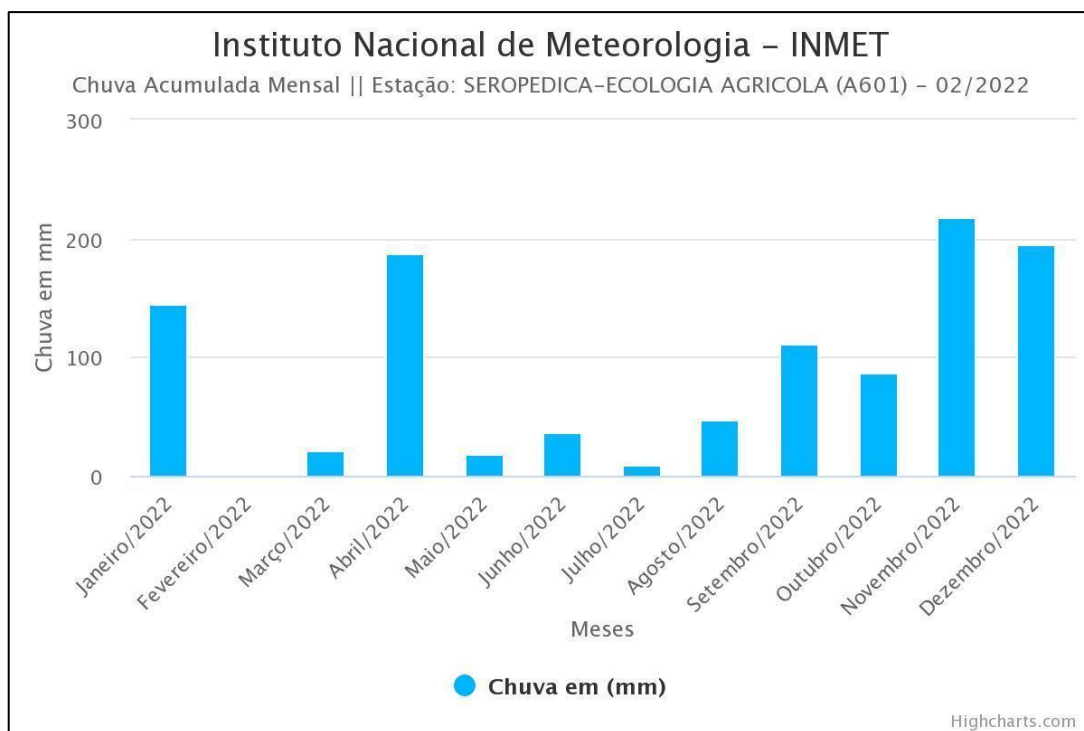


Figura 4. Chuva acumulada mensal (mm) no ano de 2022 em Seropédica. Fonte: INMET (Estação A601) <<https://tempo.inmet.gov.br/Graficos/A001>>.

3.4. Espécies utilizadas

Lotes de sementes foram cedidas à Embrapa Agrobiologia pela Iniciativa Caminhos da Semente (caminhosdasemente.org.br), que é uma rede de pessoas e organizações com objetivo de dar escala à restauração ecológica no Brasil com foco no método de semeadura direta, e faz a ponte entre comunidades tradicionais coletoras de sementes e restauradores.

Foram selecionadas 29 espécies da Mata Atlântica brasileira, e 5 espécies de adubação verde. Na tabela 2 a seguir encontra-se a identidade das espécies utilizadas e as respectivas classificações quanto ao grupo sucessional, ou porte dos adubos verdes.

Tabela 2. Lista das espécies nativas e de adubo verde utilizadas no experimento, classificadas quanto ao grupo ecológico. Legenda: P – Pioneira; S - secundária

Nome Popular	Nome científico	Família	Grupo ecológico
ESPÉCIES NATIVAS			
Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae	P
Peroba-poca	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	Apocynaceae	S
Aroeira-preta	<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	Anacardiaceae	S
Urucum	<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	P
Cassia-rosa	<i>Cassia grandis</i> L.f.	Fabaceae	P
Embaúba-branca	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Urticaceae	P
Paineira	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Malvaceae	S
Araribá	<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	Fabaceae	S
Pau-viola	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Verbenaceae	P
Copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae	S
Louro-pardo	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Boraginaceae	S
Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fabaceae	P
Mulungu	<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	Fabaceae	P
Mutamba	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	P
Ipê-amarelo	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae	S
Ipê-roxo	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Bignoniaceae	S

Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	S
Embira-de-sapo	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	Fabaceae	P
Canafístula	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae	P
Araçá-roxo	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Myrtaceae	P
Sabão-de-soldado	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	S
Aroeira-vermelha	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Anacardiaceae	P
Guapuruvu	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Fabaceae	P
Monjoleiro	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Fabaceae	P
Pau-cigarra	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae	P
Lobeira-da-mata	<i>Solanum crinitum</i> Lam.	Solanaceae	P
Cajá-mirim	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	S
Capitão	<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	Combretaceae	S
Assa-peixe	<i>Vernonanthura polyanthes</i> (Sprengel) Vega & Dematteis	Asteraceae	P

ADUBOS VERDES

Nome Popular	Nome científico	Família	Porte
Feijão-guandu	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.	Fabaceae	Arbustivo
Feijão de porco	<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	Fabaceae	Herbáceo
Crotalaria	<i>Crotalaria</i> cf. <i>spectabilis</i> Röth	Fabaceae	Herbáceo
Fedegoso-bravo	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Fabaceae	Arbustivo
Fedegoso miúdo	<i>Senna</i> cf. <i>occidentalis</i> (L.) Link	Fabaceae	Arbustivo

Legenda: P = espécie pioneira; S = espécie secundária;

As sementes foram coletadas em novembro de 2021 e foram acondicionadas em geladeira (5°C) até a data da semeadura.

3.5. Análise de qualidade dos lotes de sementes

Cada uma das 34 espécies teve seu lote de sementes analisado e foi calculado o peso de mil sementes (PMS) no Laboratório de Leguminosas Florestais da Embrapa Agrobiologia. A análise dos lotes seguiu os procedimentos descritos na “Regra e Análise de Sementes Brasil” (Brasil, 2019) e instruções quanto ao método de assepsia, indicação de quebra de dormência, tipo de substrato, temperatura, e número médio de início e fim da contagem de germinação. Considerou-se germinação a emissão da radícula acima de 2 mm. A formação de “plântulas normais” não foi contabilizada.

Os substratos utilizados foram rolo de papel (RP) e sobre papel (SP), dependendo da espécie. As temperaturas dos germinadores foram ajustadas entre 25 e 30°C. Nos lotes em que

havia quantidade de sementes suficiente, montava-se 4 repetições com 25 sementes cada, como se pode observar na Figura 5. Quando o número de sementes que sobrou era menor que 100, montava-se repetições com número menor de sementes e calculava-se a % de germinação com regra de 3 simples. As avaliações foram realizadas semanalmente após a montagem. A testagem dos lotes ocorreu desde antes da semeadura até agosto, quando se conseguiu obter a % de germinação de todas as espécies.



Figura 5: Processo de testagem dos lotes. 1- Distribuição das sementes após assepsia e superação de dormência caso necessário. 2 – Disposição dos sacos ou placas de Petri fechadas e umedecidas no germinador com a temperatura adequada. 3- Contabilização de sementes germinadas, duras e mortas.

3.6. Preparo do solo

No dia 28/01/2022 foi realizada a roçada da área de forma mecanizada e, 15 dias depois, a aração com a grade pesada. No dia 11/02/2022, foi realizado a aração com grade leve para nivelamento. Após a germinação do capim, no dia 07/03/2022, aplicou-se glifosato na dose de 200 ml/20L (1%) em área total utilizando pulverizador costal.

Após a delimitação do experimento com auxílio de trenas e pedaços de bambu, nos dias 25 e 26/03/2022 foram realizadas a numeração das parcelas com placas de madeira, a demarcação e abertura de covetas com enxada, e abertura dos 20 berços de plantio por parcela com motocoveadora, na profundidade e diâmetro de 40 cm aproximadamente.

3.7. Delineamento experimental

O experimento no campo utilizou delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 x 2, sendo o bioossólido o fator 1 (níveis com e sem) e o hidrogel o fator 2 (níveis com e sem). Foram utilizadas 5 repetições para cada tratamento. Nas parcelas tratadas com hidrogel, foi aplicado 1L do hidrorretentor por cova de semeadura. Já nas parcelas tratadas com bioossólido, foi aplicado 4 L do composto por cova.

Ao total foram 20 parcelas de 45 m², com 20 berços de nativas por parcela no arranjo de 1,5m x 1,5m. Nas entrelinhas das nativas foram semeadas espécies de adubação verde, em covetas, conforme figura 6.

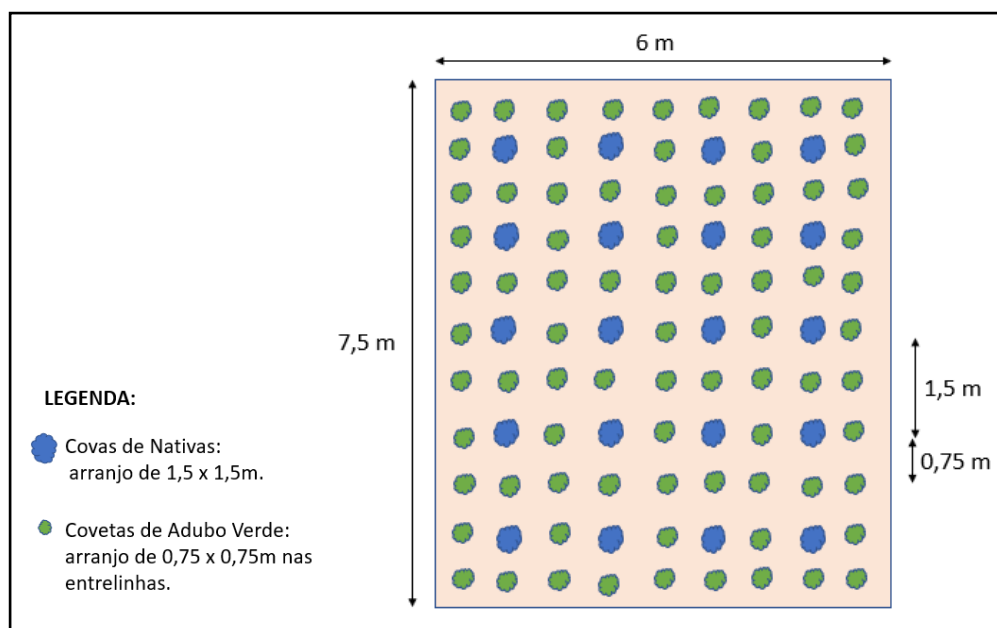


Figura 6. Croqui da sementeira direta das espécies nativas da Mata Atlântica, e espécies de cobertura e adubação verde, numa parcela de 45m².

3.8. Cálculo do número de sementes

O cálculo de sementes foi baseado no estabelecimento esperado após 1 ano, conforme metodologia proposta pela Iniciativa Caminhos da Semente (<https://www.caminhosdasemente.org.br/especies>) – Tabela 3, tendo como referência 11.000 plantas por hectare.

Tabela 3. Pesos de mil sementes, número de sementes e estabelecimento esperado de plantas por espécie e por parcela de 45 m² em experimento de sementeira direta em Seropédica (RJ). Fonte: Instituto Socioambiental – ISA (2020).

Nome científico	Peso de mil sementes (g)	Estabelecimento médio fornecido pelo ISA (%)	Nº aprox. de sementes por parcela
<i>Anadenanthera colubrina</i>	123,1	12%	17
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	141	8%	16
<i>Astronium urundeuva</i>	15,2	5%	28
<i>Bixa orellana</i>	23,84	3%	67
<i>Cajanus cajan</i>	108	66%	9
<i>Canavalia ensiformis</i>	1340	66%	9
<i>Cassia grandis</i>	363,64	3%	2
<i>Cecropia pachystachia</i>	1,427	0%	667
<i>Ceiba speciosa</i>	145,55	10%	13
<i>Centrolobium tomentosum</i>	sd	50%	1
<i>Citharexylum myrianthum</i>	58,78	3%	67
<i>Copaifera langsdorffii</i>	439	20%	9

<i>Cordia trichotoma</i>	15,96	5%	25
<i>Crotalaria sp.</i>	18,87	10%	56
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	547	20%	10
<i>Erythrina speciosa</i>	384	15%	13
<i>Guazuma ulmifolia</i>	6,67	2%	100
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	8,82	2%	63
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	124,3	3%	28
<i>Hymenaea courbaril</i>	3240	40%	3
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	812	12%	3
<i>Peltophorum dubium</i>	202,4	25%	8
<i>Psidium guineense</i>	36	1%	122
<i>Sapindus saponaria</i>	656,3	25%	2
<i>Schinus terebinthifolia</i>	187,3	1%	64
<i>Schizolobium parahyba</i>	1837,7	35%	6
<i>Senegalia polyphylla</i>	105,85	25%	8
<i>Senna alata</i>	51,12	15%	34
<i>Senna multijuga</i>	9,3	3%	80
<i>Senna sp</i>	95	22%	26
<i>Solanum crinitum</i>	2,54	7%	113
<i>Spondias mombin</i>	1383,11	30%	4
<i>Terminalia argentea</i>	4550	7%	18
<i>Vernonanthura polyanthes</i>	0,208	1%	396
Total de sementes por parcela			2087

3.9. Superação de dormência

Foi realizada a superação de dormência tegumentar de 7 espécies. As espécies *Enterolobium contortisiliquum*, *Erythrina speciosa*, *Cassia grandis*, *Schizolobium parahyba* e *Sapindus saponaria* tiveram sua dormência quebrada por escarificação mecânica no esmeril.

Utilizou-se da escarificação química com ácido sulfúrico para as espécies *Crotalaria cf. spectabilis* (durante 35 min), e *Senna alata* (20 min).

As espécies *Peltophorum dubium*, *Centrolobium tomentosum* e *Terminalia argentea* foram semeadas a partir do fruto sem beneficiamento.

3.10. Preparo das sementes e semeadura

A semeadura das 29 espécies arbóreas e da mistura de sementes de adubação verde nas entrelinhas foi realizada em igual quantidade por parcela, logo após a aplicação dos condicionadores de solo nos berços. As sementes foram classificadas em grande (<1.000 sementes/ kg), média (1.000 a 10.000 sementes/ kg) e pequena (10.000 a 100.000 sementes/ kg) de acordo com Santos (2020).

As sementes foram misturadas em um balde com areia, unindo com 2 litros de areia (3340 g), homogeneizando a mistura. Em seguida a mistura foi distribuída com o auxílio de um copo dosador, utilizando o mesmo volume de mistura por cova. Após a colocação da muvuca no berço, cobria-se com mais 2 cm de terra. Foram distribuídas 130 g da mistura areia-sementes de espécies arbóreas nativas por parcela (20 covas). As sementes de adubação verde foram misturadas em um saco, e distribuídas nas covetas demarcadas nas entrelinhas das covas de nativas.

3.11 Biossólido

O biossólido utilizado neste estudo foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da Ilha do Governador, conhecida como “ETE-Ilha”. Esse material foi cedido pela Cedae à Embrapa em sacos de 20 L. Foi utilizada a dose de 4 L por berço de plantio, nas parcelas dos tratamentos B+H- e B+H+. Após abertura pelo motocoveador, devolvia-se a terra até aproximadamente 10 cm de profundidade, então preenchia o resto do berço com os 4 L de biossólido, revolvendo e homogeneizando levemente com a enxada.

3.12 Hidrogel

A diluição do hidrogel foi de 5g/L pesando-se 1,2 kg para dispor em 2 tonéis de 120 litros de água. O polímero utilizado é da marca/modelo Hydroplan-EB Hyb. A dose adicionada em cada berço foi de 1 L. No tratamento B-H+ os berços eram cobertos quase até a superfície devolvendo a terra, e em seguida colocando a solução. No tratamento B+H+ a solução de hidrogel foi colocada por cima do biossólido, e revolvendo levemente em seguida.

3.13 Controle de formigas

O controle de formigas cortadeiras foi realizado em abril, com duas visitas no local, adicionando iscas formicidas de 50 g da marca Mirex, colocando um ou mais saquinhos próximos aos carreiros, próximo aos olheiros, e em dois porta-iscas elevados.

3.14 Coleta e processamento de dados

Foram realizadas quatro avaliações em campo aos 45, 90, 135 e 270 dias após a semeadura (Tabela 4). A intensidade amostral foi de 100%, onde se contabilizou e identificou as plântulas arbóreas vivas em cada cova de nativas das 20 parcelas.

Tabela 4. Datas de avaliação de cada etapa do experimento.

Etapa	Data
Implantação	25/03/2022
Avaliação 1 (45 DAS)	09/05/2022
Avaliação 2 (90 DAS)	23/06/2022
Avaliação 3 (135 DAS)	07/08/2022
Avaliação 4 (270 DAS)	20/12/2022

3.15 Variáveis analisadas

Com base nos números de plantas contabilizados no campo e com os resultados de germinação obtidos no laboratório para cada espécie, foram calculados os seguintes parâmetros: emergência (%), germinabilidade (%) e sobrevivência (%).

A emergência foi calculada considerando o conjunto de espécies e para cada espécie, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Emergência (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ máximo de plantas emergidas}}{\text{(N}^\circ \text{ de sementes semeadas)}} * 100$$

A sobrevivência foi calculada considerando o conjunto de espécies e por espécie, o pico do número de plantas emergidas foi obtido do período onde houve maior número de plantas para a espécie, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Sobrevivência (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas aos 270 dias}}{\text{N}^\circ \text{ máximo de plantas emergidas}} * 100$$

A germinabilidade foi calculada com base nos percentuais de germinação em laboratório de cada espécie, multiplicado pelo número de sementes utilizado na semeadura. Teve por finalidade descobrir o percentual de sementes viáveis em relação ao número total de sementes utilizadas por espécie, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Germinabilidade} = \frac{\text{N}^\circ \text{ máximo de plantas emergidas}}{\text{N}^\circ \text{ de sementes viáveis semeadas}} * 100$$

Sendo,

$$\text{N}^\circ \text{ de sementes viáveis} = \% \text{ germinação (lab)} * \text{n}^\circ \text{ sementes semeadas espécie}$$

3.16 Análise estatística

Foi realizada a análise de variância tendo como fontes de variação os tratamentos hidrogel, biossólido e a interação entre eles. Foi utilizado o Programa S-Plus, versão 8 para análise dos dados gerados considerando todas as espécies. Para análise das espécies individualmente, como os dados não apresentavam normalidade e homogeneidade de variância, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis para avaliar o efeito dos tratamentos e o teste de Mann-Whitney para comparar as médias entre os tratamentos aplicados. Em alguns casos foi realizada a transformação dos dados em $\log(x+0,5)$. Para esta última análise não paramétrica foi utilizado o Programas Past e R para as análises.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação dos lotes de sementes

Na tabela 5 estão apresentados os resultados dos testes de germinação dos lotes de espécies utilizadas no experimento. Das 34 espécies avaliadas, *Cassia grandis*, *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria cf. spectabilis*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Sapindus saponaria*, *Senegalia polyphylla*, *Senna alata*, *Senna cf. occidentalis* obtiveram taxa de germinação acima de 80%. Cerca de 4 espécies tiveram germinação nula no laboratório, foram elas: *Terminalia argentea*, *Cecropia pachystachya*, *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Solanum crinitum*.

Tabela 5. Resultado da análise de qualidade dos lotes em laboratório, indicando os protocolos de quebra de dormência, substrato e temperatura utilizados para análise. Legenda: RP – rolo de papel; SP – sobre papel; EV – entre vermiculita; EA – entre areia;

Espécie	Método de quebra dormência em laboratório	Método de quebra dormência em campo	Substrato (teste de germinação)	Temp (°C)	Germinação em laboratório (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	nenhum	nenhum	RP	25	59
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	nenhum	nenhum	RP	25	4
<i>Astronium urundeuva</i>	nenhum	nenhum	RP	20-30	42
<i>Bixa orellana</i>	Ác. sulfurico 3 min/ SQ	nenhum	RP	30	38
<i>Cajanus cajan</i>	nenhum	nenhum	RP	30	78
<i>Canavalia ensiformis</i>	nenhum	nenhum	RP	25	91
<i>Cassia grandis</i>	escarificação mecânica	escarificação mecânica	RP	25	81
<i>Cecropia pachystachya</i>	nenhum	nenhum	SP	25-30	0
<i>Ceiba speciosa</i>	nenhum	nenhum	RP	25	41
<i>Centrolobium tomentosum</i>	imersão em água ambiente por 24 a 48 horas.	fruto sem ala	EV	30	20
<i>Citharexylum myrianthum</i>	nenhum	nenhum	RP	25	31
<i>Copaifera langsdorffii</i>	nenhum	nenhum	RP	25	63
<i>Cordia trichotoma</i>	nenhum	nenhum	EA	25	4
<i>Crotalaria cf. spectabilis</i>	Ác. sulfúrico 35 min	Ác. sulfúrico 35 min	SP	20-30	91
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	escarificação mecânica	escarificação mecânica	RP	25	98
<i>Erythrina speciosa</i>	escarificação mecânica	escarificação mecânica	RP	25	76
<i>Guazuma ulmifolia</i>	água fervendo + molho 1 h água.	nenhum	RP	25	72

Espécie	Método de quebra dormência em laboratório	Método de quebra dormência em campo	Substrato (teste de germinação)	Temp (°C)	Germinação em laboratório (%)
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	nenhum	nenhum	RP	25	5
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	nenhum	nenhum	RP	25-30	18
<i>Hymenaea courbaril</i>	escarificação mecânica + 48 horas de molho na água.	nenhum	RP	25	52
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	nenhum	nenhum	RP	25-30	0
<i>Peltophorum dubium</i>	água quente 95°C, seguido embebição por 24 horas.	fruto inteiro	RP	25	78
<i>Psidium guineense</i>	água quente seguido de embebição 24 horas.	nenhum	RP	25	5
<i>Sapindus saponaria</i>	escarificação mecânica	escarificação mecânica	RP	25-30	94
<i>Schinus terebinthifolia</i>	nenhum	nenhum	SP	25	10
<i>Schizolobium parahyba</i>	escarificação mecânica	escarificação mecânica	RP	25	22
<i>Senegalia polyphylla</i>	corte região oposta embrião	nenhum	RP	30	99
<i>Senna alata</i>	ácido sulfúrico 20 min	ácido sulfúrico 20 min	SP	25-30	82
<i>Senna cf. occidentalis</i>	24 hs molho água.	nenhum	RP	25	86
<i>Senna multijuga</i>	Ác. sulfúrico 15 min	nenhum	RP	25	47
<i>Solanum crinitum</i>	ácido sulfúrico por 30 min	nenhum	SP	20-30	0
<i>Spondias mombin</i>	nenhum	nenhum	RP	25	4
<i>Terminalia argentea</i>	imersão em água por 24 horas	Fruto inteiro	RP	25-30	0
<i>Vernonanthura polyanthes</i>	nenhum	nenhum	SP	25	16

Sementes que tiveram baixa germinação em laboratório podem ter perdido sua viabilidade devido a um acondicionamento inadequado, ou por ter passado do tempo útil daquela semente, terem sido brocadas, coletadas imaturas, ou secas demais após colheita. Santos (2021) realizou um estudo com sementes de *Astronium urundeuva* e observou que o armazenamento por 180 dias afetou negativamente o potencial fisiológico da semente, independentemente do ambiente de armazenamento. No entanto, o uso de embalagens de

vidro ou PET em ambiente com temperatura amena proporcionou melhor conservação da espécie, garantindo sua disponibilidade para programas de reflorestamento.

4.2. Emergência em campo

Não houve interação entre os fatores e, portanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos fatoriais. Porém, foi observado influência do hidrogel isoladamente pela análise realizada pelo modelo linear ($p < 0,05$).

A taxa média de emergência das espécies sem considerar o efeito dos tratamentos foi de 4,1%, o que representa um valor bem baixo, já que o número de indivíduos ainda tende a decrescer naturalmente. Experiências relatadas por GROSSNICKLE e IVETIĆ (2017) na recuperação de áreas degradadas por semeadura direta observaram em média 20% de emergência. Avaliando o efeito da pré-hidratação e de diferentes coberturas na semeadura direta de 8 espécies nativas em área de pastagem em SP, AGUIRE et al (2015) obtiveram em torno de 15% de emergência em campo. PALMA & LAURANCE (2015) encontraram uma média de 18% de germinação/emergência após revisão de 120 trabalhos de semeadura direta.

CECCON et. al. (2016) sugerem que, em função do baixo índice de sucesso de plântulas na semeadura dura, o uso desta técnica seja complementar para reduzir os custos de restauração, dando-se preferência para o uso de espécies com sementes grandes e altas taxas de germinação.

O período de maior emergência ocorreu aos 45 dias, com exceção do tratamento B-H+ que foi aos 90 dias, como se pode observar na figura 5. Após esse período houve uma redução considerável no número de indivíduos. Isso pode ter ocorrido devido à falta de manutenção e baixa expressão dos adubos verdes semeados nas entrelinhas do experimento, além do déficit hídrico expressivo e danos por formigas cortadeiras.

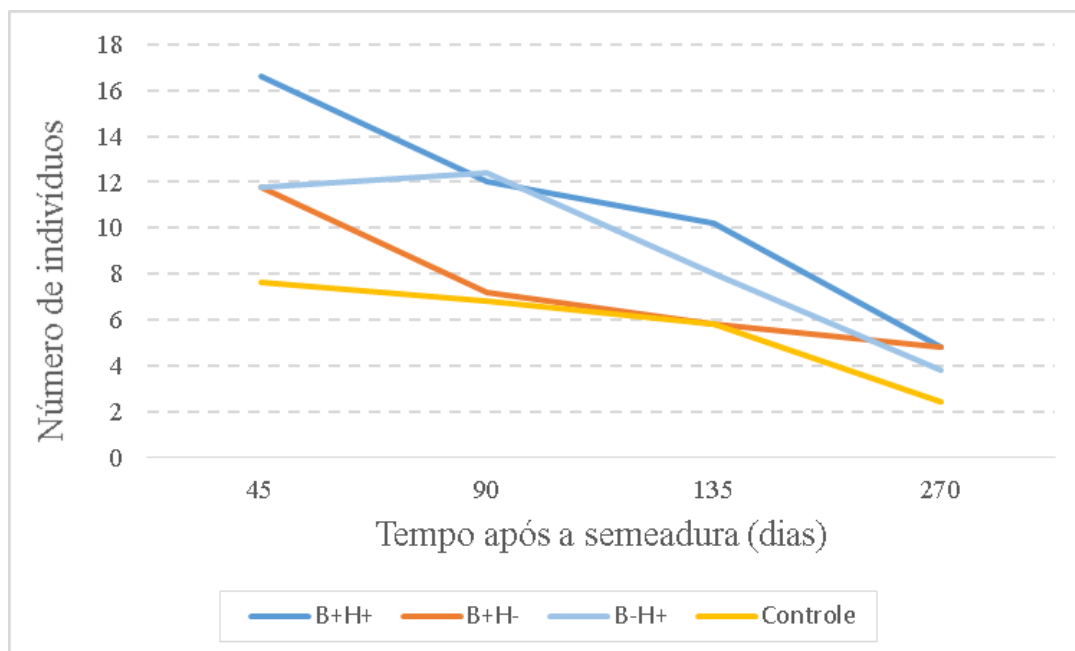


Figura 5. Evolução do número médio de plantas por tratamento ao longo do período do experimento de semeadura direta, testando o uso de biossólido (B+) e hidrogel (H+) de forma conjunta e isolada, em Seropédica, RJ.

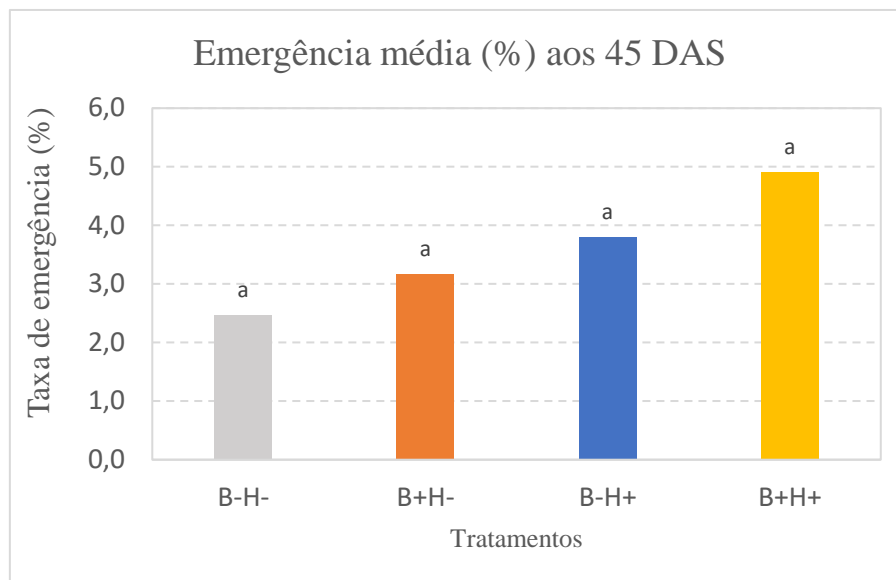


Figura 6. Emergência média (%) por tratamento, considerando a aplicação de hidrogel e biossólido de forma conjunta e isolada, após 45 dias de implantação do experimento de semeadura direta utilizando 34 espécies, em Seropédica, RJ.

Das 29 espécies utilizadas, apenas 22 obtiveram ao menos 1 emergência em qualquer parcela, porém 7 obtiveram emergência nula em campo até os 270 dias após a semeadura (Tabela 6). PIETRO-SOUZA & DA SILVA (2014) também observaram a ausência de emergência para 7 das 19 espécies semeadas manualmente através da técnica de muvuca. A emergência nula de algumas espécies pode refletir sua não adaptabilidade às condições de semeadura, fornecendo assim informações úteis para seleção de espécies. Para essas espécies, a produção da muda em viveiro pode ser mais vantajosa.

As espécies *Enterolobium contortisiliquum* e *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Ceiba speciosa* e *Cassia grandis* obtiveram as melhores taxas de emergência, variando de 10 a 30%. DE JESUS et al (2020) também observaram alta emergência e sobrevivência para *Enterolobium contortisiliquum* e *Cassia grandis* na semeadura direta visando recomposição de APP, em Sergipe. O que reflete o bom potencial dessas espécies para a técnica.

ISERNHAGEN (2010) testando três densidades de sementes na semeadura direta para recuperação de um canal degradado em São Paulo, obteve em média 13% de estabelecimento. GROSSNICKLE e IVETIĆ (2017) em revisão sobre a taxa de estabelecimento plântulas, revela que devido às práticas de semeadura, condições do local, predação de sementes e competição com a vegetação, a taxa média de estabelecimento é tipicamente baixa, em torno de 20%.

Em alguns casos, o plantio de mudas pode ser necessário para complementar a restauração, principalmente em áreas com alta degradação e baixa diversidade vegetal. Nesse sentido, estudos apontam que a combinação de semeadura direta com o plantio de mudas pode resultar em maior sucesso na restauração de áreas degradadas (DIAS et al., 2019).

Como demonstrado na Tabela 5, *Senegalia polyphylla*, *Sapindus saponaria*, *Senna multijuga*, *Erythrina speciosa*, *Guazuma ulmifolia* obtiveram taxa de germinação em laboratório de 72 a 99%, mostrando que até o momento de avaliação do lote as sementes estavam viáveis. Entretanto, na realidade do campo essas espécies obtiveram um resultado bem abaixo que o esperado (tabela 6), com taxas de 0 a 5% de emergência. DE OLIVEIRA et. al. (2019) verificaram que não houve relação direta entre emergência de sementes em casa de vegetação e estabelecimento de plântulas no campo, podendo haver espécies com bom estabelecimento no campo e baixa emergência em laboratório e na casa de vegetação, enquanto outras mostraram altas taxas de emergência no laboratório, mas baixas taxas de estabelecimento no campo.

Tabela 6. Emergência aos 45 DAS de sementes de 29 espécies na semeadura direta em Seropédica, RJ.

Espécies	Nº de sementes semeadas/ parcela	Nº médio de sementes emergidas por parcela	Emergência média (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	17	0,55	3,2
<i>Aspidosperma cf. parvifolium</i>	16	0	0,0
<i>Astronium urundeuva</i>	28	0,55	2,0
<i>Bixa orellana</i>	67	1,9	3,2
<i>Cassia grandis</i>	2	0,2	10,0
<i>Cecropia pachystachia</i>	667	0	0,0
<i>Ceiba speciosa</i>	13	1,65	12,7
<i>Centrolobium tomentosum</i>	1	0	5,0
<i>Citharexylum myrianthum</i>	67	0,05	0,1
<i>Copaifera langsdorffii</i>	9	0,3	3,3
<i>Cordia trichotoma</i>	25	0,05	0,2
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	10	3	30,0
<i>Erythrina speciosa</i>	13	0,25	1,9
<i>Guazuma ulmifolia</i>	100	0	0,1
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	63	0	0,1
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	28	1,5	5,5
<i>Hymenaea courbaril</i>	3	0,1	5,0
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	3	0,25	15,0
<i>Peltophorum dubium</i>	8	0,6	7,5
<i>Psidium guineense</i>	122	0	0,0
<i>Sapindus saponaria</i>	2	0,1	5,0
<i>Schinus terebinthifolia</i>	64	0	0,1
<i>Schizolobium parahyba</i>	6	0,45	7,5
<i>Senegalia polyphylla</i>	8	0	0,0
<i>Senna multijuga</i>	80	0,45	0,9
<i>Solanum crinitum</i>	113	0	0,4
<i>Spondias mombin</i>	4	0	0,0
<i>Terminalia argentea</i>	18	0	0,0
<i>Vernonanthura polyanthes</i>	396	0	0,0
TOTAL	1953	11,95	4,1

Sabe-se que a viabilidade das sementes tende a cair com o tempo, e que umas espécies mantêm a viabilidade por mais tempo do que outras. É possível que a baixa taxa de emergência de algumas espécies seja devido à não adaptação a condição em que estavam submetidas em campo, indicando um ambiente pouco favorável a germinação de sementes e/ou sobrevivência de plântulas. Na figura 4, observa-se que em maio, junho e julho a precipitação acumulada foi baixa, com menos 50 mm mensais. A provável ocorrência de dias consecutivos sem precipitação pode ter sido um dos principais filtros para o estabelecimento das plântulas.

A presença sementes brocadas é algo que também deve ser levado em conta, pois em análises em laboratoriais é necessário contar um número exato de sementes, o que requer atenção quanto a qualidade da semente selecionada. Já no preparo da muvuca, a separação das sementes se dá através do peso, o que pode acarretar a inclusão de sementes com brocas e inviáveis na sementeira, caso presentes no lote de sementes de uma determinada espécie.

4.3. Germinabilidade em campo

Se for considerado o número de sementes viáveis semeadas, temos a germinabilidade que foi de 8,33%. Não houve interação entre os fatores e, portanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Porém, foi observado influência do hidrogel isoladamente pela análise realizada pelo modelo linear ($p < 0,05$).

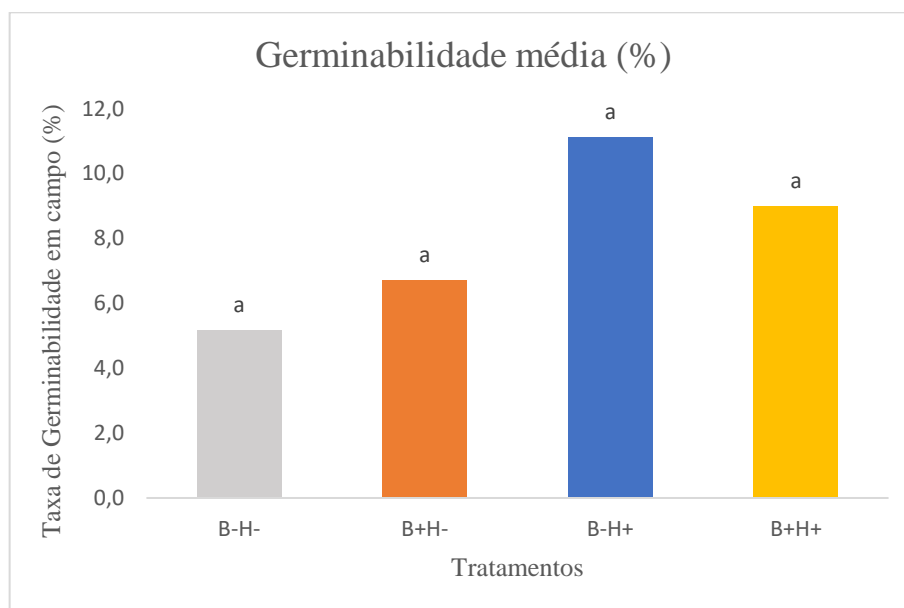


Figura 7. Germinabilidade (%) considerando a aplicação de biossólido (B) e hidrogel (H), de forma conjunta ou isolada, na sementeira direta, utilizando 34 espécies, em Seropédica, RJ.

Espécies com sementes pequenas como a *Vernonanthura polyanthes* e a *Cecropia pachystachya*, foram utilizadas 396 e 667 sementes, respectivamente, e obteve-se germinação nula tanto em laboratório quanto em campo. DE JESUS et al (2020) também não obtiveram emergência de *Cecropia pachystachya* em APP de curso hídrico do estado de Sergipe (Mata Atlântica) aos 90 dias após sementeira. Porém, diferente do que foi encontrado neste estudo, os autores obtiveram resultado positivo de emergência e sobrevivência para *Guazuma ulmifolia*, que foi melhor no tratamento com quebra de dormência.

Tabela 7. Germinabilidade por espécie por tratamento utilizando biossólido e hidrogel em Seropédica, RJ.

Espécie	Germinabilidade				Média
	B-H-	B+H-	B-H+	B+H+	
<i>Anadenanthera colubrina</i>	2,0	4,0	4,0	14,0	6,0
<i>Aspidosperma cf. parvifolium</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Astronium urundeuva</i>	0,0	6,8	6,8	6,8	5,1
<i>Bixa orellana</i>	5,5	9,4	11,0	7,9	8,4
<i>Cassia grandis</i>	12,3	24,6	12,3	12,3	15,4
<i>Cecropia pachystachia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ceiba speciosa</i>	22,5	45,0	22,5	33,8	31,0
<i>Centrolobium tomentosum</i>	0,0	0,0	100,0	0,0	25,0
<i>Citharexylum myrianthum</i>	0,0	0,0	0,0	1,0	0,2
<i>Copaifera langsdorffii</i>	3,5	3,5	7,1	14,1	7,1
<i>Cordia trichotoma</i>	0,0	0,0	20,0	20,0	10,0
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	18,4	28,6	36,7	38,8	30,6
<i>Erythrina speciosa</i>	2,0	0,0	4,0	4,0	2,5
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Handroanthus heptaphylus</i>	23,8	15,9	27,8	55,6	30,8
<i>Hymenaea courbaril</i>	25,6	0,0	0,0	12,8	9,6
<i>Lonchocarpus muelbergianus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Peltophorum dubium</i>	3,2	9,6	12,8	12,8	9,6
<i>Psidium guineense</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sapindus saponaria</i>	0,0	0,0	10,7	10,7	5,3
<i>Schinus terebinthifolia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Schizolobium parahyba</i>	30,3	45,5	45,5	15,2	34,1
<i>Senegalia polyphylla</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Senna multijuga</i>	0,6	1,7	1,2	0,9	1,1
<i>Solanum crinitum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondias mombin</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Terminalia argentea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Vernonanthura polyanthes</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Solanum crinitum e *Lonchocarpus muelbergianus* não germinaram em laboratório (Tabela 5), mas emergiram em campo (Tabela 6 e 7). Como a germinabilidade considera o número de sementes emergidas em relação ao número de sementes viáveis semeadas, para estas espécies,

ela teve valor nulo. Já as espécies *Sapindus saponária* e *Senegalia polyphylla* obtiveram germinação em laboratório acima de 90%, porém péssimo desempenho em campo.

As condições de escassez hídrica, sol pleno, e altas temperaturas encontradas durante o período do experimento podem ter sido bastante restritivas, o que provavelmente dificultou a emergência e sobrevivência das plantas recém germinadas de algumas espécies utilizadas.

4.4. Sobrevivência em campo

A sobrevivência média foi de 32,5%. Considerando os tratamentos, não houve diferença significativa para esse parâmetro, nem interação entre os fatores.

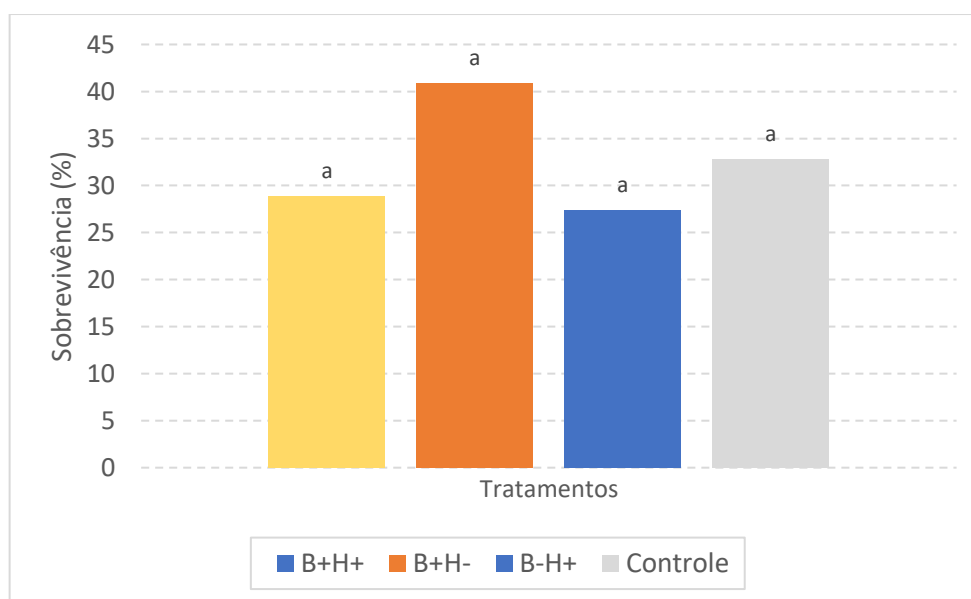


Figura 8. Sobrevivência média (%) das plântulas emergidas para os diferentes tratamentos de hidrogel e bio-sólido na semeadura direta em Seropédica, RJ.

Na média, a maior sobrevivência foi referente ao tratamento que utilizou somente o bio-sólido (B+H-). RODON NETO et al. (2021) testando o efeito da pré-germinação e uso de hidrogel na semeadura da leguminosa *Bauhinia unguolata* L. obteve resultados que variaram de 67,5% de sobrevivência com hidrogel e sem pré-germinação, até 80% sem hidrogel e com pré-germinação, não diferindo estatisticamente entre si.

PIETRO-SOUZA & DA SILVA (2014) encontraram que os piores valores para emergência e sobrevivência foram verificados para as espécies cujas sementes apresentavam dimensões reduzidas (< 1,5cm), tais como, *Buchenavia capitata*, *Plathymenia reticulata*, *Peltogyne confertiflora*, *Myracrodruon urundeuva*, *Jacaranda micranta*. E entre as espécies que apresentaram melhores resultados está a *Enterolobium contortisiliquum*.

Como as espécies *Aspidosperma cf. parvifolium*, *Cecropia pachystachia*, *Psidium guineense*, *Senegalia polyphylla*, *Spondias mombin*, *Terminalia argentea*, *Vernonanthura polyanthes* não apresentaram plântulas vivas, não foram consideradas no cálculo da sobrevivência.

Tabela 8. Sobrevivência de plântulas de 22 espécies em cada tratamentos, aos 270 dias após semeadura direta em Seropédica, RJ.

Sobrevivência (%)	B-H-	B+H-	B-H+	B+H+	Média
<i>Anadenanthera colubrina</i>	100	100	50	28,6	69,6
<i>Astronium urundeuva</i>	0	0	0	0	0,0
<i>Bixa orellana</i>	14,3	25	55,6	10	26,2
<i>Cassia grandis</i>	0	100	100	100	75,0
<i>Ceiba speciosa</i>	16,7	50	0	22,2	22,2
<i>Centrolobium tomentosum</i>	0	0	0	0	0,0
<i>Citharexylum myrianthum</i>	0	0	0	0	0,0
<i>Copaifera langsdorffii</i>	100	0	0	25	31,3
<i>Cordia trichotoma</i>	0	0	0	0	0,0
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	44,4	64,3	50	63,2	55,5
<i>Erythrina speciosa</i>	0	0	0	0	0,0
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0	0	0	0	0,0
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	0	0	0	0	0,0
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	0	0	33,3	0	8,3
<i>Hymenaea courbaril</i>	100	0	0	100	50,0
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	100	0	0	0	25,0
<i>Peltophorum dubium</i>	100	33,3	0	25	39,6
<i>Sapindus saponaria L.</i>	0	0	0	0	0,0
<i>Schinus terebinthifolia</i>	0	0	0	0	0,0
<i>Schizolobium parahyba</i>	0	0	0	0	0,0
<i>Senna multijuga</i>	0	60	25	33,3	29,6
<i>Solanum crinitum</i>	0	0	0	28,6	7,1

4.5. Tamanho das sementes

Com base em estudos realizados na Mata Atlântica, também é possível observar uma relação entre o tamanho da semente e a emergência em campo. Um estudo realizado com espécies arbóreas em uma floresta ombrófila densa na Bahia mostrou que sementes maiores de algumas espécies emergiram mais rapidamente e apresentaram maior sobrevivência do que sementes menores, especialmente em condições de sombreamento (Vieira et al., 2015).

Outro estudo realizado com espécies de leguminosas arbóreas na Mata Atlântica do Rio de Janeiro mostrou que sementes maiores apresentaram maior vigor e taxa de emergência do que sementes menores, especialmente em solos compactados (Martins et al., 2017).

Analisando a influência do tamanho da semente no percentual de emergência aos 45 dias, que é o período considerado pico de emergência, observa-se que as sementes de tamanho médio apresentaram melhor desempenho, com 6,3% de emergência, seguido das espécies de

sementes grandes com 2,2% (Figura 9). Na tabela 9 estão dispostas a classificação de tamanho das espécies e suas respectivas taxas de emergência média.

É importante lembrar que a relação entre o tamanho da semente e a emergência em campo pode variar entre espécies e condições ambientais. Por exemplo, um estudo realizado com espécies arbóreas em uma floresta ombrófila densa no Paraná não encontrou diferenças significativas na taxa de emergência entre sementes grandes e pequenas (Braga et al., 2016).

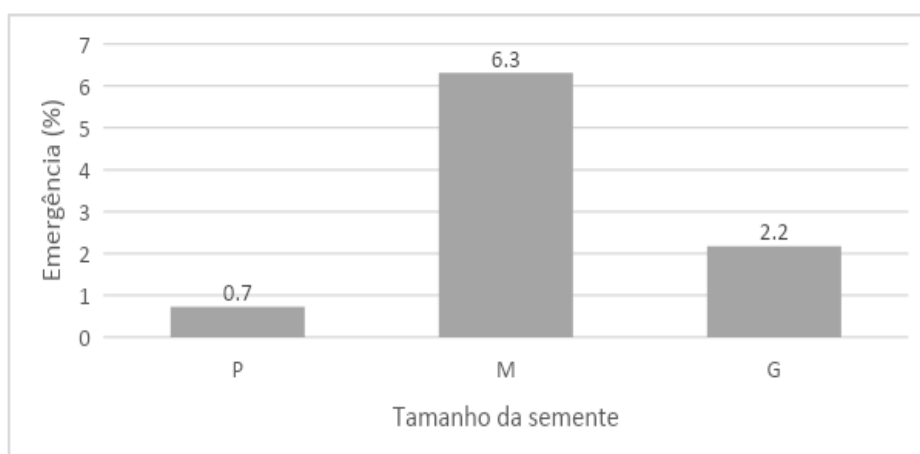


Figura 9. Emergência média (%) aos 45 dias para cada tamanho de semente em experimento de semeadura direta em Seropédica (RJ), com 34 espécies.

Tabela 9. Tamanho das sementes, e emergência média em campo das espécies semeadas.

Nome científico	Tamanho	Emergência média (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	M	3,2
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	M	0,0
<i>Astronium urundeuva</i>	P	2,0
<i>Bixa orellana</i>	P	2,8
<i>Cassia grandis</i>	M	10,0
<i>Cecropia pachystachia</i>	P	0,0
<i>Ceiba speciosa</i>	M	12,7
<i>Centrolobium tomentosum</i>	G	0,0
<i>Citharexylum myrianthum</i>	P	0,1
<i>Copaifera langsdorffii</i>	M	3,3
<i>Cordia trichotoma</i>	P	0,2
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	M	30,0
<i>Erythrina speciosa</i>	M	1,9
<i>Guazuma ulmifolia</i>	P	0,0

Nome científico	Tamanho	Emergência média (%)
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	P	0,0
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	M	5,4
<i>Hymenaea courbaril</i>	G	3,3
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	M	8,3
<i>Peltophorum dubium</i>	M	7,5
<i>Psidium guineense</i>	P	0,0
<i>Sapindus saponaria</i>	M	5,0
<i>Schinus terebinthifolia</i>	M	0,0
<i>Schizolobium parahyba</i>	G	7,5
<i>Senegalia polyphylla</i>	M	0,0
<i>Senna multijuga</i>	P	0,6
<i>Solanum crinitum</i>	P	0,0
<i>Spondias mombin</i>	G	0,0
<i>Terminalia argentea</i>	P	0,0
<i>Vernonanthura polyanthes</i>	P	0,0

4.6. Resultados por espécie

4.6.1. *Anadenanthera colubrina*

Houve efeito significativo para os tratamentos com biossólido. Essa espécie apresentou emergência significativamente maior sob o efeito do biossólido e hidrogel associados, em relação ao controle e o tratamento com biossólido somente. quando associado com hidrogel (B+H+) que foi distinto do uso de biossólido sem hidrogel (B+H-). A associação do biossólido com o hidrogel foi significativamente distinta do controle ($p < 0,05$).

4.6.2. *Ceiba speciosa*

Houve efeito do biossólido, com diferença significativa entre os tratamentos com e sem biossólido, quando na presença do hidrogel ($p < 0,05$). O tratamento com biossólido e hidrogel foi significativamente distinto do controle. Essa espécie apresentou emergência significativamente maior sob o efeito do biossólido e hidrogel associados, em relação ao controle e o tratamento com hidrogel somente. Entretanto, a análise é duvidosa, devido a presença de muitos valores nulos de emergência.

4.6.3. *Astronium urundeuva*

Essa espécie apresentou emergência significativamente maior sob o efeito do hidrogel, em relação ao controle, independente da presença de biossólido ($p < 0,05$). Entretanto, a análise é duvidosa, devido a presença de muitos valores nulos de emergência.

4.6.4. *Copaifera langsdorffii*

O maior efeito significativo observado foi para a presença do hidrogel quando associado ao biossólido ($p < 0,05$). Biossólido com hidrogel (B+H+) diferiu significativamente do tratamento B+H-.

4.6.5. *Enterolobium contortisiliquum*

Houve efeito significativo do tratamento com biossólido associado ao hidrogel (B+H+) tendo B+H+ e B-H+ diferido do controle ($p < 0,05$). Essa espécie apresentou emergência significativamente maior sob o efeito do hidrogel, em relação ao controle, principalmente quando associado com biossólido.

4.6.6. *Bixa orellana*, *Cassia grandis*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Peltophorum dubium*, *Senna multijuga*

Para essas espécies, o número de plantas não foi afetado pelos tratamentos testados, ou seja, os condicionadores biossólido e hidrogel não influenciaram significativamente a taxa de emergência dessas espécies nas condições solo, clima e metodologia observadas. Entretanto, a análise é duvidosa para *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Peltophorum dubium*, e *Senna multijuga*, já que apresentavam muitos valores nulos de emergência.

4.6.7. *Schizolobium parahyba*

A presença de hidrogel afetou significativamente os tratamentos com biossólido. Entretanto, a análise é duvidosa, devido a presença de muitos valores nulos de emergência. Para essa espécie, os aditivos isoladamente aumentaram significativamente a emergência de plântulas, com relação ao tratamento com os aditivos associados, e não diferiram do controle.

5. CONCLUSÕES

A aplicação de hidrogel na semeadura direta teve efeito positivo significativo na emergência e germinabilidade de sementes, considerando a totalidade das espécies, podendo ser um aliado na restauração florestal.

Avaliando as espécies isoladamente, a aplicação de biossólido em conjunto com o hidrogel afetou positivamente a emergência das espécies *Anadenanthera colubrina*, *Ceiba speciosa*, *Astronium urundeuva*, *Copaifera langsdorffii* e *Enterolobium contortisiliquum*.

Enterolobium contortisiliquum, *Cassia grandis*, *Ceiba speciosa* e *Handroanthus heptaphyllus* foram as espécies com melhor desempenho na semeadura direta nas condições testadas.

Para as espécies *Bixa orellana*, *Cassia grandis*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Peltophorum dubium* e *Senna multijuga*, não houve efeito significativo dos tratamentos. É importante destacar que a análise para algumas espécies foi limitada devido à presença de muitos valores nulos de emergência. Portanto, são necessários estudos adicionais para confirmar esses resultados e entender melhor os mecanismos envolvidos na resposta das diferentes espécies aos condicionadores de solo.

6. REPEFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, Andrea Garafulic et al. Potencial da semeadura direta na restauração florestal de pastagem abandonada no município de Piracaia, SP, Brasil. *Hoehnea*, v. 42, p. 629-640, 2015.
- ALONSO, Jorge Makhoulta et al. Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos. *Ciência Florestal*, v. 25, p. 01-11, 2015.
- BARBOSA, Tiago Cavalheiro; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; COUTO, Hilton Thadeu Zarate do. Tamanhos de recipientes e o uso de hidrogel no estabelecimento de mudas de espécies florestais nativas. *Hoehnea*, v. 40, p. 537-556, 2013.
- BELTRAMIN, Francisco Antonio; SILVA, Willian Costa. Polímero hidroretentor mitigando o déficit hídrico em *Schinus terebinthifolia*: metabolismo fotossintético e crescimento inicial. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2020.
- BETTIOL, Wagner; DE CAMARGO, Otávio Antonio. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução – CONAMA. Resolução no 375/2006. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 167, p. 141-146, 30 ago 2006.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de março de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 mar. 2012. Seção 1, p. 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 20 fev. 2023.
- BRAGA, R. R.; Oliveira, G. P. de; Melo, L. A. Seed size and emergence in tree species in a subtropical rainforest in Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 30, n. 3, p. 325-333, 2016.
- CABREIRA, Gerhard Valkinir. Biossólido de lodo de esgoto na restauração florestal: produção de mudas e adubação de plantio. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2017.
- CAMINHOS DA SEMENTE. (2022). Levantamento de espécies nativas para plantios com semeadura direta. Recuperado em 20 de fevereiro de 2023, de [https://caminhosdasemente.org.br/biblioteca/5ff4708daa6d2f0ee553f163](https://caminhosdaseменте.org.br/biblioteca/5ff4708daa6d2f0ee553f163).
- CAMPOS-FILHO, E. M., Da Costa, J. N. M. N., De Sousa, O. L., & Junqueira, R. G. P. (2013). *Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil*. *Journal of Sustainable Forestry*, 32(7), 702–727. doi:10.1080/10549811.2013.817341
- CARVALHO, R. A. et al. Restauração de Áreas Degradadas: Conceitos, Métodos e Avaliação. Brasília: Embrapa, 2019.
- 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(3), 511-520.
- CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ. Disponível em: < <https://cedae.com.br/sistemaguandu> >. Acesso em: 17/08/2022.

- CROUZEILLES, R., Ferreira, M. S., Chazdon, R. L., Lindenmayer, D. B., Sansevero, J. B. B., Monteiro, L., ... & Rodrigues, R. R. (2017). Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science advances*, 3(11), e1701345. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701345>
- DA SILVA, M. V.; CHAER, G. M.; LELES, P. S. S.; RESENDE, A. S.; SILVA, E. V.; BARROS, T. O. C. Uso de biossólido em plantios de espécies da Mata Atlântica. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 48, n. 126, p. e2728, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n126.16>.
- DA SILVA ARAÚJO, M. E., de Negreiros, M. L., & Shibata, M. (2021). Secagem e armazenamento de sementes de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae). *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 64.
- DE JESUS, Janisson Batista et al. Sobrevivência de plântulas de espécies florestais nativas, em mata ciliar no estado de Sergipe. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 40, 2020.
- DE OLIVEIRA, MC, Leite JB, da Silva Galdino OP, Ogata RS, da Silva DA, Ribeiro JF (2019) Sobrevivência e crescimento de espécies nativas do Cerrado após semeadura direta na recuperação de pastagem abandonada. *Neotropical Biology and Conservation* 14(3): 313–327. <https://doi.org/10.3897/neotropical.14.e38290>
- DIAS, R. L. et al. Efetividade de diferentes técnicas de restauração ecológica em áreas degradadas: uma revisão sistemática. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 13, n. 2, p. 87-102, 2019.
- DOUST, Susan J.; ERSKINE, Peter D.; LAMB, David. Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. *Forest Ecology and Management*, v. 234, n. 1-3, p. 333-343, 2006.
- FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56, FAO, Rome, 1998. Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. The water balance. *Climatology*, Centerton, NJ. v.8, n.1. 1955.
- FONSECA, Lauriane et al. Viabilidade do hidrogel na recuperação de Cerrado sensu stricto com espécies nativas. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- FREIRE, L. R. et al. Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro, p. 102-103, 2013.
- GOMES, Rodrigo et al. Biossólido de estações de tratamento de esgotos como adubação de plantio para restauração da mata atlântica. *Advances in Forestry Science*, v. 8, n. 4, p. 1583-1590, 2021.
- GOMES, Rodrigo et al. Biossólido de estações de tratamento de esgotos como adubação de plantio para restauração da mata atlântica. **Advances in Forestry Science**, v. 8, n. 4, p. 1583-1590, 2021.
- GROSSNICKLE, S. C.; IVETIĆ, V. Direct Seeding in Reforestation - A Field Performance Review. *Reforesta*, v. 4, p. 94-142, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.21750/REFOR.4.07.46>.
- INEA. Resolução INEA nº 143, de 10 de abril de 2017. Estabelece parâmetros mínimos de qualidade ambiental para a restauração florestal de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, 11 abr. 2017. Seção 1, p. 31-33. Disponível em:

http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_pres_aspres/documents/document/zwe w/mtm4/~edisp/inea0138205.pdf. Acesso em: 18 fev. 2023.

- ISERNHAGEN, Ingo et al. 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.
- MARTINS, K.; Aguiar, A. V. de; Fontes, M. A. L.; Mello, J. C. P. Seed size and emergence in leguminous tree species in areas of compacted soil in the Atlantic Forest. *Journal of Forestry Research*, v. 28, n. 6, p. 1347-1353, 2017.
- MITTERMEIER, R. A. et al. Hotspots Revisitados - As Regiões Biologicamente Mais Ricas e Ameaçadas do Planeta. **Mata Atlântica e Cerrado. Internacional Conservation**, 2005.
- NETO, Rubens Marques Rondon; DE JESUS, Fabrício Pereira; DA SILVA, Lucas Alves. Semeadura direta de pata-de-vaca (*Bauhinia unguolata* L.) com sementes pré-germinadas para restauração florestal. *Nativa*, v. 9, n. 4, p. 438-441, 2021.
- NETO, Rubens Marques Rondon; DOS SANTOS BATISTA, Lucas Allynson. Regeneração artificial de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) com sementes pré-germinadas para restauração florestal. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 12, p. 15-22, 2021.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Década da Restauração de Ecossistemas. Disponível em: <<https://www.decadeonrestoration.org/>>. Acesso em: 18 fev. 2023.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T., Santos, R. M., Eisenlohr, P. V., Miranda, P. L., Sánchez-Azofeifa, G. A., & Delgado, J. D. (2019). Phytophysiognomies of the Brazilian Atlantic Forest: A first approximation. *Biota Neotropica*, 19(2). <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0609>
- PALMA, A. C., & LAURANCE, S. G. (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(4), 561-568.
- PIETRO-SOUZA, William; DA SILVA, Normandes Matos. Plantio manual de muvuca de sementes no contexto da restauração ecológica de áreas de preservação permanente degradadas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 3, 2014.
- POGGIANI, Fábio; GUEDES, M. C.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais: I. reflexo no ciclo dos nutrientes. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**, 2000.
- RIBEIRO, Milton Cezar et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological conservation*, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.
- ROCHA, G. B. et al. Guia de semeadura direta para restauração de florestas e cerrados. 1. ed. São Paulo: Agroicone Ltda, 2020.
- RODRIGUES, Ricardo R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological conservation*, v. 142, n. 6, p. 1242-1251, 2009.
- SANTOS, Danilo Silva dos. Conservação de sementes de *Astronium urundeuva* em diferentes ambientes e embalagens. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agroecologia) -

- Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/19481/1/DANILO%20SILVA%20DOS%20SANTOS%20-%20TCC%20AGROECOLOGIA%202021.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- SANTOS, Felipe Martini et al. Produção de biomassa e eficiência de uso dos nutrientes em plantios puros e mistos de *Eucalyptus urograndis* e *Acácia mangium* Willd. 2015.
- SANTOS, Paula Luíza et al. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. *Revista Árvore* [online]. 2012, v. 36, n. 2 [Acessado 3 julho 2022], pp. 237-245. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000200005>>.
- SCHMIDT, Isabel Belloni et al. 2019. Community-based native seed production for restoration in Brazil—the role of science and policy. *Plant Biology*, v. 21, n. 3, 389-397. doi.org/10.1111/plb.12842
- SILVA, R. R. P. et al. (2015). Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth. *Restoration Ecology*, v. 23, n. 4, p. 393–401. doi:10.1111/rec.12213
- SIMIONI, F. J., Guimarães Jr, P. R., & Gomes, J. B. V. (2021). Evaluation of the effects of forest restoration through direct seeding and natural regeneration in the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 481, 118726. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118726>.
- Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária – SISDAGRO, Balanço sequencial. Disponível em: <
<
<http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/climatologia/bhclimatologicomensal/index>
>
- Acesso em: 06/08/2022.
- SOARES-FILHO, B. et al. Cracking Brazil’s Forest Code. *Science*, 344, p. 363-364, 2014.
- Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. 2004. Princípios da SER International sobre a restauração ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- SOSMA - Fundação SOS Mata Atlântica. A floresta. 2021. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/conheca/mata-atlantica/>. Acesso em: 21 jul. 2022.
- SOUSA, Thasso José Silva. Mudanças de *Luehea divaricata* produzidas com biossólido de duas estações de tratamento de esgoto. 2018.
- SOUZA, Alessandra Nascimento; PINTO, Lilian Vilela Andrade. TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA UNIDADE DEMONSTRATIVA DO IFSULDEMINAS–CAMPUS INCONFIDENTES: classificação ecológica e funcional. *Anais do Seminário Restaura Mantiqueira*, v. 1, n. 1, 2021.
- TUBBS FILHO, Décio; ANTUNES, Julio Cesar Oliveira; SILVA VETTORAZZI, Janaina. Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim: Experiências para a gestão dos recursos hídricos. In: **Bacia hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim: experiências para a gestão dos recursos hídricos**. 2012. p. 339-339.
- VIEIRA, D. L. M.; Scariot, A.; Amaral, D. D. do. Seed size, emergence and early seedling establishment in tree species from the Atlantic Forest: implications for forest restoration. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 38, n. 4, p. 813-821, 2015

WEATHER SPARK. Disponível em: < <https://pt.weatherspark.com/y/30560/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Serop%C3%A9dica-Brasil-durante-o-ano#Sections-Summary> >. Acesso em: 07/08/2022.

WRI Brasil – World Resources Institute. 2019. Disponível em: < <https://www.wribrasil.org.br/noticias/voce-sabe-o-que-e-planaveg-conheca-o-plano-do-brasil-para-restaurar-12-milhoes-de-hectares> > Acesso em: 21 jul. 2022.

ANEXO I– Número de sementes semeadas por parcela, germinação em laboratório e percentual de sementes viáveis de cada espécie.

Espécie	Nº sementes semeadas/parcela	Percentual de germinação	Nº sementes semeadas viáveis
<i>Anadenanthera colubrina</i>	17	59	10,0
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	16	4	0,6
<i>Astronium urundeuva</i>	28	42	11,8
<i>Bixa orellana</i>	67	38	25,5
<i>Cassia grandis</i>	2	81	1,6
<i>Cecropia pachystachia</i>	667	0	0
<i>Ceiba speciosa</i>	13	41	5,3
<i>Centrolobium tomentosum</i>	1	20	0,2
<i>Citharexylum myrianthum</i>	67	31	20,8
<i>Copaifera langsdorffii</i>	9	63	5,7
<i>Cordia trichotoma</i>	25	4	1
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	10	98	9,8
<i>Erythrina speciosa</i>	13	76	9,9
<i>Guazuma ulmifolia</i>	100	72	72
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	63	5	3,2
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	28	18	5,0
<i>Hymenaea courbaril</i>	3	52	1,6
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	3	0	0
<i>Peltophorum dubium</i>	8	78	6,2
<i>Psidium guineense</i>	122	5	6,1
<i>Sapindus saponaria</i>	2	94	1,9
<i>Schinus terebinthifolia</i>	64	10	6,4
<i>Schizolobium parahyba</i>	6	22	1,3
<i>Senegalia polyphylla</i>	8	99	7,9
<i>Senna multijuga</i>	80	86	68,8
<i>Solanum crinitum</i>	113	0	0
<i>Spondias mombin</i>	4	4	0,2
<i>Terminalia argentea</i>	18	0	0
<i>Vernonanthura polyanthes</i>	396	16	63,4

ANEXO II – Número médio de plântulas por parcela para cada tratamento de 45 a 135 DAS

Espécie nativas	Média de plântulas/parcela para cada espécie											
	Testemunha			Biossólido			Hidrogel			Bio + Hidro		
	45 DAS	90 DAS	135 DAS	45 DAS	90 DAS	135 DAS	45 DAS	90 DAS	135 DAS	45 DAS	90 DAS	135 DAS
<i>Anadenanthera colubrina</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0,4	0,4	0,4	1,4	0,6	0,6
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astronium urundeuva</i>	0	0	0	0,6	0	0	0,8	0,6	0	0,8	0,6	0,2
<i>Bixa orellana</i>	1,4	1,4	1,4	2,4	1,2	0,8	1,8	2,8	2	2	1,2	0,6
<i>Cassia grandis</i>	0,2	0	0	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0,2	0,2	0,2
<i>Cecropia pachystachia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceiba speciosa</i>	1,2	1	1	2,4	1,8	1,4	1,2	0,8	0,6	1,8	1,6	1,6
<i>Centrobium tomentosum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0
<i>Citharexylum myrianthum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0
<i>Copaifera langsdorffii</i>	0,2	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0,4	0,2	0,8	0,4	0,6
<i>Cordia trichotoma</i>	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,2	0
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	1,8	1,6	1	2,8	1,6	0,8	3,6	2,8	1,8	3,8	2,6	2,4
<i>Erythrina speciosa</i>	0,2	0,2	0	0	0	0	0,4	0,4	0,2	0,4	0	0
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0	0	0,2	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1,2	0,6	0,6	0,8	0,8	0,6	1,2	1,4	1	2,8	1,4	2
<i>Hymenaea courbaril</i>	0,4	0,4	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	0	0,2	0,2	0,2	0	0,4	0,2	1	0	0,6	0,8	0,6
<i>Peltophorum dubium</i>	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0	0,8	0,2	0,2	0,8	0,2	0
<i>Psidium guineense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sapindus saponaria</i>	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,2	0,2	0,2
<i>Schinus terebinthifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0
<i>Schizolobium parahyba</i>	0,4	0,4	0	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6	0,2	0,2	0	0
<i>Senegalia polyphylla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Senna multijuga</i>	0,2	0,2	0,4	1	1,2	1,2	0	0,6	0,8	0,6	0,6	0,2
<i>Solanum crinitum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	1,4	1
<i>Spondias mombin</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Terminalia argentea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vernonanthura polyanthes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Todas as espécies	7,6	6,8	5,8	11,8	7,2	5,8	11,8	12,4	8	16,6	12	10,2