

Artigos

Semeadura direta de espécies florestais para restauração ecológica na transição Pampa – Mata Atlântica

Direct seeding of forest species for ecological restoration
in the Pampa – Atlantic Forest transition

Matheus Degrandi Gazzola¹ , Ana Paula Moreira Rovedder¹ ,
Jhonitan Matiello¹ , Ricardo Bergamo Schenato¹ ,
Jéssica Puhl Croda² , Betina Camargo¹ , Bruna Balestrin Piaia³ 

¹Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

²Setor de Produção do MST-MG, Betim, MG, Brasil

³B&A Ambiental, Palmeira das Missões, RS, Brasil

RESUMO

As regiões de transição ecotonal são negligenciadas em estudos florísticos e de restauração ecológica, apesar da vasta ocorrência e relevância socioeconômica. O presente estudo avaliou a emergência e o desenvolvimento inicial de espécies florestais da transição ecotonal entre Pampa e Mata Atlântica, em semeadura direta, usando adubação-verde na entrelinha (*Canavalia ensiformis*). Testamos dezesseis espécies e avaliamos os índices de emergência, sobrevivência e a altura de plântulas, mensalmente, por doze meses. Seis espécies emergiram e se estabeleceram, apresentando valores médios de emergência de 7%, índice de sobrevivência de 73% e altura de 20 cm. Espécies de sementes maiores tiveram maiores índices de emergência. Todas as leguminosas do estudo emergiram (*Enterolobium contortisiliquum*, *Parapiptadenia rigida*, *Bauhinia forficata* e *Mimosa bimucronata*). A pitangueira (*Eugenia uniflora*) foi a única espécie de semente recalcitrante a apresentar emergência. A cobertura do feijão-de-porco proporcionou maior estabelecimento para *Annona sylvatica* e *Enterolobium contortisiliquum*, com significância estatística pelo teste de Wilcoxon. Para futuros estudos sobre semeadura direta, recomendamos aprofundamento na qualidade e tamanho das sementes florestais, nas respostas em clima temperado, na época de semeadura, densidade e profundidade ideais. Para a cobertura verde recomendamos maior densidade de semeadura e consórcio com outras espécies, inclusive herbáceas e arbustivas nativas.

Palavras-chave: Transição ecotonal; Desenvolvimento inicial; Clima temperado



ABSTRACT

Ecotonal transition regions are neglected in floristic and ecological restoration studies, despite their vast occurrence and socioeconomic relevance. The present study evaluated the emergence and initial development of forest species from the ecotonal transition between the Pampas and the Atlantic Forest, in direct seeding, using inter-row green manure (*Canavalia ensiformis*). We tested sixteen species and evaluated emergence, survival and seedling height rates monthly for twelve months. Six species emerged and established themselves, with mean emergence values of 7%, survival rate of 73% and height of 20 cm. Larger seed species had higher emergence rates. All legumes in the study emerged (*Enterolobium contortisiliquum*, *Parapiptadenia rigida*, *Bauhinia forficata* and *Mimosa bimucronata*). The pitangueira (*Eugenia uniflora*) was the only recalcitrant seed species to present emergence. The coverage of jack bean provided greater establishment for *Annona sylvatica* and *Enterolobium contortisiliquum*, with statistical significance by the Wilcoxon test. For future studies on direct seeding, we recommend further study on the quality and size of forest seeds, responses in temperate climates, ideal sowing time, density and depth. For the green cover we recommend a higher sowing density and intercropping with other species, including native herbs and shrubs.

Keywords: Ecotonal transition; Early development; Temperate climate

1 INTRODUÇÃO

Os atuais desafios das operações de restauração ecológica abrangem diversos aspectos, como o aumento de escala da restauração, a redução dos custos envolvidos na implantação dos projetos, a redução da quantidade e aumento da qualidade da mão-de-obra necessária nas manutenções e monitoramentos e a busca por técnicas complementares de adensamento e diversificação (Molin; Chazdon; Ferraz; Brancalion, 2018; Strassburg; Beyer; Crouzeilles; Iribarrem; Barros; Siqueira, 2019). Estas fronteiras técnico-científicas instigam as universidades, órgãos ambientais e institutos a testar novos métodos e abordagens e buscar por indicadores para o monitoramento que possam definir atributos seguros de ecossistemas restaurados (Oliveira; Engel, 2017), agregando o menor custo possível. Conforme o bioma e o ecossistema em que se pretende implantar um projeto de restauração, os parâmetros de estabelecimento de mudas e as expectativas de cobertura, densidade e diversidade sofrem variações e precisam ser melhor definidos, como é o caso de zonas de transição ecotonal. Para além dos desafios que dizem respeito estritamente à ecologia da restauração como ciência, também há lacunas no conhecimento científico básico sobre o desempenho de muitas espécies vegetais nativas do sul do Brasil no cenário da restauração.



A técnica de Semeadura Direta (SD) de espécies florestais tem gerado oportunidades inovadoras para a restauração ecológica brasileira, por seu potencial de fortalecimento de tecnologias sociais e de redes socioprodutivas locais (Sampaio; Motta; Perdigão; Santana; Camargo; Orlando; Mesquita, 2021), com resultados promissores sendo obtidos por organizações e pesquisadores da Amazônia, do Cerrado e da Mata Atlântica (Durigan; Guerin; Costa, 2013; Pellizzaro; Cordeiro; Alves; Motta; Rezende; Silva; Ribeiro; Sampaio; Vieira; Schmidt, 2017; Souza; Engel, 2018). A SD é uma técnica de custo relativamente baixo, que permite a introdução simultânea de plantas de diferentes formas de crescimento (Palma; Laurance, 2015), como árvores, arbustos, ervas e capins nativos, e até mesmo espécies de adubação verde como facilitadoras, dispensando a produção e o transporte de mudas. A técnica permite a mecanização e uma maior densidade de sementeira, e forma comunidades mais adaptadas às condições ambientais locais da implantação (Brançalion; Rodrigues; Gandolfi, 2015). Dentre os desafios e fronteiras científicas desta técnica, vale mencionar a necessidade de grande disponibilidade de sementes com boa qualidade fisiológica, e a quebra de dormência das sementes - um processo que depende da morfologia e fisiologia de cada espécie e requer melhorias e adaptações constantes. Em áreas com baixa resiliência ecológica e com demanda de alta diversidade de espécies florestais, os projetos de restauração podem lançar mão de várias técnicas simultaneamente e em sinergia, sendo a SD uma técnica que pode complementar a estrutura e a composição florística de uma floresta em processo de restauração (CECCON, 2015).

Tomando a sementeira direta de espécies florestais como inspiração e uma técnica promissora no âmbito das técnicas de restauração ecológica no Brasil e no mundo, o presente trabalho analisou o potencial de espécies florestais da região de transição ecotonal entre os biomas Pampa e Mata Atlântica, tendo como referências estudos da área da tecnologia de sementes, silvicultura de espécies nativas, agroecologia e restauração ecológica. Na região sul e especialmente no Rio Grande do Sul, com



condições climáticas distintas do resto do Brasil tropical, são escassos os estudos que elucidem a performance da SD das espécies florestais nativas. Estudos que utilizem plantas de adubação verde como facilitadoras em projetos de restauração ecológica também são escassos.

Este estudo tem o objetivo de avaliar a emergência e o desenvolvimento inicial de espécies florestais nativas semeadas diretamente a campo, propondo recomendações para a continuidade dos estudos e práticas com semeadura direta de espécies florestais para restauração ecológica no sul do Brasil.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul, na transição ecotonal entre os biomas Pampa e Mata Atlântica, no contato entre formações campestres e a Floresta Estacional. A região apresenta de baixo a médio potencial de regeneração natural (Rovedder; Overbeck; Pillar, 2017), o que justifica esforços na validação de estratégias de restauração ecológica que possam apresentar uma boa relação custo-efetividade.

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa - subtropical úmido com verões quentes, sem estação seca definida (Alvares, 2013). A área pertence ao município de São Pedro do Sul, com precipitação anual média em torno de 1700 mm e elevação de 173 m (INMET, 2020). O solo da área de estudo (29°36'46.8"S 53°59'44.4"O), conforme classificação *in loco* e posterior Laudo de Análise de Solo, é do tipo Argissolo Vermelho, de textura arenosa e baixa fertilidade, com histórico de mais de 20 anos de uso exclusivo para pastoreio de ovinos e bovinos.

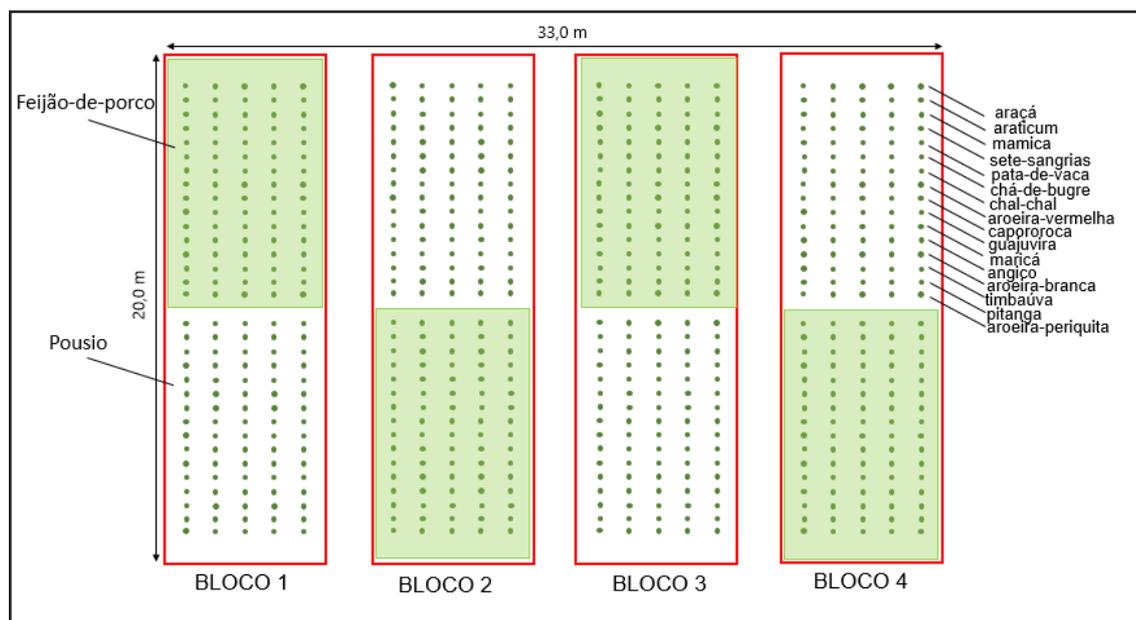
2.2 Preparo do Solo e Semeadura

O solo recebeu aração de 25cm de profundidade, em área total; na sequência



recebeu grade agrícola para desfazer os grandes agregados e nivelar a superfície. Não foi utilizado nenhum tipo de herbicida pré ou pós-emergente, e não houve correção de acidez do solo. Foram demarcados quatro blocos de semeadura, cada um com duas parcelas geminadas: uma com adubação verde na entrelinha e outra com entrelinhas em pousio. Cada parcela teve 5 linhas de semeadura espaçadas a um metro entre si, e cada linha com 16 berços espaçados a 0,5 metros entre si. Cada berço de semeadura recebeu, mediante sorteio, 5 sementes de uma das 16 espécies florestais testadas. A espécie de adubação verde testada foi o feijão-de-porco (*Cannavalia ensiformis*), devido aos relatos favoráveis ao seu uso na bibliografia (Durigan, 2013; Freitas, 2019), às experiências prévias do autor com a espécie e à disponibilidade de sementes na região. A Figura 1 mostra a disposição dos blocos e parcelas do delineamento.

Figura 1 – Croqui geral de implantação do experimento de semeadura direta de espécies florestais desenvolvido na transição ecotonal Pampa – Mata Atlântica



Fonte: Autores (2021)

A Tabela 1 mostra as espécies florestais selecionadas para o experimento. Devido à escassez de sementes florestais de qualidade na região, a densidade de semeadura



de espécies florestais foi de 10 sementes florestais por metro quadrado, distribuídas em berços com 5 sementes cada. Logo, cada metro quadrado sediou a possibilidade de 2 espécies diferentes prosperarem. Os critérios de seleção das espécies foram: (a) espécies florestais com ocorrência natural para a região; (b) espécies de diferentes nichos ecológicos; e (c) espécies disponíveis nos viveiros da região. As sementes florestais são provenientes do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA) de Santa Maria - RS, antiga Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), e nenhuma espécie recebeu tratamento para quebra de dormência. As espécies florestais foram semeadas a uma profundidade de 3,5 a 4 cm da superfície do solo, no dia 8 de outubro de 2019.

Tabela 1 – Espécies florestais testadas em semeadura direta na transição ecotonal dos biomas Pampa – Mata Atlântica

Família botânica	Espécies (nome científico e popular)	Data de coleta	Procedência	GL
Anacardiaceae	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl. (aroeira-branca)	29/03/2019	DDPA SM	13%
	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi (aroeira-vermelha)	11/07/2018	DDPA SM	18%
	<i>Schinus molle</i> L. (aroeira-salsa)	29/03/2019	DDPA SM	-
Annonaceae	<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil. (araticum)	29/03/2019	Boca do Monte	-
Boraginaceae	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill. (guajuvira)	29/03/2019	Boca do Monte	77%
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i> Link. (pata-de-vaca)	27/05/2019	DDPA SM	7%
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong (timbaúva)	30/12/2017	Boca do Monte	70%
	<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze (maricá)	28/08/2018	DDPA SM	86%
	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan (angico-vermelho)	11/07/2018	DDPA SM	85%

Continua ...



Tabela 1 – Conclusão

Família botânica	Espécies (nome científico e popular)	Data de coleta	Procedência	GL
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L. (pitanga)	14/01/2019	Boca do Monte	84%
	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine (araçá)	14/02/2019	DDPA SM	60%
Primulaceae	<i>Myrsine umbellata</i> Mart. (capororocão)	11/07/2018	Palma	-
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. (mamica-de-cadela)	01/04/2019	DDPA SM	-
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw. (chá-de-bugre)	14/01/2019	DDPA SM	-
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl. (chal-chal)	14/01/2019	DDPA SM	97%
Symploca-ceae	<i>Symplocos uniflora</i> (Pohl) Benth. (sete-sangrias)	29/03/2019	DDPA SM	10%

Fonte: DDPA (2021)

Em que: GL = taxa de germinação em laboratório logo após a coleta do lote.

2.3 Mensurações

A avaliação do desenvolvimento inicial das espécies florestais foi mensal, até completar um ano da semeadura, com observância ao número de plântulas vivas em cada berço, número de folhas emitidas por plântula e altura das plântulas.

A coleta de dados meteorológicos foi possível pelo Portal BDMEP, onde se acessou os dados da Estação Meteorológica Convencional sediada no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria - RS. Acessou-se os dados de insolação diária, precipitação diária, temperaturas mínimas e máximas diárias, umidade relativa do ar e velocidade média do vento. Buscou-se, com esses dados, subsídios meteorológicos para o entendimento dos fatores influentes nos processos de germinação e desenvolvimento das plântulas.



2.4 Análise dos dados

A estatística do trabalho foi desenvolvida no ambiente estatístico R (versão 4.0.3) utilizando o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. A comparação das médias pareadas dos tratamentos foi realizada pelos testes de Kruskal-Wallis (1952) e de Wilcoxon (1945).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O fator Espécies foi considerado significativo para as três variáveis analisadas, com p-valores entre os grupos menores que 0.05. A baixa diferenciação estatística das variáveis analisadas com o fator Cobertura (Tabela 2) se explica pela diversidade acentuada de respostas à sementeira direta entre as espécies, o que dilui o efeito dos tratamentos de cobertura no âmbito geral dos dados.

Tabela 2 – Análise comparativa pelo teste de Kruskal-Wallis para número de plântulas vivas aos 360 dias após sementeira (DAS), altura (cm) e número de folhas entre os fatores de Cobertura e de Espécies florestais ($p < 0.05$)

Variáveis	Coberturas	Espécies
Número de efetivações	0,1898	0,000217
Altura das plântulas	0,1861	0,0001758
Número de folhas emitidas	0,1875	0,0002149

Fonte: Autores (2021)

Sete espécies de quatro famílias botânicas apresentaram emergência a campo; uma destas é *Schinus terebinthifolia*, que não sobreviveu até o final do período de avaliações. As seis restantes sobreviveram, sendo quatro espécies de família Fabaceae, uma de Annonaceae e uma de Myrtaceae. Os resultados das espécies responsivas constam na Tabela 3.



Tabela 3 – Respostas por espécie e cobertura após 360 dias da semeadura direta para restauração ecológica na transição ecotonal dos biomas Pampa – Mata Atlântica

Família botânica	Espécies	TE (%)		TM (%)		TS (%)		Altura média (cm)		Qtde folhas		TEf (%)	
		P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i>	3	0	100	-	0	-	-	-	-	-	-	-
Annonaceae	<i>Annona sylvatica</i>	10	17	40	6	60	94	8.60	8.60	3.3	5.4	6	16
	<i>Bauhinia forficata</i>	2	0	0.0	-	100	-	19.25	-	21	-	2	0
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	5	14	40	29	60	71	15.67	39.38	10.7	12.6	3	10
Fabaceae	<i>Mimosa bimucronata</i>	12	11	8	18	92	82	45.20	48.50	61.1	63.9	11	9
	<i>Parapiptadenia rigida</i>	10	3	40	0	60	100	17.00	15.00	11	9	6	3
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i>	6	6	17	17	83	83	4.80	6.80	6.4	9.8	5	5
	Médias	2.8	3.2	24	14	76	86	18.42	23.66	18.92	20.14	2.1	2.7

Fonte: Autores (2021)

Em que: TE = Taxa de Emergência; P = resultados do pouso; F = resultados no feijão-de-porco; TM = Taxa de Mortalidade; TS = Taxa de Sobrevivência; TEf = Taxa de Efetivação.

Aos 30 dias após a semeadura, quatro espécies haviam apresentado emergência, são elas: timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), maricá (*Mimosa bimucronata*) e angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), as quatro espécies leguminosas do experimento. A família Fabaceae teve as mais rápidas emergências, e após um ano da semeadura todas as suas espécies representantes mantiveram indivíduos vivos. A pitanga (*Eugenia uniflora*) e o araticum (*Annona sylvatica*) apresentaram emergências no quarto e sexto mês após a semeadura, respectivamente. A aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolia*) emergiu no terceiro mês, mas nenhuma plântula sobreviveu mais de 60 dias.

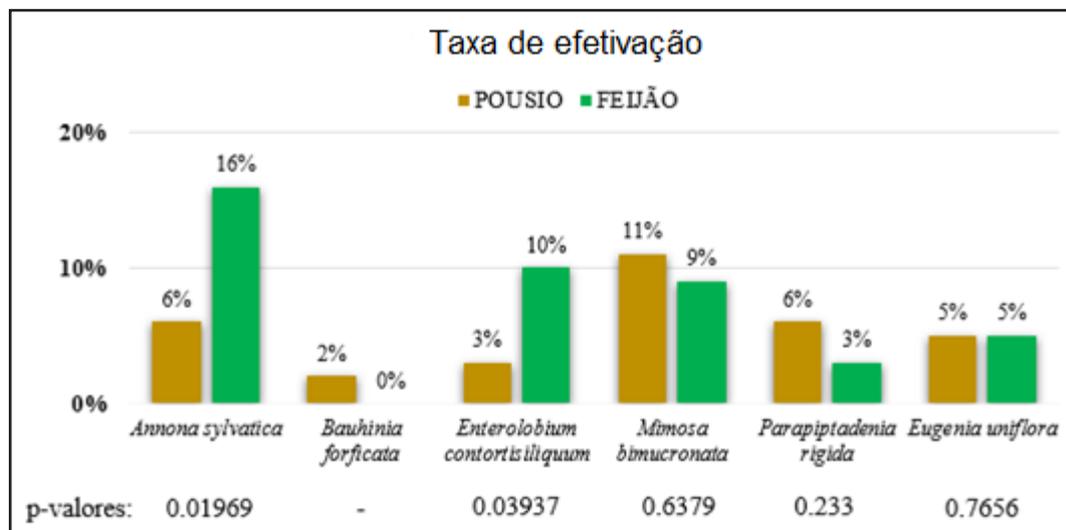
A massa e o formato das sementes são fatores de importância no desempenho da restauração, devido ao vigor, conforme observado em outros trabalhos de tecnologia de sementes e de semeadura direta (Smith; Wang; Msanga, 2002; SILVA,



2017; Passaretti; Pilon; Durigan, 2020). Das cinco espécies do experimento com PMS > 100 g, quatro delas tiveram sucesso. São elas: *A. sylvatica* (PMS = 482 g), *E. contortisiliquum* (PMS = 225 g), *E. uniflora* (PMS = 183 g) e *B. forficata* (PMS = 114 g). Embora alguns autores (Engel; Parrota, 2001; Campos-Filho; Costa; Sousa; Junqueira, 2013) considerem recomendáveis para a sementeira direta apenas as espécies com taxa de emergência igual ou superior a 10%, a incipiência da técnica nas condições regionais do presente trabalho torna precipitado o descarte de espécies nativas para a técnica, dado que as espécies que demonstraram resposta à sementeira direta superaram a ação de diversos fatores limitantes à sua performance que apenas agora estão começando a ser investigados.

A seguir, as performances das espécies responsivas à sementeira são apresentadas em seus pares de dados das duas coberturas de entrelinha em que foram testadas. Na Figura 2, a seguir, é apresentada a Taxa de Efetivação. Os p-valores apresentados são resultantes do Teste de Wilcoxon ($p < 0.05$) com os pares de dados de cada espécie.

Figura 2 – Taxa de Efetivação, separada por cobertura, das espécies florestais responsivas à sementeira direta na transição ecotonal dos biomas Pampa – Mata Atlântica

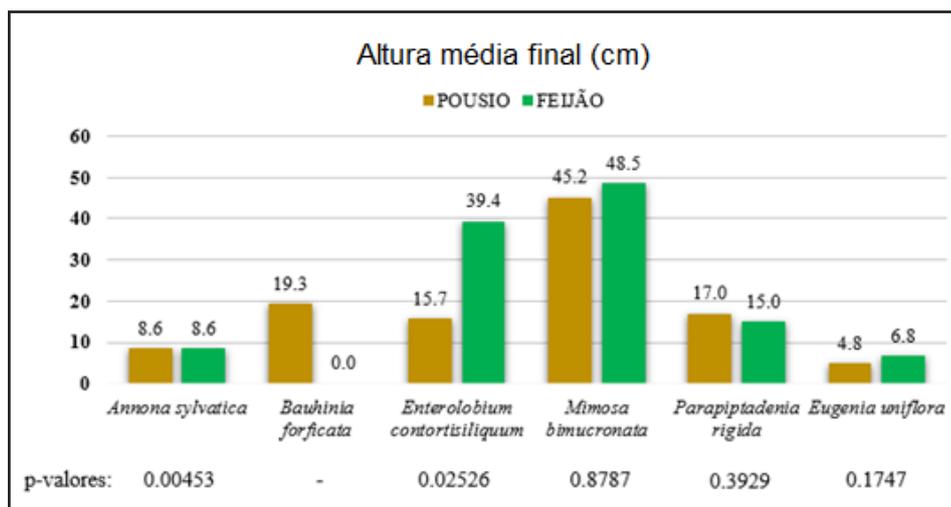


Fonte: Autores (2021)



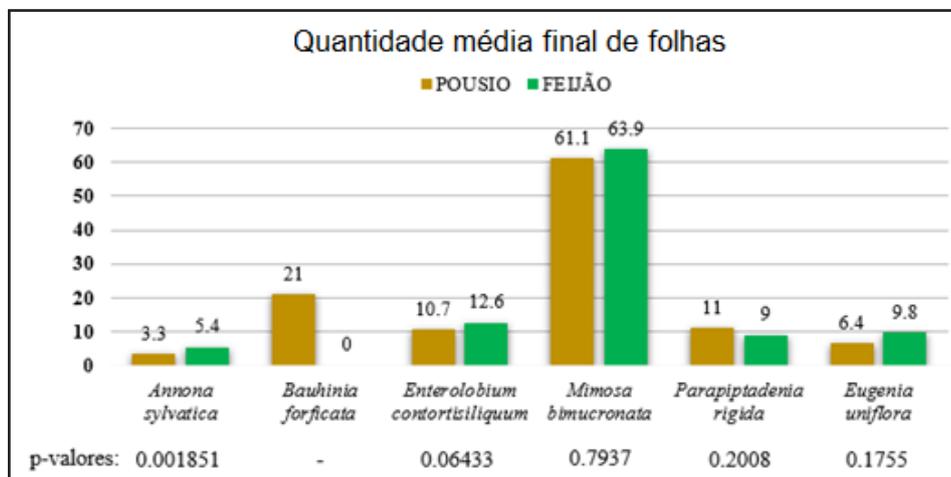
A altura média final e a quantidade média final de folhas aos 360 dias após a semeadura são apresentadas a seguir, nas Figuras 3 e 4. Os p-valores apresentados são resultantes do Teste Wilcoxon ($p < 0.05$) com os pares de dados de cada espécie.

Figura 3 – Altura aos 360 dias após semeadura direta de espécies florestais para restauração ecológica na transição ecotonal dos biomas Pampa – Mata Atlântica



Fonte: Autores (2021)

Figura 4 – Quantidade média final de folhas aos 360 dias após semeadura direta de espécies florestais para restauração ecológica na transição ecotonal dos biomas Pampa – Mata Atlântica



Fonte: Autores (2021)



Nove espécies testadas não apresentaram emergência, com fatores causais variados, de natureza endógena e fisiológica das sementes, somadas a fatores operacionais como a profundidade e a época de sementeira. Para *Lithraea molleoides* e *Symplocos uniflora* o fator mais explicativo pode ser a baixa germinação já nos testes de laboratório (13% e 10%, respectivamente). A falta da quebra de dormência é uma explicação importante para a não emergência das anacardiáceas – ou emergência pouco abundante, no caso de *Schinus terebinthifolia*.

Para as espécies com taxas de germinação em laboratório mais satisfatórias e que não emergiram, caso de *Allophylus edulis*, *Cordia americana* e *Psidium cattleianum*, com 97%, 77% e 60%, respectivamente, surge a hipótese de que não houve manutenção da viabilidade ao longo do tempo de armazenamento nas câmaras frias, de cerca de 8 meses. A manutenção da viabilidade de sementes recalcitrantes, como no caso de *Allophylus edulis*, *Casearia sylvestris* e *Symplocos uniflora* é certamente um dos maiores desafios das casas de semente, o que causa uma restrição à presença de espécies com esse tipo de semente em projetos de restauração ecológica por sementeira direta (Kettle, 2012; Rodrigues, 2019). A profundidade de sementeira praticada no experimento, de aproximadamente quatro centímetros, principalmente para as espécies com sementes pequenas e/ou pioneiras como *Cordia americana*, *Psidium cattleianum*, *Casearia sylvestris*, *Zanthoxylum rhoifolium*, *Myrsine umbellata* e *Schinus molle* pode ter sido maior que o ideal para conhecer a performance das espécies na SD. Segundo Rocha, Vieira, Campos Filho, Ferreira, Miranda, Alves, Sampaio e Antoniazzi (2020), no Guia de Sementeira Direta para florestas e cerrados, a profundidade recomendada para a sementeira de espécies florestais é de 1 a 3 centímetros.

Outro fator crucial a ser examinado é a época de sementeira. A prática adotada foi a realização da sementeira na primavera (de setembro a dezembro no hemisfério Sul), por parecer o mais adequado para espécies com ocorrência natural em área de clima temperado, com estações bem definidas e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Apesar disso, não existem estudos que testem a emergência da sementeira direta de espécies florestais em outras épocas do ano, utilizando o frio como mecanismo de quebra de dormência, por exemplo.



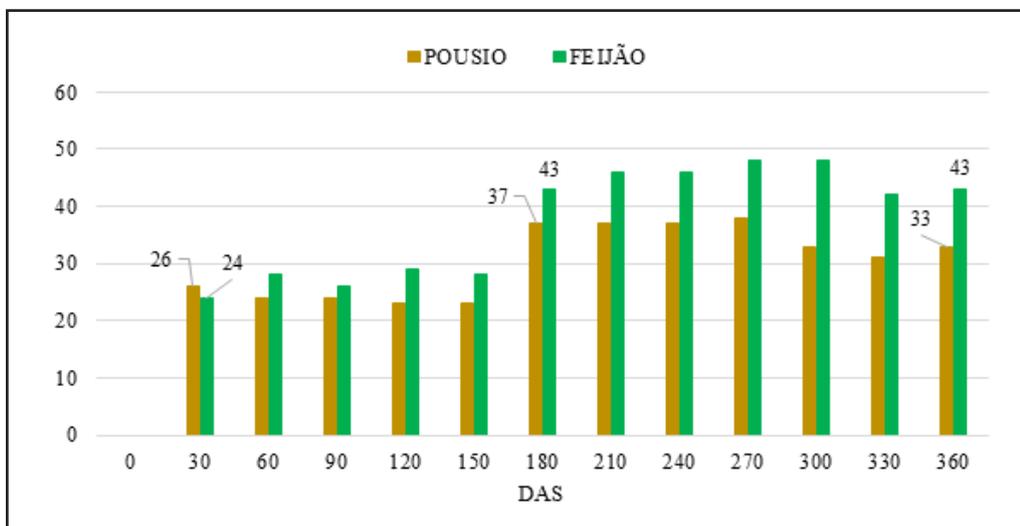
Diversos trabalhos que utilizam a muvuca de sementes consorciavam espécies forrageiras com as sementes florestais com a finalidade de abafamento das espécies gramíneas invasoras e geração de um microclima diferente da exposição direta ao sol e às chuvas (Campos-Filho; Costa; Sousa; Junqueira, 2013; Pellizzaro; Cordeiro; Alves; Motta; Rezende; Silva; Ribeiro; Sampaio; Vieira; Schmidt, 2017; Freitas; Rodrigues; Campos-Filho; Carmo; Veiga; Junqueira; Vieira, 2019; Rodrigues; Freitas; Campos-Filho; Carmo; Veiga; Junqueira; Vieira, 2019). Os mesmos autores são unânimes em destacar as gramíneas invasoras como um dos fatores mais limitantes ao sucesso da semeadura direta.

No experimento, a mortalidade das plântulas é o parâmetro em que os tratamentos de cobertura tiveram maior diferenciação (Figura 5). A menor mortalidade sob o feijão-de-porco pode ser explicada por um efeito de proteção das plântulas às oscilações de temperatura e à perda de umidade, aliado a uma redução na ocupação do solo por gramíneas espontâneas, em comparação com o pousio. O fator mais relevante para as fatalidades do trimestre final das avaliações é o frio intenso das geadas, para o qual as plântulas no tratamento de pousio estavam menos protegidas que as do feijão-de-porco. Apesar disso, até mesmo o feijão-de-porco sofreu impactos severos com o frio, que fez com que a cobertura leguminosa não se perpetuasse para o próximo ano. Das seis espécies florestais que prosperaram, somente *Eugenia uniflora* e *Mimosa bimucronata* não apresentaram perdas significativas de tecido na época das geadas.

O efeito da cobertura do feijão-de-porco no controle de espécies espontâneas ficou abaixo do esperado (Tabela 7), o que também se deve à baixa densidade com que a espécie foi implantada, de 4 sementes por m², se comparado com a densidade de cobertura utilizada em outros experimentos, como por Freitas, Rodrigues, Campos-Filho, Carmo, Veiga, Junqueira e Vieira (2019), de 3 sementes de feijão-de-porco, 1 semente de feijão-guandu e 6 sementes de crotalária por m².



Figura 5 – Número de plântulas vivas a cada 30 dias em semeadura direta de espécies florestais para restauração ecológica na transição ecotonal Pampa – Mata Atlântica



Fonte: Autores (2021)

O feijão-de-porco obteve 85 cm de altura aos 180 e 210 DAS, com sua máxima cobertura no experimento na avaliação de 210 DAS (maio de 2020), apresentando simultaneamente novos brotos e flores e dispersão autônoma de sementes. A evolução da cobertura do solo de ambos os tratamentos permitiu a constatação de que o feijão-de-porco teve baixa longevidade no experimento, com perda aguda da densidade de folhagem aos 270 DAS, com a chegada dos meses de frio na região. Um ano após a semeadura, restavam apenas os caules mortos das plantas de cobertura, com efeito nulo de sombreamento, e a densidade das espécies espontâneas estava equilibrada nos dois tratamentos. Apesar disso, a cobertura do feijão-de-porco proporcionou performance de efetivação e altura estatisticamente superior para *Annona sylvatica* e *Enterolobium contortisiliquum*.

Na Tabela 4 constam os parâmetros de desempenho das coberturas (pousio e feijão-de-porco) na emergência e desenvolvimento inicial das espécies florestais.



Tabela 4 – Desempenho dos tratamentos de cobertura após um ano de semeadura direta de espécies florestais para restauração ecológica na transição ecotonal dos biomas Pampa – Mata Atlântica

Tratamentos de cobertura	Pousio (controle)	Feijão
Taxa de Emergência	2,8%	3,2%
Taxa de Mortalidade	24,2%	13,9%
Taxa de Sobrevivência	75,8%	86,1%
Altura [cm]	18,4	23,7
Quantidade de folhas	18,9	20,1
Efetivação da semeadura	2,1%	2,7%
Espécies efetivadas	6	5
Densidade da semeadura de florestais [sementes/ha]	100.000	100.000
Densidade de plântulas obtida [ind./ha]	1,375	1,792
Distância média entre plântulas obtida [m]	3,1	2,7

Fonte: Autores (2021)

A densidade final de plântulas obtida é considerada baixa para a efetivação da restauração ecológica de ecossistemas florestais, considerando que a área conta com apenas seis espécies florestais estabelecidas. Em consonância com os resultados do presente estudo, Souza e Engel (2018) obtiveram 1.265 plântulas por hectare após dois anos em uma operação de semeadura direta com dois eventos de semeadura em pastagem abandonada no bioma Mata Atlântica. Estes autores também retratam a emergência das espécies como o principal fator de restrição na SD, ainda que com sobrevivências geralmente acima dos 60%. Já Rezende e Vieira (2019) obtiveram uma densidade de 6.000 indivíduos por hectare após três anos de semeadura no sul da Amazônia. Rodrigues, Freitas, Campos-Filho, Carmo, Veiga, Junqueira e Vieira (2019) encontraram uma densidade de 3.546 indivíduos por hectare pertencentes a 39 espécies em área com três anos após semeadura direta, em fisionomia florestal do Cerrado. Freitas, Rodrigues, Campos-Filho, Carmo, Veiga, Junqueira e Vieira (2019), analisando áreas restauradas por semeadura direta de várias idades em Mato Grosso, constataram uma média de densidade de 4.972 plântulas por hectare,



chegando a 24.000 em alguns casos. Estes pesquisadores utilizam, no estudo, uma densidade de espécies florestais maior que a do presente trabalho, da ordem de 20 a 40 sementes por m² (de 200.000 a 400.000 sementes por hectare), em que aproximadamente metade das sementes são de 15 a 20 espécies pioneiras, que crescem rapidamente e fecham a cobertura de copa, e a metade restante das sementes pertencem a 30 – 60 espécies de sucessão tardia. Estes dados revelam que a densidade de semeadura de florestais praticada no experimento poderia ter sido na ordem de, pelo menos, 200.000 sementes por hectare, para obter maior densidade de plântulas. A densidade e a diversidade da semeadura do experimento foram limitadas pela baixa disponibilidade de sementes florestais, evidenciando a falta de coletores e redes de sementes florestais nativas organizadas para atender às demandas de restauração em todo o estado do Rio Grande do Sul.

A distância média entre plântulas obtida foi semelhante ou maior que o gerado no espaçamento regular praticado em plantios convencionais de mudas em projetos de recuperação de áreas degradadas (2 x 3 m). A pequena diferenciação entre os dois tratamentos de cobertura para esse parâmetro atesta a baixa efetividade do feijão-de-porco, na densidade em que foi implantado e sem consórcio com outras coberturas de inverno, em proporcionar condições de microclima diferenciadas para o estabelecimento das plântulas florestais na SD para restauração ecológica em clima temperado. Com efeito, a paisagem final do experimento após um ano da semeadura não se diferenciou do aspecto de um plantio convencional de mudas com densa cobertura de gramíneas.

4 CONCLUSÕES

A semeadura direta de espécies florestais na transição Pampa – Mata Atlântica gerou resultados promissores para o uso na restauração ecológica em clima temperado. A timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong), o maricá



(*Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze) e o araticum (*Annona sylvatica* A.St.-Hil.) foram as espécies com as melhores taxas de emergência e efetivação no experimento, seguidos pelo angico (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan), pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link.).

Todas as espécies da família Fabaceae usadas no experimento obtiveram efetivação. Das cinco espécies com peso de mil sementes superior a 100 gramas presentes no experimento, quatro se efetivaram. Das quatro espécies de semente recalcitrante testadas, a pitangueira foi a única a apresentar emergência. Fatores como a qualidade e o tamanho das sementes florestais, a densidade, a profundidade e a época de semeadura podem ser mais profundamente investigados enquanto preditores da performance das espécies na SD. Para o aprimoramento dos resultados finais obtidos em novas implantações de SD para restauração ecológica na região, recomenda-se uma densidade de semeadura de pelo menos 200.000 sementes florestais por hectare, abordando a maior diversidade de espécies possível, viável e disponível.

A mortalidade média de plântulas no tratamento de feijão-de-porco foi reduzida à metade com relação ao pousio. A proteção contra o ressecamento fornecida pelo feijão-de-porco no verão foi mais efetiva que a proteção contra a geada, no inverno, devido à sensibilidade da própria cobertura ao frio. Para o uso de adubação verde ou mesmo de herbáceas nativas como facilitadoras ao desenvolvimento inicial de espécies florestais por semeadura direta em clima temperado, recomenda-se uma maior densidade de sementes de cobertura e consórcio com outras espécies, na observância da estação estratégica para fornecer abrigo às plântulas florestais. A cobertura do feijão-de-porco proporcionou um estabelecimento de plântulas estatisticamente superior para *Annona sylvatica* e *Enterolobium contortisiliquum*; efeito em altura somente para *E. contortisiliquum* e em quantidade de folhas para *A. sylvatica*.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; de MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22(6), p. 711–728, dez, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de textos, 2015. 431 p.

CAMPOS-FILHO, E. M.; COSTA, J. N. M. N. da; SOUSA, O. L. de; JUNQUEIRA, R. G. P. Mechanized direct-seeding of native forests in Xingu, Central Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 32, pp. 702–727, setembro de 2013. <https://doi.org/10.1080/10549811.2013.817341>

CECCON, E.; GONZÁLEZ, E. J.; MARTORELL, C. Is direct seeding a biologically viable strategy for restoring forest ecosystems? Evidences from a meta-analysis. **Land Degrad. Develop.**, v. 27, pp. 511-520. Agosto de 2015. <https://doi.org/10.1002/ldr.2421c>

DURIGAN, G.; GUERIN, N.; COSTA, J. N. M. N. da. Ecological Restoration of Xingu Basin headwaters: motivations, engagement, challenges and perspectives. **Philosophical transactions of the Royal Society**, v. 368, p. 1-9. Junho de 2013. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0165>

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 152, pp. 169–181. Outubro de 2001. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00600-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00600-9)

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

KETTLE, C. J. Seeding ecological restoration of tropical forests: Priority setting under REDD+. **Biological Conservation**, v. 154, pp. 34–41. Outubro de 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.016>

KRUSKAL, W.; WALLIS, W. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. **Journal of the American Statistical Association**, v. 47 (260): 583–621. 1952. ISSN 0162-1459. DOI: 10.1080/01621459.1952.10483441

MOLIN, P. G.; CHAZDON, R.; FERRAZ, S. F. B.; BRANCALION, P. H. S. A landscape approach for cost-effective large-scale forest restoration. **Journal of Applied Ecology**. p. 1-12. Setembro de 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13263>



OLIVEIRA, R. E.; ENGEL, V. L. Indicadores de monitoramento da restauração na Floresta Atlântica e atributos para ecossistemas restaurados. **Scientia Plena**, v. 13, n. 12. Dezembro de 2017. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2017.127301>

PALMA, A. C.; LAURANCE, S. G. W. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? **Applied Vegetation Science**, v. 18, p. 561–568. Outubro de 2015.

PASSARETTI, R.A.; PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Weed control, large seeds and deep roots: Drivers of success in direct seeding for savanna restoration. **Applied Vegetation Science**, v. 23, p. 406-416, abril de 2020. <https://doi.org/10.1111/avsc.12495>

PELLIZZARO, K. F.; CORDEIRO, A. O. O.; ALVES, M.; MOTTA, C. P.; REZENDE, G. M.; SILVA, R. R. P.; RIBEIRO, J. F.; SAMPAIO, A. B.; VIEIRA, D. L. M.; SCHMIDT, I. B. “Cerrado” restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 3, p. 681-693. Março de 2017. <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0371-6>

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

ROCHA, G. B; VIEIRA, D. L. M.; CAMPOS FILHO, E. M.; FERREIRA, M. C.; MIRANDA, E.; ALVES, M.; SAMPAIO, A.; ANTONIAZZI, L. **Guia de semeadura direta para florestas e cerrados**. 1ª ed. São Paulo: Agroicone Ltda, Iniciativa Caminhos da Semente, 2020. <https://caminhosdasemente.org.br/api/uploads/caminhos-da-semente/pdfs/Guia.pdf>

RODRIGUES, S. B.; FREITAS, M. G.; CAMPOS-FILHO, E. M.; CARMO, G. H. P.; VEIGA, J. M.; JUNQUEIRA, R. G. P.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeded and colonizing species guarantee successful early restoration of South Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 451, 117559, Novembro de 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117559>

ROVEDDER, A. P. M.; OVERBECK, G. E.; PILLAR, V. **Potencial da Regeneração natural da vegetação no Pampa**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2017. Disponível em: http://coral.ufsm.br/ccr/images/Potencial_de_regeneracao_naturalpampa.compressed.pdf

SAMPAIO, A. B.; MOTTA, C. P.; PERDIGÃO, M. A.; SANTANA, C. C.; CAMARGO, M. E.; ORLANDO, J.; MESQUITA, J. **Mercado de Sementes e Restauração**: provendo serviços ambientais e biodiversidade. Relatório 2018-2021. Rede de Sementes do Cerrado, 2021. Disponível em: <https://rededesementesdocerrado.org.br/files/relatorio-2018-2021.pdf>

SILVA, R. R. P.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeding of 16 Brazilian savana trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. **Applied Vegetation Science**, v. 20, p. 410-421, fevereiro de 2017. <https://doi.org/10.1111/avsc.12305>

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



SMITH, M. T.; WANG, B. S.; MSANGA, H.P. Dormancy and Germination. In: VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical tree seed manual**. Washington, DC: USDA Forest Service, 2002. 899p.

STRASSBURG, B. B. N.; BEYER, H. L.; CROUZEILLES, R.; IRIBARREM, A.; BARROS, F.; SIQUEIRA, M. F. Strategic approaches to restoring ecosystems can triple conservation gains and halve costs. **Nature Ecology & Evolution**, v. 3, p. 62-70. 2019. <https://www.nature.com/articles/s41559-018-0743-8>

WILCOXON, F. Individual comparisons by ranking methods. **Biometrics Bulletin**. 1 (6): 80-83, 1945.

Contribuição de Autoria

1 Matheus Degrandi Gazzola

Engenheiro Florestal, Mestre em Engenharia Agrícola

<https://orcid.org/0000-0001-9652-1895> • matheus.d.gazzola@gmail.com

Contribuição: Conceitualização; Curadoria de dados; Análise de dados; Pesquisa; Metodologia; Redação do manuscrito original; Design da apresentação de dados

2 Ana Paula Moreira Rovedder

Engenheira Florestal, Doutora em Ciência do Solo, Professora

<https://orcid.org/0000-0002-2914-5954> • anarovedder@gmail.com

Contribuição: Pesquisa; Supervisão; Escrita – revisão e edição

3 Jhonitan Matiello

Engenheiro Florestal, Mestre em Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0003-1763-3800> • jhonitan.matiello@gmail.com

Contribuição: Conceitualização; Pesquisa; Metodologia

4 Ricardo Bergamo Schenato

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Professor

<https://orcid.org/0000-0003-4268-7691> • ribschenato@gmail.com

Contribuição: Metodologia; Curadoria de dados; Análise de dados; Escrita – revisão e edição



5 Jéssica Puhl Croda

Engenheira Florestal, Doutora em Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0003-2752-5053> • jessica.croda@hotmail.com

Contribuição: Metodologia; Escrita – revisão e edição

6 Betina Camargo

Engenheira Florestal, Mestre em Engenharia Agrícola

<https://orcid.org/0000-0001-5526-1783> • betinacamargo93@gmail.com

Contribuição: Metodologia; Escrita – revisão e edição

7 Bruna Balestrin Piaia

Engenheira Florestal, Doutora em Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0001-7639-6978> • brunabpiaia@gmail.com

Contribuição: Conceitualização; Pesquisa

Como citar este artigo

GAZZOLA, M. D.; ROVEDDER, A. P. M.; MATIELLO, J.; SCHENATO, R. B.; CRODA, J. P.; Camargo, B.; PIAIA, B. B. Semeadura direta de espécies florestais para restauração ecológica na transição Pampa – Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 3, e68327, p. 1-21, 2023. DOI 10.5902/1980509868327. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509868327>. Acesso em: dia mês abreviado. ano.