



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL-UFMS
Campus DE CAMPO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL
MESTRADO



LUANDA CAROLINE PARREIRA DE PAULA

**CUSTO-EFETIVIDADE DE MÉTODOS DE IMPLANTAÇÃO DE BARU,
Dipteryx alata Vogel (Fabaceae) SOB EFEITO DE FILTROS
AMBIENTAIS**

Campo Grande - MS
Dezembro - 2021

LUANDA CAROLINE PARREIRA DE PAULA

**CUSTO-EFETIVIDADE DE MÉTODOS DE IMPLANTAÇÃO DE
BARU *Dipteryx alata* Vogel (Fabaceae) SOB EFEITO DE FILTROS
AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora: Prof.^a Dra. Leticia Couto Garcia

Campo Grande - MS
Março - 2022

Ficha Catalográfica

Paula, Luanda Caroline Parreira

Custo-efetividade de métodos de implantação de Baru *Dipteryx alata* Vogel
(Fabaceae) sob efeito de filtros ambientais

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul.

1. Cerrado, 2. Condições físico-ambientais, 3. Custos operacionais da restauração,
4. Estresse hídrico

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Instituto de Biociências

Comissão Julgadora

Prof (a). Dr. (a).
Instituição

Prof. Dr. (a)
Orientador

Dedicatória

Dedico essa dissertação a Deus, ao meu filho Eduardo, ao meu marido, minha mãe e irmãos, em especial a minha querida irmã que nos deixou saudades, Mariany de Oliveira Meira, que até o momento de sua vida na terra desejava cursar Biologia. Deus te levou para perto dele e até aqui você tem me ajudado a seguir firme na fé e na carreira. Te amarei eternamente minha irmã, o tempo jamais poderá apagar as lindas memórias e o seu lindo rosto da minha mente. Sei que onde está é bem melhor que o nosso, e espere, que em pouco tempo iremos nos reencontrar.

Te amo!

Mary para sempre em nossos corações!

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aqui todos os colaboradores em qualquer etapa da elaboração desta pesquisa de dissertação. Primeiramente ao meu Deus pois se não fosse Ele eu não teria chegado até aqui. Deus o Senhor é o meu grande e eterno amor, o meu Pai, amigo e consolo para todas as horas, me ajudou, me deu capacidade e competência para chegar até aqui, pois tu és o mestre dos mestres, o Deus da criação. Agradeço também a minha querida e maravilhosa orientadora Leticia Couto Garcia que me acolheu, me ensinou e me deu essa oportunidade e honra de ser sua orientada, tenho orgulho de fazer parte do seu time. Agradeço a toda minha família, ao meu filho Eduardo Parreira Bulhões, por me dar a honra de ser sua mãe, meu filho você me inspira a cada dia, ser sua mãe me ensinou a ser forte e me fazer capaz de muitas coisas, obrigada por ser esse bebê (atualmente com 5 meses) amável, companheiro e me ajudar a seguir e ter forças. Ao meu esposo Nathan Bulhões Oliveira por toda ajuda sempre, por me acompanhar nas idas ao campo, por me ajudar com tudo que eu sempre precisei, por me incentivar e sempre me mostrar que eu sou capaz de ser quem eu quiser, por me dar forças e animo quando eu pensei em parar, por me auxiliar em tudo e sempre estar disposto com um lindo sorriso e mãos à obra, te amo meu amor, sem você a jornada seria mais árdua e cansativa, você foi essencial nessa etapa da minha vida. A minha mãe Valda Parreira de Oliveira, a minha rainha e dona do meu coração, quem me deu à luz e me ensinou tudo que eu sei sobre caráter, dignidade e amor. A senhora é uma guerreira, a pedra mais preciosa que eu tenho na minha vida, te amo muito mãe, obrigada por sempre torcer por mim e orar para que eu pudesse ser quem eu sou hoje. Agradeço aos meus irmãos, Douglas, Marcos Vinicius, Mariany, Pedro Henrique e Ana Victória pela força de sempre, por me ajudar, por ser meus irmãos lindos e que eu amo muito, obrigada pela torcida de sempre. Amo muito vocês.

Agradeço aqui a toda equipe do Laboratório de Ecologia de Intervenção da UFMS (LEI) por toda ajuda com idas a campo, montagem de experimento, ajuda com dados, em especial a minha colega de turma Amanda Timóteo por caminhar comigo nessa jornada, a Luciana Zequim por toda ajuda em campo, auxílio e dicas com o projeto, por embarcar comigo em várias idas ao campo e fazer dar certo e a maravilhosa Leticia Reis, obrigada Le por toda ajuda, por ser essa pessoa competente que inspira a todos, obrigada por toda a dedicação que teve comigo, por me ajudar e me animar sempre, por me ajudar a ter disciplina na escrita, por me ‘co-orientar’ juntamente com a Prof^ª Leticia, saiba que você foi essencial na minha formação, te devo muito por tudo. Agradeço também à Associação de Recuperação e Conservação (ARCP) da Bacia do Guariroba, Claudinei, Maria Leonidia (Nida), Cristina e toda a equipe pela ajuda sempre, por

disponibilizar condução para idas a campo, por torcerem por mim e se esforçarem ao máximo para que o experimento desse certo, obrigada por tudo. Com isso agradeço também a WWF Brasil em nome da Paula Isla, pela parceria de sempre, pelas ajudas no campo e torcer pelo bom andamento do projeto. E também a AGRAER em nome de Ana Ajalla por fornecer as sementes de baru e ajuda com a implantação de mudas, ao Viveiro Flora Pantanal pelo fornecimento de mudas de Baru.

Aos professores do programa de pós-graduação em Biologia Vegetal da UFMS, meus agradecimentos por ajudar sempre que precisei, pelas matérias lecionadas que contribuíram muito para o meu crescimento profissional. Agradeço a toda turma de discentes do programa de 2019, formadas por meninas lindas e competentes, obrigada meninas por tornar essa jornada mais feminina, engraçada e enlouquecedora, não tenho dúvidas que o destino reserva coisas incríveis a cada uma. Agradeço a todos os meus amigos pela força e ajuda sempre em tudo, pelo meu grupo incrível de meninas, Grupo Migões por me incentivar, por me socorrer e ajudar na hora do desespero e da ansiedade, obrigada por serem maravilhosas em tudo. Amo vocês. Obrigada a todas vocês amigas lindas do meu coração.

Por fim, mas não menos importante agradeço à instituição UFMS, à CAPES pela bolsa fornecida através do Decreto nº 8.977 de 30/01/2017, ao Banco do Brasil e à fundação Banco do Brasil pelo financiamento do projeto de restauração que permitiu a instalação dos experimentos e assim ao andamento do projeto e dissertação. Agradeço também a todos os membros da banca pelo tempo e pela disponibilidade de contribuir com essa dissertação e pela honra da sua presença.

SUMÁRIO

Resumo	08
Abstract	10
Objetivos.....	12
Artigo: Custo-Efetividade de métodos de implantação de Baru <i>Dipteryx alata</i> Vogel (Fabaceae) sob efeitos de filtros ambientais	
Introdução	13
Material e Métodos.....	15
Resultados.....	22
Discussão.....	31
Conclusão.....	39
Referências.....	40
Material suplementar.....	48

Resumo

A melhoria nos custos e efetividade das ações de plantios para restauração ecológica tem sido almejada cada vez mais. No entanto, a existência de filtros ambientais em áreas em processo de restauração são obstáculos para atingir esse sucesso, podendo aumentar os custos e diminuir a efetividade. Comumente, técnicas de restauração via plantio de mudas e semeadura direta têm sido utilizadas na maioria das implantações onde a restauração ativa é necessária. No caso de mudas utiliza-se o polímero de hidrogel para melhorar as condições hídricas no local e na semeadura, o bom armazenamento das sementes ao longo do tempo, posto que após a colheita elas são estocadas até o momento da implantação, tem sido umas das principais causas para o sucesso da emergência em campo. Diante dessa realidade, nós comparamos o custo e efetividade do plantio de mudas todas com hidrogel e semeadura direta com e sem hidrogel, em dois tempos de armazenamento, sob efeito de diferentes filtros ambientais (herbivoria e estresse hídrico comparados à ausência desses filtros) em *Dipteryx alata* Vogel, uma espécie de interesse econômico do Cerrado. Para avaliar o desempenho dos dois métodos, analisamos a sobrevivência, taxa de crescimento relativo (TCR) da altura, do diâmetro e da área da copa, bem como cobertura de solo exposto e gramíneas invasoras comparados por análise de variância ANOVA. Realizamos testes de germinação conduzido em laboratório a fim de comparar as sementes armazenadas após diferentes períodos. Nossos resultados demonstram que em áreas sob maiores graus de filtros ambientais (herbivoria e estresse hídrico), ambas as técnicas não atingem uma porcentagem alta de sobrevivência. No entanto, quando o grau desses filtros não é nítido, a sobrevivência é alta para os dois métodos (semeadura e plantio de mudas), enquanto, sob efeito de herbivoria, o tipo de técnica não interfere para alcançar uma sobrevivência maior que 6% e sob estresse hídrico o plantio de mudas a taxa de sobrevivência é >50%. O uso de hidrogel não aumentou a sobrevivência no geral, sendo, portanto, seu uso dispensável nestas condições (ressaltando que a implantação foi no fim da estação seca, ou seja, seu uso no início da estação chuvosa ainda precisa ser investigado). A germinação das sementes com menor tempo de armazenamento em laboratório atingiu uma porcentagem 50% superior à das sementes com maior tempo de armazenamento, já em campo essa diferença na sobrevivência não foi observada. O crescimento das plântulas foi principalmente influenciado pelos filtros ambientais. Nem os filtros avaliados e nem os tratamentos influenciaram a invasão de gramíneas nem a presença de solo exposto. Pelo fato das mudas plantadas apresentarem uma sobrevivência significativamente maior, quando se avalia o melhor custo e efetividade de forma

geral (e incluindo os efeitos dos filtros), elas possuem melhor custo efetividade, sendo o arranjo mais indicado. Comparado às condições favoráveis, a herbivoria se torna mais de 20 vezes mais custosa enquanto que o estresse hídrico triplica o custo-efetividade da restauração. Este resultado especificamente é de suma relevância, uma vez que demonstra claramente a previsão do aumento dos custos da restauração sob cenários futuros de mudanças climáticas, considerando previsão da diminuição da precipitação. Concluimos que os filtros ambientais avaliados afetam diretamente o custo efetividade dos dois métodos de implantação estudados para a espécie *D. alata*, assim, devem ser consideradas no planejamento a fim de alcançarmos as metas de restauração nacionais e globais.

Palavras-chave: Condições físico-ambientais, Custos operacionais da restauração, Ecologia da restauração, Plantas alimentícias nativas, Recuperação.

Abstract

Improving the cost-effectiveness of planting actions for ecological restoration has been increasingly sought. However, the existence of environmental filters in areas undergoing restoration are obstacles to achieving this success, which may increase costs and reduce effectiveness. Moreover, restoration techniques via seedling planting and direct seeding have commonly been used in most implantations where active restoration is required. In the case of seedlings, the hydrogel polymer is used to improve the water establishment on site and at sowing, the good seed storage over time, since after harvest they are stored until the time of implantation, has been one of the main causes for the success of the field emergency. Given this reality, we have compared the effective cost of planting seedlings all with hydrogel and direct seeding with and without hydrogel, in two storage times, under the effect of different environmental filters (herbivory and water deficit compared to the absence of these filters) in *Dipteryx alata* Vogel, a species of economic interest from the Cerrado. To evaluate the performance of the two methods, we analyzed survival, relative growth rate (RGR) of height, diameter and crown area, as well as exposed ground cover and weed grasses compared by analysis of variance ANOVA. We performed germination tests conducted in laboratory in order to compare seeds stored after different periods. Our results demonstrate that in areas under higher degrees of environmental filters (herbivory and water deficit), both techniques do not achieve a high percentage of survival. However, when the degree of these filters is not clear and, survival is greater for both methods (seedlings and planting seedling), while, under the effect of herbivory, the type of the technique does not interfere to achieve a survival greater than 6% and under water deficit planting seedlings the survival rate is >50%. The use of hydrogel didn't increase survival in general, and, therefore it's use is not noticeable under these conditions (noting that the implantation was at the end of the dry season, that is, its use at the beginning of the rainy season still needs to be investigated). The germination of seeds with shorter storage time in the laboratory reached a percentage 50% higher than that of seeds with longer storage time, but in the field this difference in survival was not observed. Seedling growth was mainly influenced by environmental filters. Neither assessed filters nor treatments influenced grass invasion nor the presence of exposed soil. Due to the fact planted seedlings presented a significantly better results, when evaluating the best cost-effectiveness in general (and including those of the filters), they have better cost-effectiveness, being the most suitable arrangement. Compared to favourable conditions, herbivory is more than 20 times higher while

water deficit triples the cost-effectiveness of restoration. This result is specifically relevant as it clearly demonstrates the forecast of the increase in restoration costs under future climate change scenarios, considering the forecast of a decrease in precipitation. We conclude that the assessed environmental conditions directly affected the cost-effectiveness of both methods of implementation to the *D.alata* specie, therefore, the environmental conditions must be considered in the planning in order to achieve national and global restoration goals.

keywords: Physical-chemical conditions, Restoration Ecology, Restoration operating costs, Native food plants, Recovery.

Objetivos

Geral:

Avaliar o desempenho ecológico e o custo-efetividade do plantio de mudas e da semeadura direta de uma espécie nativa alimentícia de relevante potencial uso econômico: *Dipteryx alata*, (Vog.) (Fabaceae), sob efeito de filtros ambientais, como herbivoria e estresse hídrico, comumente existentes em áreas em restauração.

Específicos:

- Avaliar a sobrevivência do plantio de mudas e semeadura direta em *Dipteryx alata* sob os efeitos dos filtros ambientais;
- Comparar o crescimento através da altura, diâmetro e comprimento de cobertura da copa do plantio de mudas provenientes de plantio e de semeadura direta de *Dipteryx alata* sob os efeitos dos filtros ambientais;
- Avaliar a sobrevivência de plântulas e estabelecimento da semeadura direta em sementes com dois tempos de armazenamento (7 e 19 meses pós colheita) e a eficácia do hidrogel nessas implementações;
- Avaliar os custos financeiros e operacional dos dois métodos de restauração (plantio de mudas e semeadura direta) sob os efeitos dos filtros ambientais.

1. Introdução

Escolher a melhor técnica de restauração ecológica a ser implantada é uma das preocupações quando se planeja ações de intervenção em áreas degradadas. O plantio de mudas ainda é o método mais comumente utilizado no mundo todo, seguido da sementeira direta para restauração de florestas tropicais (Palma & Laurance, 2015). No Brasil não é diferente, ambas as técnicas são comuns e possuem uso atribuído principalmente a biomas florestais, mas um maior uso de sementeira em biomas não-florestais (Guerra et al., 2020).

Grande parte dos gargalos que podem prejudicar o sucesso da restauração está relacionada à interferência de filtros ambientais sob o desempenho dos indivíduos implantados sob diferentes técnicas de restauração, refletindo no estabelecimento de mudas e sementes (Hobbs & Norton, 1996; Fattorini & Halle, 2004; Nuttle, 2007). As condições locais, como a presença de estresse hídrico, predação de sementes/herbivoria e competição, são considerados filtros capazes de afetar a sobrevivência e o desenvolvimento em campo (Palma & Laurance 2015; Grossnickle & Ivetic 2017).

Quanto aos filtros abióticos, em ambientes sujeitos à escassez hídrica e considerando etapas críticas iniciais, o estresse hídrico afeta, nas sementes a germinação e nas mudas o estabelecimento e a sobrevivência, sendo que o uso de gel hidrofílicos (hidrogel) tem sido um aliado da restauração para plantio de mudas e sementes (Henderson & Hensley, 1987; Landis & Haase, 2012). Na sementeira direta, além do seu uso em espécies de cultivo agrônomo (Manonmani et al., 2019), o uso do hidrogel também já foi avaliado em três espécies nativas e se observou a sua desvantagem na sementeira em relação a estabelecimento e sobrevivência das plântulas (Souza et al., 2020), porém para outras espécies esse padrão não foi confirmado. Já com relação ao plantio de mudas, o hidrogel apresenta efeito positivo no momento da implantação quando ocorre na época de seca e veranico, representando, assim, uma boa alternativa do seu uso para restauração (Fonseca et al., 2017). No entanto, deve-se ainda considerar a adaptação individual de espécies à tolerância ao estresse hídrico (Monteiro, 2016).

Outros filtros ambientais que podem ocorrer são os filtros bióticos como, a predação/herbivoria e competição com espécies exóticas (Lima et al., 2016; Reis et al., 2019) são pouco estudadas em projetos de restauração, apesar de serem algumas das maiores causas de mortalidade de mudas implantadas (Moles & Westoby, 2004). A competição exercida por gramíneas exóticas reduz o estabelecimento e sobrevivência tanto de mudas de pequeno porte e de plântulas recém-germinadas (Passaretti et al., 2020), sendo que a susceptibilidade à

herbivoria também pode ser afetada pela presença dessas gramíneas (Pires et al., 2012). Se tratando de sementeira, espécies invasoras competem com a emergência em campo com as nativas por recursos como água, luz, nutrientes do solo, dificultando e reduzindo o sucesso do estabelecimento das plântulas (Silva et al., 2015; Passaretti et al., 2020). Além dos filtros ambientais, aspectos relacionados à redução do vigor durante a fase de estocagem pós colheita, podem gerar desvantagens na germinação e sobrevivência em campo (Sano et al., 2016; Vitis et al., 2020). Apesar do armazenamento ser um mecanismo viável e econômico para a conservação da diversidade genética, é necessário considerar o tempo de armazenamento, tipo de estocagem, temperatura e secagem das sementes (Merritt, 2011).

Por outro lado, os custos financeiros da restauração são influenciados pela necessidade maior ou menor do controle para superação desses filtros ambientais e também são considerados fatores essenciais para a viabilidade das técnicas na restauração ecológica. Sendo que poucos estudos contabilizam o efeito destes filtros sobre os custos (Kimball et al., 2015), mas, as vezes contabilizados pelas etapas as quais esses filtros afetam (Brancaion et al., 2019). Assim, as decisões quanto ao uso de mudas ou sementes estão relacionadas ao melhor custo-efetividade podendo ser influenciada por estes filtros ambientais. Sabe-se que a economia gerada pelo uso da sementeira direta na restauração ecológica é superior (50% mais barata) quando comparada ao plantio de mudas (Palma & Laurance, 2015; Ceccon et al., 2016). Ainda mais quando são consorciadas com espécies de leguminosas e não há a necessidade de algum tipo de processamento para quebra de dormência das sementes, assim, a sementeira se torna menos custosa quando desejamos inserir uma grande quantidade de espécies na área a ser restaurada (Raupp et al., 2020). Os custos também podem variar de acordo com os métodos utilizados para fins de superação dos filtros ambientais. Como através do uso de protótipos para este fim, como por exemplo o Nucleário, que, ao ser colocado no coroamento de mudas pode diminuir os efeitos de gramíneas invasoras, aumentando assim o crescimento em área de copa, ou também como o uso do papelão (caixa de pizza) no coroamento, que proporciona um melhor custo-efetividade (Benites et al., 2020). Melhor custo-efetividade na restauração também pode ocorrer pelo uso de adubação verde, a fim de diminuir a herbivoria das mudas nativas e a cobertura de gramíneas invasoras (Reis et al., 2020).

Perante a grande demanda para restauração do Cerrado e a necessidade de valorização de suas espécies nativas, este estudo tem por objetivo geral avaliar o desempenho ecológico e o custo-efetividade do plantio de mudas e da sementeira direta da espécie *Dipteryx alata*, (Vog.) (Fabaceae), sob efeito de filtros ambientais, como herbivoria e estresse hídrico, comumente

existentes em áreas em restauração. Portanto, o presente estudo visa investigar as seguintes hipóteses:

- (1) Em locais onde os filtros ambientais são minimizados, os dois métodos de implantação poderão apresentar alta sobrevivência, porém, considerando o custo-efetividade, esperamos que a semeadura direta será mais indicada do que o plantio de mudas, devido à não necessidade de etapas custosas como cultivo em viveiro, transporte de mudas, etc;
- (2) Sementes com menor tempo de armazenamento possuirão melhor taxa de germinação e desempenho em campo em todas as áreas implantadas;
- (3) Em áreas com estresse hídrico esperamos que o hidrogel atuará como propulsor da emergência das sementes em campo;
- (4) Em locais sob efeito de estresse hídrico as mudas alcançarão sobrevivência maior, dada ao processo de rustificação que são submetidas em viveiro e pela necessidade da água para germinação das sementes semeadas;
- (5) Nas áreas com efeito de herbivoria as mudas plantadas poderão apresentar melhor custo-efetividade uma vez que, apesar de se esperar alcançarem maior tamanho de copa e portanto, mais folhas a serem herbivoradas, seu melhor enraizamento permitiria melhor recuperação pós-dano foliar.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em quatro propriedades: Estância Dois Irmãos (20°34'35.81"S; 54°19'56.71"O); Fazenda Crescente (20°32'25.29"S; 54°19'31.92"O); Fazenda Paraíso (20°37'57.92"S; 54°17'47.20"O) e Fazenda Paraíso e Natureza (20°37'18.92"S; 54°16'47.26"O), inseridas em Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs) da Área de Proteção Ambiental (APA) dos Mananciais do Córrego Guariroba (**Figura 1**), no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul (MS). A atividade realizada nessas propriedades é basicamente pecuária extensiva, e em torno de 82% desses territórios são ocupados por paisagem artificial e pertencem ao bioma Cerrado (PMCG, 2007). A composição do solo das quatro propriedades é caracterizada por frações de areia, segundo argila e por último silte, são predominantemente arenosos, areno-argilosos ou eventualmente argilo-arenosos, com capacidade de retenção de água baixa (Plano de Manejo APA do Guariroba, 2020) (**tabela S2 e S3**). O experimento foi implantado em áreas com fitosionomia de Matas Ciliares próximas a

curtos d'água, sendo apenas uma área mais distante do curso d'água, área de Reserva Legal, que foi delimitada como continuação da APP da propriedade, Fazenda Paraíso e Natureza.

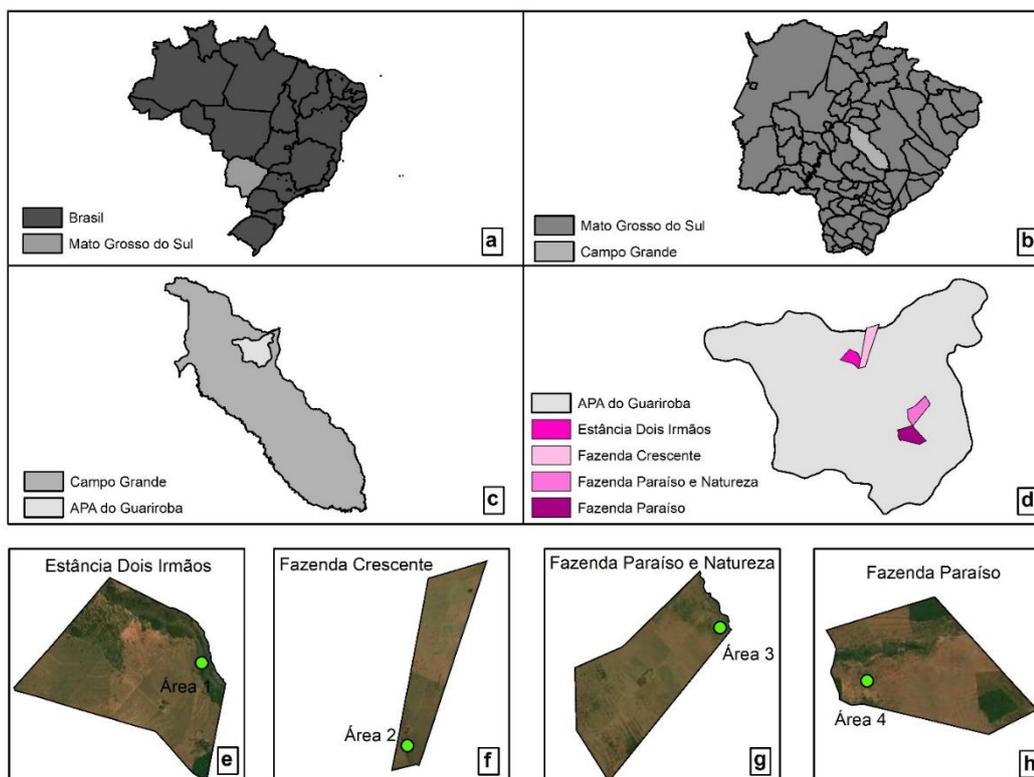


Figura 1. Mapa da localização geográfica Área de Proteção Ambiental (APA) dos Mananciais do Guariroba, localizada no município de Campo Grande - MS e das quatro propriedades onde foi realizado os experimentos, sendo (a) Brasil, (b) Mato Grosso do Sul, (c) Município de Campo Grande, (d) Área de Proteção Ambiental (APA) do Guariroba, (e) Estância Dois Irmãos (f) Fazenda Crescente (g) Fazenda Paraíso e (h) Fazenda Paraíso e Natureza. Fonte (PMCG).

2.2 Espécie estudada

Dipteryx alata (Vogel), conhecida popularmente como baru ou cumbaru (Fabaceae), ocorre em formação de Cerrado e Cerradão (Macedo, 1992) e é uma das espécies nativas mais favoráveis para uso na restauração devido à sua alta germinação (cerca de 80%), estabelecimento de mudas e emergência rápida da plântula (Sano et al., 2004) atingindo alta sobrevivência via plantio de mudas (Benites et al. 2020). Sua semente possui alta germinação mesmo quando inserido com o fruto, assim, sem realizar a escarificação para quebra de dormência, o que garante também proteção contra a dessecação (Silva & Viera, 2017). Uma espécie de grande interesse econômico, com dispersão barocoria e zoocória no qual morcegos, bovinos, cupins, formigas, araras, cutias e pequenos besouros se alimentam do caroço e favorecendo a germinação da semente (Macedo et al., 2000) e também é amplamente utilizada,

desde quebra vento, uso madeireiro (Ajalla et al., 2012), abrigo para animais em pastagens, fonte de renda familiar pela comercialização de suas amêndoas, uma vez que nos alimentamos dessa semente por possuir grande valor proteico superando o da castanha de caju e amendoim (Ajalla et al., 2012; Ferreira et al., 2018), uso da sua polpa na culinária, e extração do seu óleo para uso medicinal (Corrêa et al., 2000). O rendimento para a produção da castanha equivale a 1,6 kg por planta e para o consumidor o valor pode variar de R\$ 60,00 a R\$120,00/Kg (US\$11,03 a US\$22,06, dólar cotado a US\$5,44 27/04/2021) (Melo et al., 2017). Considerando a densidade da espécie em determinadas fitofisionimais, que varia de 5 a 143 indivíduos por hectare (Soares et al., 2008), e o uso dessa espécie para a complementação de renda familiar pode ser uma alternativa considerável. Em cultivo comercial podem produzir 19 toneladas de polpa e 850 Kg de amêndoas em 1 hectare (Ferreira et al., 2018).

2.3 Delineamento experimental

A espécie de interesse foi implantada em um projeto de restauração em uma área de 0,5 hectares em cada fazenda, totalizando dois hectares, em modelo de Sistema Agroflorestal (SAF) biodiverso, com uso de plantio de mudas de 23 espécies nativas com espaçamento de 3m x 2m, baru (5m x 3m) e 2 espécies exóticas de adubo verde (espaçamento 1m x 1m) (total de 25 espécies) (**Tabela S1**). O nosso experimento foi inserido dentro destes SAFs com as linhas com uso apenas de baru (*D. alata*) inseridas a um espaçamento de 5m x 3m tanto de mudas quanto de sementes (Sano et al., 1994) (**Figura 2**).

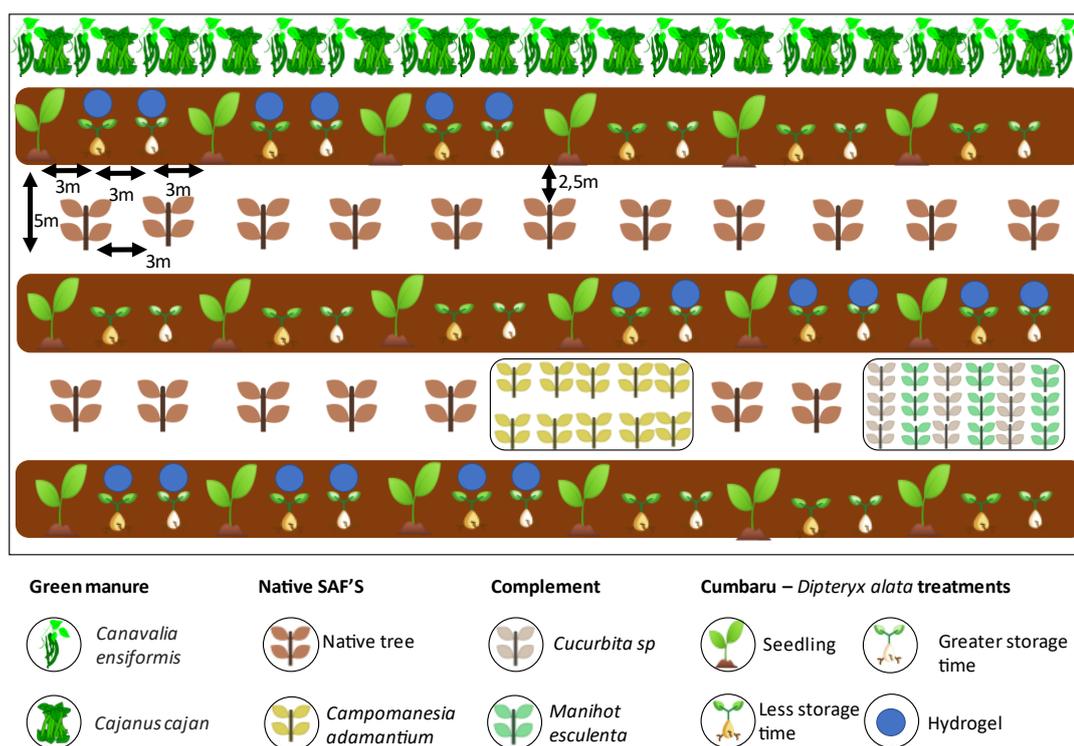


Figura 2. Modelo de Sistema Agroflorestal introduzido nas quatro propriedades (Estância Dois Irmãos, Fazenda Crescente, Fazenda Paraíso e Fazenda Paraíso e Natureza) com linhas de adubos verdes (feijão de porco e feijão guandu). Contendo 3 linhas do experimento com mudas e sementes de *Dipteryx alata* com tratamentos com menor tempo de estocagem (7 meses após a colheita), com hidrogel (LST_H), menor tempo de estocagem, sem hidrogel (LST_NH), maior tempo de estocagem, com hidrogel (GST_H), maior tempo de estocagem (19 meses após a colheita), sem hidrogel (OS_NH) e mudas (S) com hidrogel. Intercaladas com plantio de mudas nativas e plantio de guavira, mandioca e abóbora, com espaçamento 2x1. (**Tabela S1**). O modelo é ilustrativo.

Com este mesmo desenho, implantamos 28 mudas por área/propriedade, totalizando 112 mudas. No momento do plantio de mudas, dentro de cada berço cuja profundidade que o perfurador cavou foi em torno de 40cm, a fim de descompactar o solo e cuja parte da terra revolvida foi devolvida, aplicamos em todas as mudas um litro de hidrogel hidratado por berço (**Figura S2.a e b**), mesma quantidade aplicada em estudo de semeadura implantado com solo similar (arenoso de baixa fertilidade e acidez moderada, ver em: Souza et al., 2021) para a adaptação hídrica das mudas em um primeiro momento no campo, e por ser uma exigência de execução do plantio de mudas estabelecido no contrato do gestor e financiador do projeto. Durante a execução da semeadura, incluímos três sementes despulpadas por berço, as sementes

com 19 meses de estocagem foram retiradas dos frutos de forma mecanizada com quebrador de baru (Bambil et al., 2011) e as com 7 meses de estocagem não foram informadas a forma de remoção, mas possivelmente foram despulpadas de forma similar, pois estavam intactas. Assim, totalizando 672 sementes (168/área) dispostas em berços alternando o uso de hidrogel na semeadura, dentro dos berços, proveniente de dois tempos de estocagem (7 e 19 meses após a colheita) com 84 sementes/área cada tempo de estocagem (total de 14 berços por tratamento). Os berços foram abertos da mesma forma que os para uso de mudas (perfurador cavou foi em torno de 40cm, a fim de descompactar o solo e cuja parte da terra revolvida foi devolvida) e as sementes do tratamento com hidrogel foram inseridas dentro do berço com gel até ficarem cobertas com o gel e parte da terra revolvida reinserida para cobrir as sementes em alguns centímetros (~5cm) (**Figura S3**). Para cobertura de solo exposto e de gramíneas exóticas, avaliamos através de estimativa de taxa de porcentagem dessas na circunferência do entorno do berço a olho nú.

Durante o monitoramento, observamos efeitos de filtros ambientais atuando sobre o experimento e que foram distintos em cada área. O efeito biótico causado por herbivoria, atestado pela observação direta ou indireta do consumo ou danos às plântulas pelo gado e outros animais de criação e por animais silvestres, como antas e porcos-do-mato, foram constatados nas Fazendas Paraíso e Paraíso Natureza. O efeito abiótico de estresse hídrico pós-implantação ocorreu na Estância II Irmãos, devido a implantação ter sido realizada no final do mês de maio, fim estação chuvosa, e no local não houve chuva nas primeiras semanas após o plantio e semeadura, sendo diferente do que ocorreu na Fazenda Crescente, onde a implantação foi no início de abril e houve chuva com frequência nas duas primeiras semanas e também distinto do que houve nas outras duas áreas experimentais (Fazendas Paraíso e Paraíso Natureza) onde ocorreram chuvas pontuais. Esses episódios de chuvas concentradas localmente em algumas regiões, e em outras não, é um fenômeno comum na APA do Guariroba e que temos acompanhado na região ao longo destes anos de estudo, em que ocorrem chuvas em pontos isolados. Em uma das áreas experimentais, Fazenda Crescente, não foram observados efeitos destes filtros visíveis em campo (houve chuva mais regular e a herbivoria não foi detectada) e a classificamos, portanto, como “sem efeito”. Acreditamos que os efeitos ambientais encontrados são de grande importância ecológica quando consideramos a viabilidade de técnicas de restauração e custo-efetividade. Portanto, incluímos os efeitos das mesmas nas análises de dados para explicação de possíveis resultados. Ressaltamos que, apesar de não ser

recomendado implantação no fim da estação chuvosa, a implantação foi feita em abril, devido a questões de prazo de execução do financiador.

2.4. Análise de dados experimentais

Calculamos a Germinação (%), Tempo médio de Germinação (TMG) dado pela fórmula: $TMG = (\sum n_i \cdot t_i) / \sum n_i$, sendo n_i = número de sementes germinadas por dia; t_i = tempo de incubação; $i = 1 \rightarrow 63$ dias. Unidade: dias. (Labouriau, 1983).

Para avaliar a eficácia de cada técnica de restauração, comparamos as variáveis dependentes: germinação, sobrevivência, taxa de crescimento (altura, diâmetro e copa), taxa de cobertura por espécies de gramíneas invasoras e taxa de solo exposto, com os tratamentos e tipo de área amostrada em medidas repetidas (monitoramento ao longo de 12 meses). Para a análise estatística, os dados percentuais (%) bromatológicos foram transformados em arcsin-sqrt (transformação Arcsine de Warton & Hui, 2011) para obter homogeneidade de variância. Todas as variáveis apresentaram distribuição normal e foram avaliadas pelo teste paramétrico ANOVA fatorial. Todos os testes, quando significativos, foram comparados pelo teste *a posteriori* Tukey HSD (Tukey, 1949). Comparamos a germinabilidade em dias e sobrevivência/crescimento-alometria em função do tempo em meses por meio de um modelo de regressão múltipla. O crescimento em altura e diâmetro foi transformado em Taxa de Crescimento Relativo (TCR) dada pela fórmula: $TCR = \ln P_2 - \ln P_1 / t_2 - t_1$. O Tempo Médio de Germinação foi descrito no texto como (TMG), Velocidade Média de Germinação como (VMG), média (μ) e desvio padrão (dp). Analisamos todos os dados com o software RStudio (R Core Team, 2018).

2.5 Análise dos custos e rendimento operacional

Para análise dos custo-efetividade de cada forma de implantação, avaliamos o rendimento operacional da implantação e os custos financeiros de acordo com cada tratamento a fim de comparar e quantificar o investimento inicial de implantação para a espécie baru (*D. alata*). Calculamos os custos financeiros a partir da média de três orçamentos: aquisição de sementes e mudas de baru e dos insumos de todos os materiais utilizados. Também consideramos outros custos que foram semelhantes em todos os tratamentos como, os insumos de preparo do solo, que são herbicida glifosato, calcário dolomítico e adubo NPK 04-30-10. Consideramos também valor da hora/máquina da roçadeira, motocoveadora e da gasolina para esse maquinário e o valor da mão de obra, tendo assim, o cálculo dos custos totais.

Para o rendimento operacional por método consideramos 2 dias de plantio e um total de 28 mudas plantadas por 2 pessoas em 4h de serviço/dia e um total de 168 sementes semeadas por 2 pessoas em 4h de serviço/dia. Para remuneração pessoal, consideramos o valor médio diário da mão-de-obra (R\$ 80,00, valor orçado no primeiro semestre de 2020) na região de Mato Grosso do Sul, Brasil. Calculamos o valor por plântula e por hectare, dividindo o custo total (+ insumos de preparo do solo) pelo número de plântulas em um hectare, considerando como espaçamentos com finalidade de obtenção de frutos e recuperação de áreas degradadas 5mx5m (Sano et al., 1994) e 3mx3m (Siqueira et al., 1993), consideramos o ideal para a nossa implantação, o espaçamento de 5m x 3m: 666 mudas do Baru/ha, a fim de intercalar assim com outras espécies nativas do Cerrado. Portanto, para este cálculo do custo total por hectare, para as mudas usamos o valor de 666 mudas e para o mesmo cálculo para semeadura em covetas, consideramos no cálculo a implantação de 3 sementes por berço, conforme fizemos, mesmo que desbastando as demais, mas a fim de garantir 1 semente emergida por berço. Calculamos o custo-efetividade por método (tratamento) e filtro ambiental de área em valor/plântula, considerando o número de indivíduos sobreviventes para cada método de implantação. Ou seja, ao final de um ano, calculamos a proporção de estabelecimento/custos de muda/plântula viva de cada tratamento. Nestes cálculos, enfatizamos que além de todos os custos já mencionados na sessão anterior (ex: insumos, preço da muda e quilo de sementes), consideramos para os cálculos os custos de 1 muda por berço (sem replantio caso houvesse mortalidade) e de 3 sementes por berço (neste caso, usamos essa quantidade na implantação, ou seja, no tempo zero para tentar garantir a emergência de pelo menos uma por berço a qual foi acompanhada a partir do 1º monitoramento (49 dias), ressaltando que os berços em que não houve emergência das sementes, consideramos como sobrevivência zero). Assim, obtivemos o valor investido de cada planta viva após um ano de experimento. Também calculamos a magnitude de sobrevivência considerando a diferença da média (%) de sobrevivência por tratamento e filtro ambiental. No caso do efeito de filtros, calculamos a magnitude de diferença entre a sobrevivência sem efeito de filtros com cada um, (e.g., magnitude da diminuição da sobrevivência por estresse hídrico em relação a ausência de efeito de filtros e o mesmo para herbivoria). Por se tratar de um estudo experimental, não consideramos os custos administrativos, laborais e de receitas envolvidos.

3. Resultados

Germinabilidade e sobrevivência

Os testes de germinação em laboratório com as sementes dos dois tempos de estocagem de *D. alata* demonstraram uma germinação geral média de 66%, sendo que as com menor tempo de estocagem germinaram significativamente mais ($dp = 10,4$, $p < 0,002$) do que as com maior tempo de estocagem ($dp = 7,2$; $p < 0,001$). Ao longo dos 42 dias, a germinação chegou até 91% para as sementes de menor tempo de estocagem, enquanto as de maior tempo de estocagem foi menos da metade (41%) (**Figura 3**). O TMG apresentado foi diferente para os tempos de estocagem das sementes variando 2 dias entre elas (24,7 dias, $p < 0,05$ (sementes de menor tempo) e 26,5 dias $p < 0,05$ para maior tempo de estocagem).

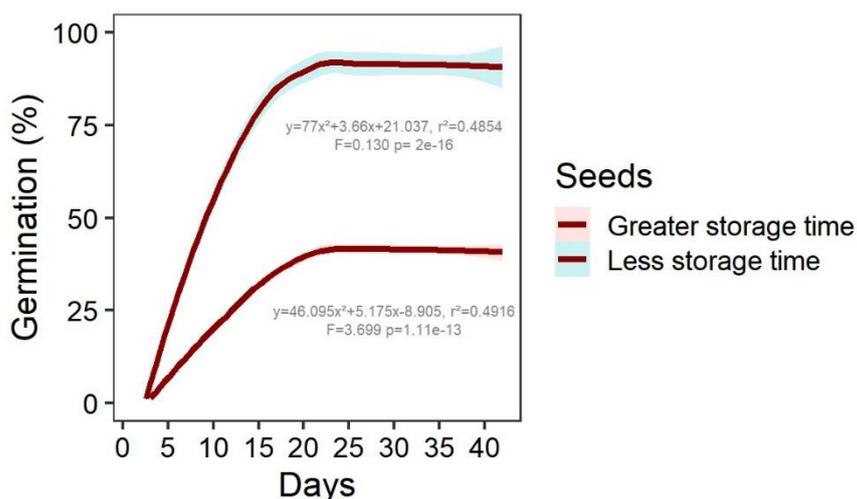


Figura 3. Porcentagem de germinação de sementes de *D. alata* com sementes com maior tempo (19 meses de estocagem) e sementes com menor tempo (7 meses de estocagem) em um período de 42 dias.

Os resultados de emergência em campo considerando que inserimos 3 sementes por berço, totalizando 672 sementes no final da implantação, foi diferente para cada área de estudo, sendo na Estância Dois Irmãos (área com estresse hídrico) 13,69% e nas Fazendas Paraíso e Paraíso e Natureza (áreas com efeito de herbivoria) com 6,3% e 47,6% respectivamente e Fazenda Crescente (área com esses efeitos minimizados) 72,02%. Ou seja, esses valores da emergência em campo da área sem efeitos aparentes dos filtros estudados (72%) foram próximos dos valores da germinação geral obtidas no experimento em laboratório (66% que foi a média para sementes de maior ou menor tempo de estocagem).

As mudas oriundas do viveiro alcançaram maior taxa de sobrevivência do que as plântulas oriundas de sementes plantadas no campo no geral ($p < 0,05$), as mudas alcançaram alta taxa de sobrevivência no local sem efeito aparente de filtros, e quase metade na área com estresse hídrico em relação aos outros tratamentos com semeadura (**Figura 4**). Conforme o esperado, a área sem efeito aparente destes filtros (i.e., herbivoria e estresse hídrico) atingiu os maiores valores de sobrevivência de forma geral (mudas de viveiro e das provenientes das sementes). Nessas condições de pouco estresse, nos tratamentos com sementes, o uso de hidrogel diminuiu a sobrevivência das sementes com menor tempo de armazenamento. Nas áreas sob estresse hídrico as sementes com menor tempo de armazenamento tiveram menor sobrevivência quando com uso de hidrogel (**Figura 4**). Comparando-se os métodos de semeadura, as sementes tiveram altas taxas de sobrevivência (acima de ~70%) apenas na área sem efeitos de filtros ambientais, ficando abaixo de ~25% nas áreas com efeitos ambientais (**Figura 4**), com a ação do efeito de estresse hídrico as sementes com menor tempo de estocagem sem hidrogel (LST_NH) tiveram desempenho melhor do que as com uso de hidrogel (LST_H), o uso do hidrogel não teve influência sobre as sementes de maior tempo de estocagem. (**Figura 4**). Nas áreas com efeito de herbivoria todos tratamentos não diferem entre si, apresentando baixa sobrevivência (<10%) (**Figura 4**).

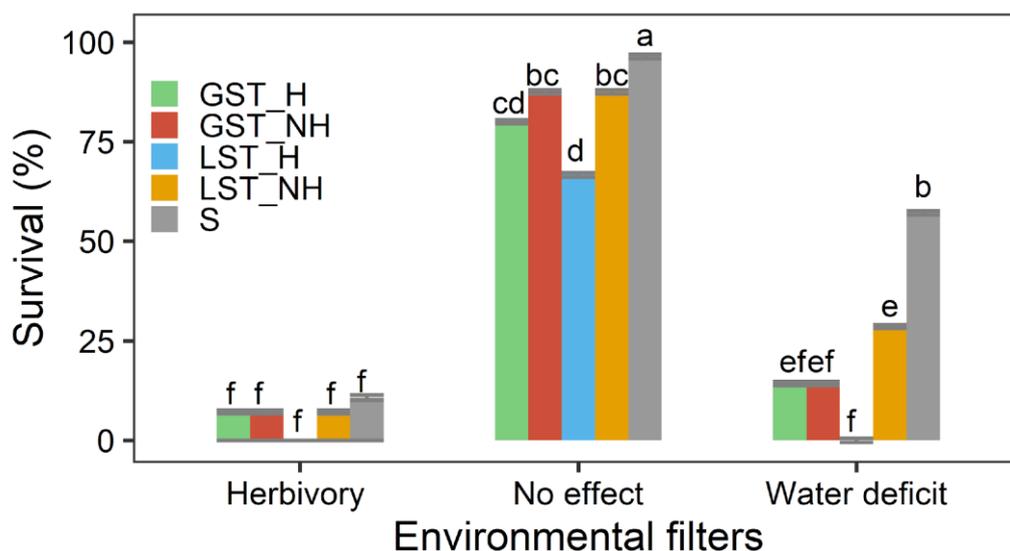


Figura 4. Porcentagem de sobrevivência final (12 meses após implantação) das quatro áreas nos cinco tratamentos: menor tempo de estocagem com hidrogel (LST_H), menor tempo de estocagem sem hidrogel (LST_NH), maior tempo de estocagem com hidrogel (GST_H), maior tempo de estocagem sem hidrogel (GST_NH) e mudas (S). *No effect* indica área sem o efeito

aparente dos filtros de herbivoria ou estresse hídrico. Letras distintas indicam diferença estatística significativa segundo o teste de Tukey ($p < 0.05$).

Portanto, a diminuição da magnitude de sobrevivência das plântulas foi mais expressiva pelos efeitos da herbivoria (diminuindo 94 a 96% a sobrevivência) do que do estresse hídrico (diminuindo de 41 a 86%), sendo neste último mais expressivos nos tratamentos com semeadura (**Tabela 1**). Os tratamentos de semeadura tiveram em média 96% mais sobrevivência na área sem efeito comparado com as áreas com efeito de herbivoria e 81% a mais comparado com sob estresse hídrico, e já para as mudas alcançaram 94% mais sobrevivência comparado sob herbivoria e 41% a mais quando sob estresse hídrico. O estresse hídrico resultou na diminuição em 86% da sobrevivência das sementes com maior tempo de estocagem e na diminuição de 41% da sobrevivência das mudas (**Tabela 1**).

Tabela 1. Diminuição na magnitude de sobrevivência dada pela diferença entre a porcentagem de sobrevivência da área sem efeito aparente destes filtros com a das áreas sob herbivoria e sob estresse hídrico para todos tratamentos implantados. Dados em porcentagem de ‘vezes menor’ em comparação com a área sem efeito aparente destes filtros em cinco tratamentos: menor tempo de estocagem com hidrogel (LST_H), menor tempo de estocagem sem hidrogel (LST_NH), maior tempo de estocagem com hidrogel (GST_H), maior tempo de estocagem sem hidrogel (GST_NH) e mudas (S), após os 12 meses de monitoramento.

Tratamento	Magnitude da diminuição na % de sobrevivência sob herbivoria	Magnitude da diminuição na % de sobrevivência sob déficit hídrico
LST_H	-95,5	-82
LST_NH	-96,4	-71
GST_H	-95,8	-83
GST_NH	-96,4	-86
S	-94,4	-41

Crescimento

A taxa de crescimento relativo (TCR) da altura das mudas oriundas de viveiro não foi afetada pelos efeitos dos filtros ambientais. Enquanto que o seu diâmetro e tamanho de copa

foram diminuídos pela herbivoria e estresse hídrico. De forma geral o mesmo padrão ocorreu para as plântulas oriundas de sementes plantadas no campo (**Figura 5.a, b e c**).

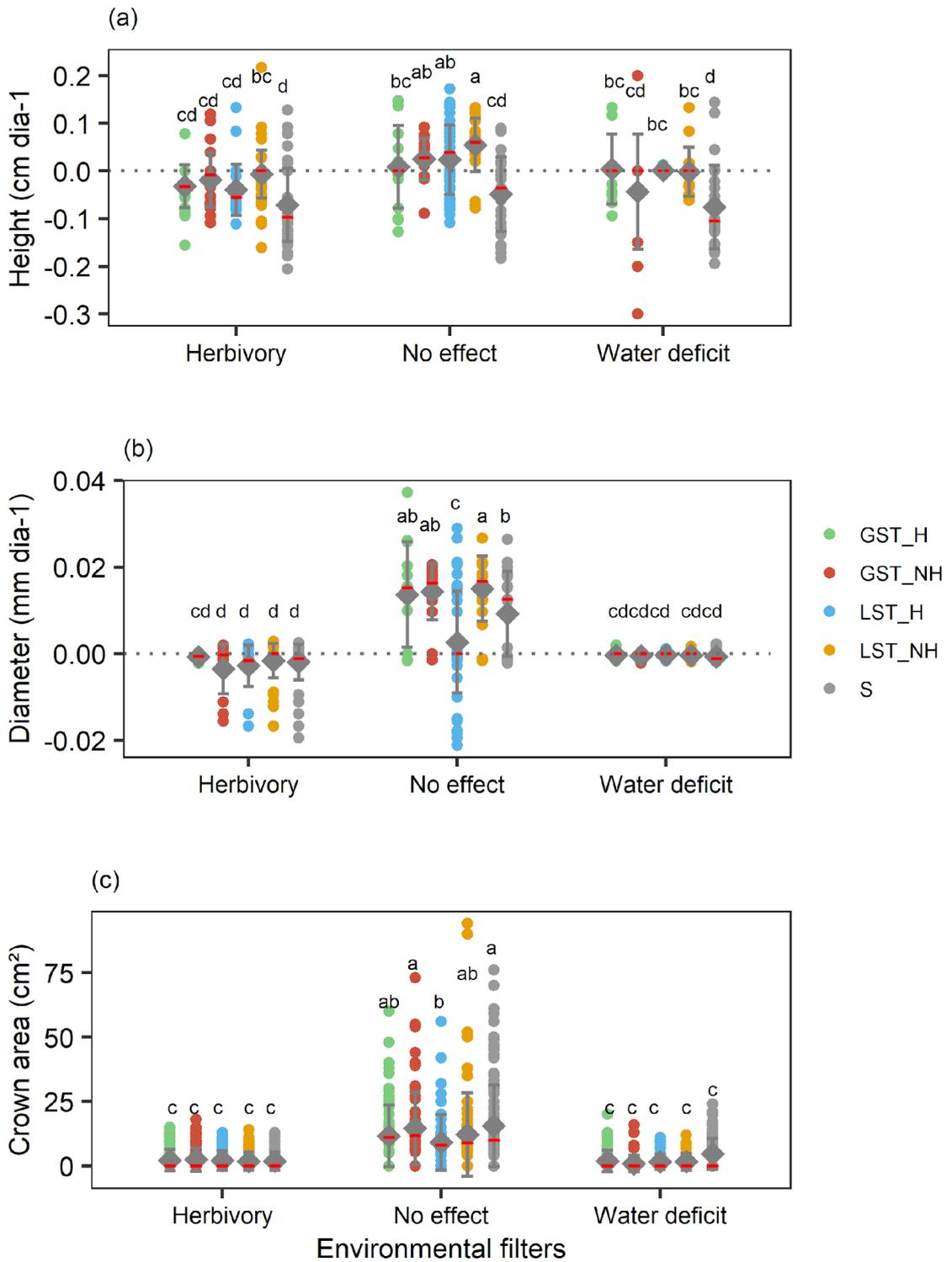


Figura 5. Taxas de Crescimento Relativo (TCR) da altura (a), diâmetro (b) e área da copa (c) dos efeitos, herbivoria, sem efeito dos filtros ambientais e sob estresse hídrico nos tratamentos

com menor tempo de estocagem, com hidrogel (LST_H), menor tempo de estocagem sem hidrogel (LST_NH), maior tempo de estocagem com hidrogel (GST_H), maior tempo de estocagem sem hidrogel (OS_NH) e mudas (S), durante os 12 meses de monitoramento com medidas de 49 dias, 3,6 e 12 meses. *No effect* indica área sem o efeito aparente dos filtros de herbivoria ou estresse hídrico. Traço vermelho indica mediana, triângulo em cinza, média, e traços cinzas indicam desvio padrão. Letras distintas indicam diferença estatística significativa segundo o teste de Tukey ($p < 0.05$).

O crescimento final em altura, diâmetro e comprimento de copa, foram contabilizados em duas áreas onde obtivemos sobrevivência até os 12 meses de monitoramento, que foram as áreas com efeito de déficit hídrico e sem efeito minimizados dos filtros. Como esperado as mudas atingiram maiores valores no final, porém as sementes também tiveram um bom crescimento. Quando analisado o crescimento em altura as mudas alcançaram 45 cm e as sementes 39,4 cm, (variação de ~7 mm), no diâmetro as mudas chegaram a 0,58 mm e as sementes 0,49 mm (variação de ~9 cm) e no comprimento de copa as mudas atingiram 40,4 cm e as sementes 36,6 cm (variação de ~4 cm) para a área sem efeito minimizado. Já na área com estresse hídrico essa variação de mudas e sementes foi maior, para altura final as mudas alcançaram 33,9 cm, já as sementes 25,5 cm, para o diâmetro mudas com 0,51mm e sementes 0,31mm para o comprimento de copa 27,2 para mudas e 20,7 para sementes, todos os dados são da média entre as mudas e entre as sementes (**Figura S1**).

Recobrimento do solo e espécies invasoras

Tanto os tratamentos quanto os filtros ambientais não interferiram na presença de gramíneas invasoras e nem na presença de solo exposto (**Figura 6.a e b**).

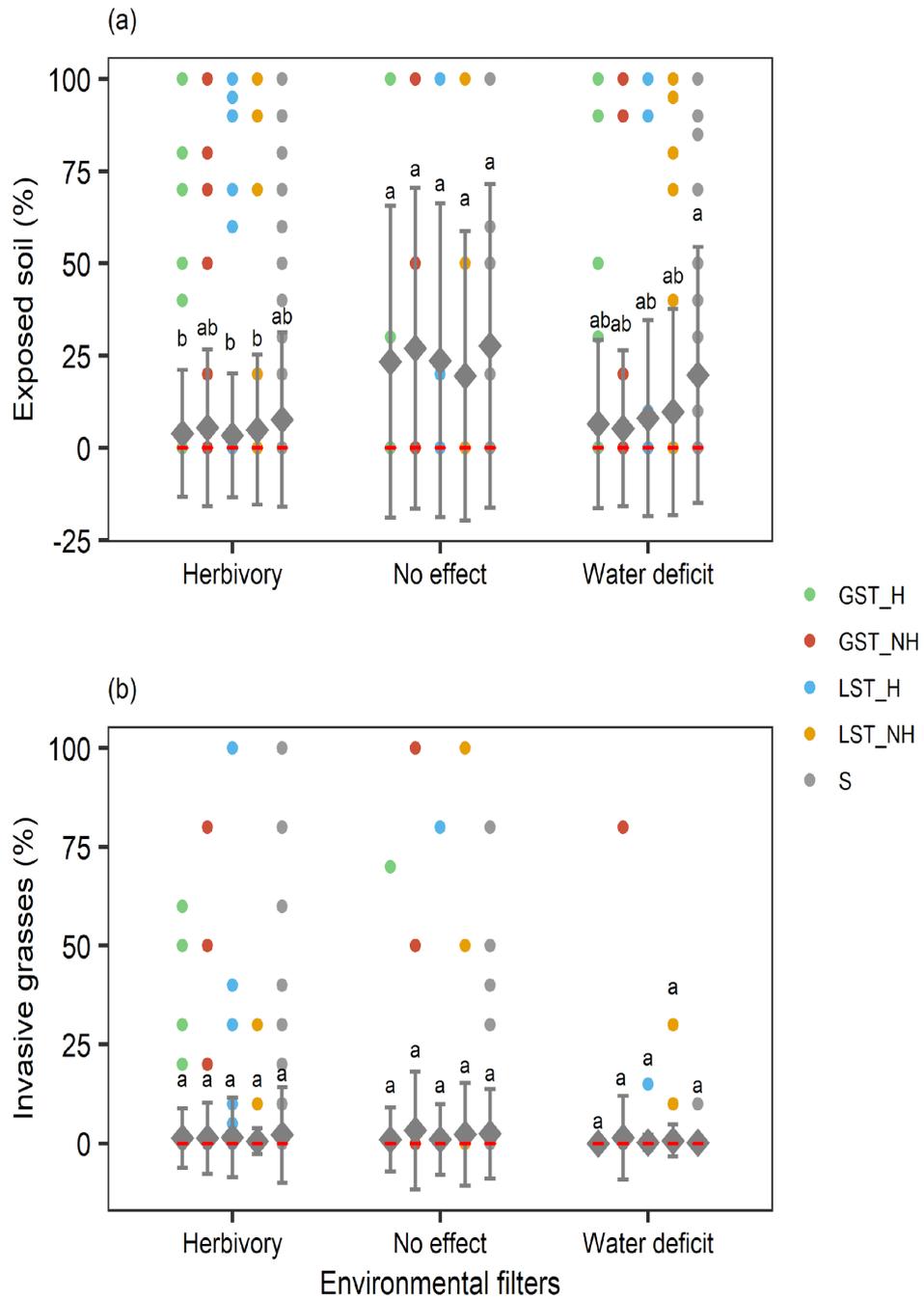


Figura 6. Porcentagem do solo exposto e gramíneas invasoras no geral nos filtros ambientais das quatro áreas nos cinco tratamentos: menor tempo de estocagem com hidrogel (LST_H), menor tempo de estocagem sem hidrogel (LST_NH), maior tempo de estocagem com hidrogel (GST_H), maior tempo de estocagem sem hidrogel (GST_NH) e mudas (S), durante os 12 meses de monitoramento com medidas de 49 dias, 3,6 e 12 meses. No effect indica área sem o efeito aparente dos filtros de herbivoria ou estresse hídrico. Traço vermelho indica mediana,

triângulo em cinza, média, e traços cinzas indicam desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0.05$).

Custo-efetividade e rendimento operacional

Para o plantio de mudas, os custos estimados, considerando o espaçamento de 5x3, foram de R\$ 3.137,57/ha (US\$ 595,36), a semeadura com hidrogel R\$ 598,69/ha (US\$ 113.60) e a semeadura sem hidrogel R\$ 514,64/ha (US\$97.65) (valor do dólar R\$5,27 cotado no dia 03/11/2020), diferenciando entre si apenas pela aplicação do hidrogel (**Tabela 2.b**). Os custos financeiros considerando apenas de insumos para a preparação do solo (uso de herbicida, calcário e NPK) foram de R\$ 1.917,60/ha (US\$363,87) (**Tabela 2.a**). O rendimento operacional variou entre os métodos de plantio e semeadura com e sem a utilização do hidrogel. A implantação do experimento em todos os métodos contou com o trabalho de duas pessoas por um dia, considerando o período 8h por dia. O menor rendimento operacional foi com o plantio das mudas, no qual utilizamos 12h (1 diária e meia) com 19 mudas/dia/pessoa, seguindo a semeadura com hidrogel, com 8h para implantação de 56/berços/dia/pessoa (consideramos berços, uma vez que implantamos três sementes por berços) e por último a com melhor rendimento operacional semeadura sem hidrogel com 6h para implantação de 64 sementes/dia/pessoa (consideramos berços, uma vez que implantamos 3 sementes por berços) (**Tabela 2.a e b**).

Tabela 2. a) Cálculo dos insumos e maquinários utilizados nas 4 áreas, sendo esses valores o mesmo para os três tratamentos. **b)** Cálculo dos custos por hectare por tratamento baseado no total das 4 áreas (112 mudas nas 4 áreas e 336 sementes com hidrogel e 336 sementes sem hidrogel) e considerando o espaçamento de 5x3, o cálculo estimado para a implantação em um hectare (666 indivíduos no total). *Para este cálculo do custo total por hectare, para as mudas usamos o valor de 666 mudas por e para o mesmo cálculo para semeadura em covetas, consideramos no cálculo a implantação de 3 sementes por berço, conforme fizemos, mesmo que desbastando as demais, mas a fim de garantir 1 semente emergida por berço

a)

Maquinários/Insumos	Valor total R\$/(US\$)
Herbicida Glifosato (6l/hect)	112,00/ (21.25)
Calcário Dolomítico	33,60/ (6.37)
NPK 04-30-10 (Plantio) - ou similar	2.24/ (0.42)

Roçadeira (hora/máquina)	1,60/ (0.30)
Motocoveadora (hora/máquina)	3,20/ (0.60)
Gasolina máquinas	8,60/ (1.63)
Total por área	161,24/ (30.60)
Total Geral	644,96/ (122.38)
Total Geral por hectare	1917,60/ (363,87)

b)

	Mudas R\$(/US\$) (112 ind.)	Sementes com hidrogel R\$(/US\$) (336 ind.)	Sementes sem hidrogel R\$(/US\$) (336 ind.)
Mudas	224/ (42.50)	--	--
Sementes	--	38,40/ (7.29)	38,40/ (7.29)
Hidrogel	22.40/ (4.25)	22.40/ (4.25)	--
Mão de obra	120/ (22.77)	80/ (15.18)	60/ (11.38)
Insumos	161,24/ (30.60)	161,24/ (30.60)	161,24/ (30.60)
Total	527,64/ (100,12)	302,04/ (57.31)	259,64/ (49.27)
Custos/ha (666 ind.*)	3.137,57/ (595.36)	598,69/ (113.60)	514,64/ (97.65)
Rendimento operacional	12 horas	8 horas	6 horas

Considerando todas as áreas juntas, independente dos efeitos dos filtros ambientais, o melhor custo-efetividade por tratamento foi para a implantação via plantio de mudas (R\$11,47). Obviamente e, de forma geral (independente do tratamento), o melhor custo-efetividade foi onde não houve efeito de filtros aparentes (R\$ 3,49/plântula), sendo que sob efeito da herbivoria aumentou >20x os custos (R\$ 77,80 por indivíduo) enquanto que sob o estresse hídrico triplicou o custo-efetividade (R\$ 10,47 por indivíduo) (**Tabela 3.a**). Já, quando analisamos separadamente cada um dos tratamentos sujeitos aos efeitos ambientais, vimos que, de forma geral, todos tratamentos com semeadura alcançaram os maiores valores de custo efetividade por indivíduo sobreviventes, sendo as mudas com R\$ 43,97/plântula e R\$8,24/plântula para o filtro de herbivoria e déficit hídrico respectivamente e quando sem filtros foi de apenas R\$4,89. Assim, os tratamentos na área “sem efeito” também foram melhores em relação ao custo efetividade por indivíduo para as sementes, atingindo no máximo de R\$6,86/ plântula (LST_H) (**Tabela 3.b**).

Tabela 3. a) Custo efetividade considerando os filtros ambientais representado pelo número de indivíduos implantados, número de indivíduos sobreviventes no final, e custo efetividade por

plântula (custo por indivíduo considerando as mudas que sobreviveram). Os tratamentos das quatro áreas nos cinco tratamentos: menor tempo de estocagem com hidrogel (LST_H), menor tempo de estocagem sem hidrogel (LST_NH), maior tempo de estocagem com hidrogel (GST_H), maior tempo de estocagem sem hidrogel (GST_NH) e mudas (S), durante os 12 meses de monitoramento com medidas de 49 dias, 3, 6 e 12 meses. Para os efeitos dos filtros ambientais, “Sem efeito” indica sem efeito aparente de filtros. Nº de indivíduos implantados pré-emergência (*) considerando que inserimos três sementes por berço para garantir a germinação de pelo menos uma semente, e assim após a primeira medição (49 dias) foi deixada apenas uma plântula emergida por berço. Os efeitos de herbivoria foram detectados em duas áreas (**) e estresse hídrico em uma área cada.

a)

Tratamento	Indivíduos sobreviventes após emergência (%)	Custo efetividade R\$/indivíduo/(US\$)
LST_H	25	21,57/ (4.09)
LST_NH	34	13,67/ (2.59)
GST_H	27	20,14 (3.82)
GST_NH	30	15,27/ (2.90)
S	41	11,47/ (2.18)
Filtro ambiental		
Herbivoria**	4	77,80**/ (14.76)
Sem efeito	93	3,49/ (0.66)
Estresse hídrico	31	10,47/ (1.99)

b)

Filtro ambiental	Tratamento	Indivíduos sobreviventes após emergência (%)	Custo efetividade total dos sobreviventes/(US\$)
Herbivoria*	LST_H	4	75,51/ (14.33)
	LST_NH	4	62,41/ (11.84)
	GST_H	4	75,51/ (14.33)
	GST_NH	4	62,41/ (11.84)
	S	5	43,97/ (8.34)
Sem efeito	LST_H	79	6,86/ (1.30)
	LST_NH	100	4,46/ (0.84)
	GST_H	86	6,29/ (1.19)
	GST_NH	100	4,46/ (0.85)
	S	96	4,89/ (0.93)

	LST_H	14	37,76/ (7.16)
	LST_NH	29	15,60/ (2.96)
Estresse hídrico	GST_H	14	37,76/ (7.16)
	GST_NH	14	31,21/ (5.92)
	S	57	8,24/ (1.56)

4. Discussão

Germinação e emergência

O maior tempo de armazenamento de sementes reduziu menos do que a metade da taxa de germinação do *D. alata*. Sementes com menor tempo de armazenamento (< 1 ano), apresentaram maior porcentagem de germinação em condições de temperatura 25°C em câmara BOD, alcançando 90% de germinação, e apresentando maior VMG em relação a sementes com maior tempo de armazenamento (taxa de germinação ~ 41%). O alto potencial de germinação da espécie já foi relatado em estudos prévios (média de 85%) (Passaretti et al., 2020). De forma geral as sementes com menor tempo de armazenamento possuem melhores condições fisiológicas, devido a menor deterioração das sementes, e devido ao seu melhor vigor, que proporcionou a germinação em seu tempo máximo de maturação, e, assim, melhorando a capacidade de germinação e viabilidade (Vitis et al., 2020). Enquanto que a baixa porcentagem de germinação de sementes com maior tempo de armazenamento é justificada pelo acondicionamento, que pode ocasionar ataques fúngicos, o que pode resultar em uma baixa emergência em campo, devido ao alto teor de deterioração das sementes (Vitis et al., 2020). Sementes de *D. alata* com até um ano de estocagem possuem taxas de germinação maiores, alcançando germinabilidade acima de 90%, e após esse período as taxas de germinação e VMG diminuem e aumentam o TMG (Silva et al., 2019), assim como constatado em nosso estudo, em que as sementes armazenadas por mais de 1 ano apresentaram baixa germinação e baixo VMG.

A germinação das sementes pode variar dado ao fato de como inseri-la no meio, quando a inserimos sem a drupa para acelerar a velocidade de germinação, essa ação pode acarretar o ressecamento dessas sementes caso a área de implantação seja afetada pelo efeito ambiental de estresse hídrico, como ocorreu no nosso estudo. Sabemos que a drupa, parte dura que envolve a castanha do baru, atua além de protege-la do ressecamento faz com que a semente permanece na sua fase de dormente (fase onde crescimento do embrião é interrompido) por meses no campo. A inserção do fruto diminui os custos de implantação, uma vez que não precisa

beneficiar o baru, porém como a intenção desse estudo foi analisar as sementes implantadas nos quatro períodos mencionados, e em um período curto de tempo, foi necessário esse beneficiamento, mas em áreas de projetos de restauração no qual não há realização de experimentos, inserir a semente com essa proteção deve ser analisada para garantir maior a germinação ao longo dos anos dependendo da disponibilidade de água e assim aumentar o estabelecimento dessa espécie (Raupp et al., 2020) .

Nossos resultados de emergência em campo da primeira amostragem (49 dias após semeadura) apontaram maior porcentagem para a área sem efeito aparente dos filtros (72%) e para a área sob herbivoria de animais de criação, fazenda Paraíso e Natureza (48%) onde ainda não havia sido detectado a presença desses animais após a implantação, essas taxas estão dentro do esperado para a germinação do baru, conforme Silva et al. (2015). Assim, visualizamos a necessidade de controle desse filtro, principalmente quando são animais introduzidos para a criação e assim manuseado pela parte do produtor, diferente do ocorrido da outra área (fazenda Paraíso) com efeito de herbivoria por animais silvestres (emergência de 6%) onde observamos a atuação dos herbívoros/predadores, cujo controle é mais difícil do que o de animais domésticos. Já na área com efeito de estresse hídrico (com 14% de emergência) a emergência foi abaixo do esperado dessa espécie possivelmente pelo fato de que a falta da precipitação pode ter sido impeditiva para a iniciação do crescimento do embrião e emissão de radícula, sendo a água essencial para este processo. Assim, apesar da germinação em laboratório ter sido maior para sementes com menor tempo de armazenamento, não foi detectada influência do tempo de armazenamento sobre a sobrevivência em campo independentemente do efeito de filtros ambientais.

Sobrevivência

Os efeitos de área que são reflexo de diferentes filtros ambientais foram as principais causas da baixa sobrevivência dos tratamentos inseridos, sendo que as sementes apresentaram em torno da metade da sobrevivência quando sob estresse hídrico e que a herbivoria afetou fortemente a sobrevivência independentemente da forma de implantação, diminuindo ~95% a sobrevivência quando comparada às condições favoráveis. Em contrapartida, em um ambiente livre de desses efeitos aparentes, todos os tratamentos testados levaram à alta sobrevivência. Quando em boas condições ambientais, os dois tempos de armazenamento atingiram sobrevivência acima de 75%.

Constatamos que o uso do hidrogel para a semeadura em boas condições ambientais não resultou em aumento da sobrevivência das plântulas provenientes das sementes, diminuindo a sobrevivência delas em todas as áreas de forma geral. Ademais, devido a questões contratuais do financiador, a implantação do experimento foi no fim da estação chuvosa, o que pode também ter influenciado os resultados, uma vez que o hidrogel pode até ter sido um competidor pela pouca água disponível no solo com as radículas emitidas pelas sementes, prejudicando assim a sobrevivência. Desse modo, seu uso no início da estação chuvosa ainda precisa ser melhor investigado. Esses resultados do uso do hidrogel não resultando em maior sobrevivência de forma geral foram contrários do esperado como detectado em outros estudos com efeito positivo em mudas cultivadas em viveiro (Chirino et al., 2011; Oriquiriza et al., 2013). A diminuição da sobrevivência das sementes é um indicativo de que o hidrogel não seria recomendado para a semeadura desta espécie. Um estudo recente demonstrou que não houve efeito significativo na emergência como o uso do hidrogel em 10 espécies, implantadas por semeadura direta, em pastos abandonados com solo parecido do nosso estudo (arenoso, acidez moderada e de baixa fertilidade) a fim de restaurar floresta tropical semidecidual, com sementes coletadas com até 3 meses antes da implantação (Souza et al., 2021). A baixa sobrevivência em campo das plântulas provenientes das sementes e alta germinação em laboratório (80% de germinação) foi encontrada também para *D. alata*, o resultado de baixa germinação é justamente pelo período crítico de emergência diante de efeitos como predação e competição (Rego & Urbanetz, 2017) e relações com baixa umidade (Ferreira et al., 2009). Desse modo, concluímos que o uso do hidrogel não aumenta a emergência e nem a sobrevivência de sementes (algumas emergiram, mas não se desenvolveram em seguida). Apesar disso, existe relato na literatura de que sementes grandes, especialmente de leguminosas, sobrevivem e crescem melhor quando semeadas com hidrogel, mas já foi também detectada a redução da germinação em espécies de pinheiros, (Sijacic-Nikolic et al., 2010, Landis & Haase, 2012). Estudos que investigaram o uso de hidrogel nas sementes observaram que o seu uso pode diminuir a germinação e emergência em campo, pela redução da troca de gases da semente com o solo, porém a longo prazo (> 1 ano) o seu uso inicial pode ser benéfico para o crescimento das raízes e diâmetro (Henderson & Hensley, 1987 *apud* Landis & Haase, 2012). O monitoramento do nosso experimento foi até um ano após a implantação e não detectamos esse benefício do hidrogel, porém, monitoramento mais longo pode ser necessário, a fim de detectar estes efeitos, uma vez que, segundo o rótulo, o hidrogel pode durar até 60 meses.

A herbivoria teve efeito mais pronunciado sobre as mudas provenientes de viveiro quando se compara a sobrevivência dessas mudas nas demais condições ambientais, e foi prejudicial também para as mudas provenientes da sementeira. Assim nossa hipótese de que as mudas por possuírem maior enraizamento teriam maior chance de sobrevivência por aumentarem as chances de rebrota não foi detectado, as plântulas provenientes das sementes, podem ter chances iguais de rebrotas, dada ao crescimento acelerado na raiz, pela alocação de reservas, resultando assim em rebrota em campo. Essa espécie possui alta taxa de herbivoria em relação a outras espécies susceptíveis para restauração no Cerrado (Pilon & Durigan, 2013). Um protótipo idealizado para controlar a herbivoria, além de outros filtros ambientais, o “Nucleário”, foi testado para esta espécie nessa região, mas não teve êxito na redução da herbivoria (Benites et al., 2020). Os filtros bióticos, tais como a herbivoria, geram implicações negativas quando desejamos implantar um projeto de restauração (Lima et al., 2016). Além disso, os efeitos abióticos têm grande impacto na sementeira em relação às mudas, uma vez que as sementes necessitam de um micro ambiente adequado para sua germinação (Doust et al., 2006), o que foi detectado no nosso estudo uma vez que constatamos que a sobrevivência das mudas via plantio foi maior em relação à sobrevivência de plântulas via sementeira direta na área com estresse hídrico.

Assim, observamos que os efeitos ambientais foram os maiores agravantes para a sobrevivência e estabelecimento dos indivíduos implantados com diferentes técnicas. Detectamos menor mortalidade nas mudas quando comparamos com sementeira em local com estresse hídrico, o que pode ser um indicativo da eficácia do processo de rusticificação que as mudas são submetidas em viveiro, dado a uma memória ao estresse hídrico desses indivíduos, por mudanças das suas vias metabólicas (Alves et al., 2020). Como muitas sementes não emergiram (em um primeiro momento no monitoramento aos 49 dias houve emergência de apenas 14% das sementes sob estresse hídrico comparado à 72% onde não detectamos esse filtro abiótico), isso confirma também a necessidade da água para desencadear a germinação e, logo após, o crescimento inicial (Taiz & Zeiger, 2017). O estresse hídrico é uma das causas da mortalidade e baixo desenvolvimento em plântulas (Duboc, 2005), o que foi claramente demonstrado pelos nossos dados de magnitude de sobrevivência diminuídos em virtude dos filtros ambientais.

A herbivoria reduziu em média 95,7% a sobrevivência dos indivíduos sementeiros ou plantados e o estresse hídrico reduziu em média 73% a sobrevivência das plântulas oriundas da sementeira em relação a área sem efeito. Isso demonstra que, quando esses efeitos ambientais

são minimizados (ex: isolamento dos animais domésticos), bem como quando o plantio ocorre em período chuvoso, a sobrevivência de *D. alata* ao longo de um ano pode ser maior (90%), sob condições edáficas e climáticas semelhantes (dentro região da APA do Guariroba) conforme destacado em estudo prévio realizado no mesmo local deste estudo (Benites et al., 2020) e 80% (Nieri et al., 2018) e 74% de sobrevivência (Passaretti et al., 2020), valores próximos encontrados em nosso estudo quando o efeito biótico foi minimizado. Estes valores comprovam a necessidade do compromisso dos atores locais com a implementação dos projetos de restauração, para minimizar tanto os danos dos distúrbios, quanto perdas financeiras, pois os controles desses efeitos locais são determinantes para o bom andamento e sucesso da restauração (Freitas et al., 2019). Ou seja, o compromisso dos donos da terra em isolar a área de animais domésticos por exemplo é essencial para não haver perda dos investimentos financeiros utilizados para implantação e manutenção da restauração.

Crescimento

As áreas com filtros ambientais apresentaram menor taxa de crescimento relativo de diâmetro e comprimento de copa em relação às áreas sem efeito, mas sem grandes efeitos na altura, no geral. As plântulas oriundas da sementeira e mudas oriundas do viveiro tendem a investir mais em diâmetro e comprimento de copa quando se encontram em um local livre de filtros ambientais, e esse crescimento demonstra o bom estado delas em campo quando livres de efeitos externos (Passaretti et al., 2020). Conforme o esperado, o incremento em altura, analisado pelo TCR, de forma geral foi maior para a implantação via sementeira do que para as mudas, pois as plântulas provenientes de sementes tendem a ter crescimento mais rápido do que as mudas, que já têm uma certa altura na implantação (**Figura S1**). Porém, nem o uso do hidrogel nem o tempo de armazenamento das sementes determinaram incremento da altura na sementeira.

Em ambientes livres de efeitos ambientais negativos, como estresse hídrico, as plântulas tendem a aumentar a sua biomassa acima do solo, ou seja o seu crescimento (Johnson et al., 2016; Poorter et al., 2016; Rozendaal et al., 2017), o diâmetro aumenta, em consequência do bom estabelecimento da muda, e a copa forma ramificações, demonstrando um bom estado da muda (Johnson et al., 2016; Poorter et al., 2016; Rozendaal et al., 2017), o que corrobora a importância de redução dos efeitos ambientais para obtenção de melhor desempenho.

Recobrimento do solo e espécies invasoras

A competição do baru com gramíneas exóticas ocorreu na mesma proporção independente dos filtros abióticos, uma vez que não houve diferença do recobrimento do solo entre eles, esse padrão se repetiu para solo exposto. Dois estudos com a mesma espécie comparando o efeito da presença de competidores invasores e com o de regiões livres de competição, detectou que a competição reduziu os valores de TRC em altura e diâmetro dessas plântulas (Pires et al., 2012; Passaretti et al., 2020). Porém, como não houve variação na competição com invasoras no nosso estudo, o que podemos afirmar é que a herbivoria e o estresse hídrico foram as grandes causas da diminuição da sobrevivência e crescimento nos locais da implantação.

Rendimento operacional e Custo-efetividade

Os custos financeiros foram maiores e rendimento operacional foram os menores para as mudas, já para as sementes sem uso de hidrogel os valores foram menores e maiores respectivamente, mas considerando sob boas condições ambientais, as sementes sem hidrogel independentemente do tempo de armazenamento, possuem o melhor custo efetividade. O custo da implantação por mudas foi mais que 5x em relação a sementeira. Assim, a sementeira é mais econômica do que o plantio de mudas, quando os custos adicionais com insumos não são contabilizados e também depende do valor das espécies implantadas, o custo-efetividade da sementeira pode aumentar. Quando há efeitos ambientais atuando, ocorre um aumento exorbitante sob efeitos de herbivoria no custo da restauração, sendo maiores de 20x, e quando é significativo em condições de estresse hídrico (triplicados) em comparação com a área sem efeito ambiental (**Tabela 3a**), em virtude da alta taxa de mortalidade encontrada nesses locais, no total de indivíduos avaliados após emergência, apenas ~4% sobreviveram nas áreas com efeito de herbivoria.

Quando analisamos de forma geral e os filtros ambientais dentro de cada tratamento o melhor custo-efetividade foi pelo uso de mudas em virtude do maior número de sobreviventes em relação as sementes, exceto para a área sem efeito no qual as sementes sem hidrogel alcançaram menores valores (R\$4,46) em relação as mudas (R\$4,89), mas estes valores foram bem próximos (**Tabela 3b**). Nossos resultados deixam claro a necessidade da avaliação da relação custo-efetividade, baseada na sobrevivência a fim de melhorar as tomadas de decisões quanto ao tipo de técnica mais eficiente a ser implantada de acordo com as condições locais e recursos disponíveis. Observamos que em locais sem efeito ambiental as sementes atingiram alta taxa de sobrevivência (acima de 75%) e dado seu baixo custo de implantação (R\$514,64/ha,

sementes sem hidrogel) é uma boa opção a ser considerada, bem como o seu uso sem a adição do hidrogel o que reduziria mais ainda mais o seu custo de implantação e aumentaria o rendimento operacional. As mudas também apresentaram um bom custo efetividade, porém o seu custo de implantação aumenta ~6x mais (R\$3.137,57), e para área “sem efeito” acaba se tornando custosa, uma vez que a sobrevivência das sementes apresenta uma alta taxa, como foi apresentado acima. Porém, quando há efeitos ambientais atuantes verificamos que apesar das mudas apresentarem maior custo financeiro, elas possuem um custo efetividade de melhor desempenho, na área com estresse hídrico apesar de ser grande diferença nos custos de implantação, quando observamos o custo efetividade (R\$4,89) ela é a mais indicada. E para áreas com efeito de herbivoria apesar das mudas apresentarem o melhor desempenho no custo efetividade, dado a altos valores dos custos das sementes, o seu alto valor pelos números de indivíduos sobreviventes (R\$ 43,97) torna essa implantação inviável.

Como mencionada em outros estudos no qual demonstra que a semeadura é considerada uma ótima opção dada aos seus baixos custos financeiros (Engel & Parrota, 2001; Rodrigues et al., 2009; Freitas et al., 2019), bem como resulta alta densidade de indivíduos na área em restauração, e a mesma atingindo um alto sucesso após 10 anos de monitoramento em locais quando comparada com plantio de mudas (Freitas et al., 2019). Assim, ela é uma boa opção, pelo seu baixo custo, cerca de 36% em relação a um custo de implantação por mudas, (US\$ 5106/ ha) e semeadura (US\$ 1845/ha) (Campos-Filho et al., 2013; Durigan et al., 2013). Ademais, espécies com maior tamanho da semente, como o *D. alata*, possuem alta sobrevivência e sucesso quando inseridas pelo método de semeadura direta (Doust et al., 2006; Palmerlee & Young, 2010, Palma & Laurance, 2015), por possuírem uma maior, quantidade de reserva nutritiva (Palmerlee & Young, 2010), mas essa reserva nutritiva inicial maior não pode garantir o sucesso dessa plântula, um dos motivos do qual o plantio de mudas é mais utilizado em projetos de restauração (Sanchez-Gomez et al., 2006; Palmerlee & Young, 2010).

Nossos resultados demonstram que, mesmo a semeadura tendo o menor custo financeiro e melhor rendimento operacional, em locais onde os efeitos ambientais não são minimizados seu uso pode resultar em baixa sobrevivência acarretando em baixo estabelecimento dessa espécie em campo, e assim prejudicar o sucesso no local a ser restaurado. Como resultado, vimos que em locais com estresse hídrico a muda é a melhor opção em relação a semeadura, com valores de custo efetividade alcançando mais que o triplo, assim o resultado final será melhor do que investir em semeadura. Mesmo assim, considerando a taxa de

sobrevivência das mudas em torno de 60% nessa condição, será necessário o replantio de 40% nas falhas onde houve mortalidade.

O plantio necessita de alto investimento financeiro, pelo custo da produção de mudas e construção de viveiro para abranger a biodiversidade que se deseja restaurar (Rodrigues et al., 2009; Aires et al., 2013). Apesar dos valores, sendo a técnica mais cara em relação a semeadura (Campos-Filho et al., 2013), o plantio se caracteriza como uma boa alternativa, pela baixa taxa de mortalidade atingida através dessa técnica (Aires et al., 2013). Nas áreas sujeitas à herbivoria deverão prever ações de controle desse efeito, caso contrário, todos esforços operacional e financeiro após um ano serão desperdiçados pela não eliminação desses fatores bióticos e abióticos pelos atores envolvidos no processo de restauração (Rodrigues et al., 2009). Recentemente no Brasil, uma técnica de baixo custo, com cercamento individual das mudas, teve alto desempenho nessas condições de grande pressão por herbivoria de grandes mamíferos e pode ser uma solução com grande potencial nessas condições (Reis et al., 2020).

Nós calculamos os custos financeiros dos diferentes tratamentos utilizados, e percebemos na semeadura sem hidrogel uma técnica mais econômica (R\$ 514,64 por hectare) e o plantio de mudas o menos econômico (R\$ 3.137,57 por hectare) quando estamos considerando apenas os custos per si e não os de custo-efetividade. Os custos gerais (preparo do solo, compra de insumos e manutenção) para restauração por semeadura variam de US\$747 a US\$ 912, enquanto o plantio de mudas é US\$ 1.200 a US \$ 5.500 (Palma & Laurance, 2015). Os custos relativos à compra de sementes/mudas representam 20% do total dos custos, enquanto que para compras de insumos e aplicações para tratamentos silviculturais (e.g, controle de gramíneas invasoras) representam 50% dos custos (Souza & Engel, 2018).

Muitos projetos de restauração de grandes investidores possuem um prazo de execução que muitas vezes não estão de acordo com os melhores métodos de instalação dos projetos, é importante ressaltar que a implantação de qualquer tipo de técnica de restauração é mais indicada em época de chuvas, caso contrário haverá perdas ecológicas e financeiras. Apesar do senso comum esperar que apenas introduzir sementes e/ou mudas seja suficiente para iniciar um processo de restauração, efeitos de fatores como competição com espécies invasoras, perturbações naturais, a exemplo do estresse hídrico, demonstram que tomadas de decisões erradas são contribuintes para as falhas e inutilidades dessas iniciativas de restauração (Brancalion et al., 2016).

Tratando-se de custos associados à limitação hídrica, espera-se que com as mudanças climáticas, os custos tendem a aumentar diante da diminuição da precipitação e aumento de

temperatura, o que causa aumento na transpiração foliar, estresse estomático e diminuição da produtividade (Taiz & Zeiger, 2017) podendo diminuir a sobrevivência nessas condições. A precipitação na região centro sul do da América do Sul (onde se localiza o Bioma Cerrado) tende a diminuir até os anos 2100 analisando dois modelos climáticos, bem como a previsão do aumento do aquecimento nessa área (Chou et al., 2014). Portanto, espera-se que o estresse hídrico seja cada vez mais um fator limitante a prejudicar o sucesso da restauração. Deste modo, segundo nossos dados, os custos da restauração podem triplicar sob condições de estresse hídrico. Assim, é esperado um efeito indireto das mudanças climáticas no aumento dos custos de restauração. Neste cenário futuro, novas tecnologias com efeitos promissores para superação deste filtro (Benites et al., 2020) e maiores investimentos financeiros serão necessários, especialmente em ambientes sujeitos à maior restrição hídrica.

5. Conclusões

As taxas de germinação em laboratório para as sementes de *Dipteryx alata* foram maiores com o menor tempo de armazenamento (>17 meses – 40% e 9 meses – 90%). Já em campo a diferença no tempo de armazenamento não afetou a sobrevivência dessa espécie após um ano. A emergência em campo em condições sem filtros aparentes (72%) atingiu os valores médios encontrados de germinabilidade detectados em laboratório (66%), porém, quando sob efeito de filtros a emergência variou de apenas 6% a 48%. Os efeitos ambientais foram decisivos para sobrevivência, em condições de estresse hídrico observamos que as mudas alcançaram maior sucesso como esperado, devido à necessidade de água para as sementes ultrapassarem a etapa de germinação e devido à rustificação prévia das mudas. O uso do hidrogel na semeadura em campo em solo arenoso de baixa fertilidade no fim da estação chuvosa não proporcionou um aumento na sobrevivência das plantas oriundas da semeadura direta, diferentemente do esperado, pelo contrário, prejudicou em locais sem efeito de filtro e especialmente em locais sob estresse hídrico. No local sem efeito aparente os dois métodos alcançaram alta taxa de sobrevivência, já nas áreas com efeito de herbivoria nenhum dos tratamentos se mostrou eficaz, corroborando a necessidade do controle inicial e contínuo dos herbívoros nas áreas em restauração.

Detectamos a diminuição na magnitude de sobrevivência dada pela diferença entre a porcentagem de sobrevivência da área sem efeito aparente destes filtros com a das áreas sob herbivoria (redução de 94,4% para mudas e em média para sementes 96%), atingindo 21x mais

os custos nessas áreas com herbivoria, e diminuição de 41% para as mudas e em média 80,5% para as sementes sob condições de limitação hídrica, assim triplicando seus custos para essa condição. O diâmetro e comprimento de copa foi afetado pela herbivoria e estresse hídrico, enquanto que a altura e recobrimento do solo por invasoras e solo exposto não foram influenciados.

De forma geral sem analisar os tratamentos dentro dos filtros ambientais as mudas apresentaram melhor custo efetividade. E, quando verificamos os tratamentos inseridos nas áreas (herbivoria e estresse hídrico) as mudas apresentaram custo efetividade de melhor desempenho, dada a sua alta sobrevivência no final, porém para área “sem efeito” as sementes sem hidrogel alcançaram os menores valores. Assim, no geral concluímos que um ambiente sem efeitos de filtro ambientais aparentes, ou nos quais possa haver irrigação e garantia do isolamento de herbívoros, as sementes sem uso de hidrogel possuem o melhor custo efetividade. Porém, vale ressaltar que, em ambientes mais sujeitos ao estresse hídrico as mudas serão mais efetivas por atingiram uma sobrevivência maior no final, mas para as áreas com herbivoria apesar do plantio de mudas apresentar menor custo, devido a ainda assim ser bastante oneroso, ela se torna inviável quando planejamos a implantação em larga escala, uma vez que atinge ~R\$44,00 por indivíduo sobrevivente. Valor este que poderá ser investido em cercamentos individuais das mudas ou em cercas lineares.

6. Referências

- Aires, S.S., Sato, M.N., Miranda, H.S. 2013. Seed characterization and direct sowing of native grass species as a management tool. *Grass and Forage Science*, 69, 470–478.
- Ajalla, A.C.A., Volpe, E., Vieira, M.D.C., Zárate, N.A.H. 2012. Produção de mudas de Baru (*Dipteryx alata* Vog.) sob três níveis de sombreamento e quatro classes texturais de solo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34, 888–896.
- Alves, R.D.F.B., Menezes-Silva, P.E., Sousa, L.F., Loram-Lourenço, L., Silva, M.L.F., Almeida, S.E.S., Silva, F.G., Souza, L.P de., Fernie, A.R., Farnese, F.S. 2020. Evidence of drought memory in *Dipteryx alata* indicates differential acclimation of plants to savanna conditions. *Scientific Reports*, 10,16455.
- Bambil, A.L., Drumond, D., Volpe, E. Oliveira, I., Fehquer, T.J., Rocha, C. Da., Silveira, J.C.da. 2011. Baru: uma experiência de desenvolvimento tecnológico participativo em assentamentos. Campo Grande: AGRAER/ CNPq, 28.

- Benites, R.M.A., Guerra, A., Reis, L.K., Ferreira, B.H.S.dos., Borges, F.L.G., Ferreira, I.J.K., Abrahão, M., Garcia, L.C. 2020. Núcleo, cartão, ou manual crown: qual técnica de manutenção é mais custo-efetiva na sobrevivência e estabelecimento de mudas de árvores? *Journal of Environmental Management*, 270, 110900.
- Botezelli, L., Davide, A.C, Malavasi, M.M. 2000. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (baru). *Cerne*, 6, 009–018.
- Brancalion, P.H.S., Schweizer, D., Gaudare, U., Manguiera, J.R., Lamonato, F., Farah, F.T., Nave, A.G., Rodrigues, R.R. 2016. Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. *Biotropica*, 48, 856–867.
- Brancalion, P.H.S., Meli, P., Tymus, J.R.C., Lenti, F.E.B., Benini, R.M., Silva, A.P.M., Isernhagen, I., Holl, K.D. 2019. What makes ecosystem restoration expensive? A systematic cost assessment of projects in Brazil, *Biological Conservation*, 240, 108274.
- Campos-Filho, E.M., Costa, J.N.M.N.da., Sousa, O.L.de, Paulo, S. 2013. Mechanized direct-seeding of native forests in Xingu, Central Brazil Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu. *Central Brazil*, 32, 37–41.
- Ceccon, E., González, E.J., Martorell, C. 2016. Is Direct Seeding a biologically viable strategy for restoring forest ecosystems? Evidences from a Meta-Analysis. *Land Degradation & Development*, 27, 511–520.
- Chirino, E., Vilagrosa, A., Vallejo, V.R. 2011. Using hydrogel and clay to improve the water status of seedlings for dryland restoration, *Plant and Soil*, 344, 99–110.
- Chou, S.C., Lyra, A., Mourão, C., Dereczynski, C., Pilotto, I., Gomes, J., Bustamante, J., Tavares, P., Silva, A., Rodrigues, D., Campos, D., Chagas, D., Sueiro, G., Siqueira, G., Marengo, J. 2014. Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. *American Journal of Climate Change*, 3, 512–527.
- Corrêa, G.C., Rocha, M.R., Naves, R.V. 2000. Germinação de sementes e emergência de plântula de Baru (*Dipteryx alata* Vog.) nos Cerrados de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 30, 17–23.
- Doust, S.J., Erskine, P.D., Lamb, D. 2006. Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. *Forest Ecology and Management*, 234, 333–343.

- Duboc, E. 2005. Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado. Jaboticabal, SP. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, 151.
- Durigan, G., Guerin, N., da Costa, J.N.M.N. 2013. Ecological restoration of Xingu Basin headwaters: motivations, engagement, challenges and perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 368, 20120165.
- Engel, V.L., Parrotta, J.A. 2001. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 152, 169–181.
- Fattorini, M., Halle, S. 2004. The dynamic environmental filter model: How do filtering effects change in assembling communities after disturbance? In: *Assembly Rules and Restoration Ecology*. V.M., Temperton, R.J., Hobbs, T.J., Nuttle, e S. Halle (eds.). Washington, D.C.: Island Press, 96–114.
- Ferreira, C.M., Hadler, G., Nepomuceno, G.L., Cruz, V.S.C., Araújo, E.G. 2018. Caracterização botânica e cadeia produtiva da espécie *Dipteryx alata* Vogel. *Enciclopédia Biosfera*, 15, 201.
- Ferreira, R.A., Santos, P.L., Aragão, A.G., Santos, T.I.S., Santos Neto, E.M., Resende, A. 2009. Semeadura direta com espécies florestais implantação de mata ciliar no Baixo São Francisco em Sergipe. *Scientia Forestalis*, 37, 37–46.
- Fonseca, L., Roitman, I., Jacobson, T.K.B., Ogata, R.S., Solari, R.A.F., Ribeiro, R.J.C. 2017. Viabilidade do hidrogel na recuperação de Cerrado sensu stricto com espécies nativas. *Floresta e Ambiente*, 26, 16–27.
- Freitas, M.G., Rodrigues, S.B., Campos-Filho, E.M., Carmo, G.H.P., Veiga, J.M., Junqueira, R.G.P., Vieira, D.L.M. 2019. Evaluating the success of direct seeding for tropical forest restoration over ten years. *Forest Ecology and Management*, 438, 224–232.
- Grossnickle, S.C. e Ivetic, V. 2017. Direct sseeding in reforestation a field performance review. *Reforesta*, 4, 94–142.
- Guerra, A., Reis, L.K., Borges, F.L.G., Ojeda, P.T.A., Pineda, D.A.M., Miranda, C.O., Maidana, D.P.F de L., Santos, T.M.R dos., Shibuya, P.S., Marques, M.C.M., Laurance, S.G.W., Garcia, L.C. 2020. Ecological restoration in Brazilian biomes: Identifying advances and gaps. *Forest Ecology and Management*, 458, 117802.
- Henderson, J.C. e Hensley, D.L. 1987. Effect of a hydrophilic gel on seed germination of three tree species. *HortScience*, 22, 450–452.

- Hobbs, R.J. e Norton, D.A. 1996. Towards a Conceptual Framework for Restoration Ecology. *Restoration Ecology*, 4, 93–110.
- Johnson, M.O., Galbraith, D., Gloor, M., Deurwaerder, H.D.E., Guimberteau, M., Rammig, A., Monteagudo, A., Phillips, O.L., Brienen, R.J.W., Vos, V.A. 2016. Variation in stem mortality rates determines patterns of above-ground biomass in Amazonian forests: implications for dynamic global vegetation models. *Global Change Biology*, 22, 3996–4013.
- Kimball, S., Lulow, M., Sorenson, Q., Balazs, K., Fang, Y.C., Davis, S.J., O’Connell, M., Huxman, T.E. 2015. Cost-effective ecological restoration, *Restoration Ecology*, 23, 800–810.
- Labouriau, L.G. 1983. A germinação das sementes. Washington, The General Secretariat Of the Organization of American States.
- Landis, T.C. e Haase, D.L. 2012. Applications of hydrogels in the nursery and during outplanting. In: Haase DL, Pinto JR, Riley LE, technical coordinators. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations—2011. Fort Collins (CO): USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Proceedings RMRS-P-68, 53–58.
- Lima, P.A.F., Gatto, A., Albuquerque, L.B., Malaquias, J.V., Aquino, F.G. 2016. Native species seedling growth in the ecological restoration of riparian forest. *Neotropical Biology and Conservation*, 11, 72–79.
- Macedo, J. F. 1992. Effects of moisture stress and temperature on germination of six range grasses. *Agronomia Journal*, 52, 159–162.
- Melo, S.A.B.X., Silva, F.S., Melo, A.X., Bento, T.S. 2017. Cadeia produtiva do Cumbaru (*Dipteryx alata* Vogel) em Poconé, Mato Grosso. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 34, 37–58.
- Merritt, M.D., Dixon, K.W. 2011. Restoration Seed Banks: A Matter of Scale. *Policy Forum*, 332, 424–425.
- Moles, A.T. e Westoby, M. 2004. What do seedlings die from and what are the implications for evolution of seed size? *Revista Oikos*, 106, 193–199.
- Manonmani, V., Ambika, S., Bhaskaran, M. 2019. Germination and vigour of polymer coated cotton seeds under different water holding capacities. *Journal of Applied and Natural Science*, 11, 126–129.
- Monteiro, M.M., Vieira, D.A., Silva-Neto, C.M., Gatto, A., Venturoli, F. 2016. Abordagem multivariada do uso do hidrogel em espécies nativas do Cerrado em área degradada. *Tree Dimensional, Pró-Floresta*, 1, 1.

- Nieri, E.M., Macedo, R.L.G., Martins, T.G.V., Melo, L.A., Venturin, R.P., Venturin, N. 2018. Comportamento silvicultural de espécies florestais em arranjo para integração pecuária floresta. *Florest*, 48, 195–202.
- Nuttle, T. 2007. Evaluation of Restoration Practice Based on Environmental Filters. *Restoration Ecology*, 15, 330–333.
- Orikiriza, L.J.B., Agaba, H., Eilu, G., Kabasa, J.D., Worbes, M., Hüttermann, A. 2013. Effects of hydrogels on tree seedling performance in temperate soils before and after water stress, *Journal of Environmental Protection*, 4, 713–721.
- Palma, A.C. e Laurance, S.G.W. 2015. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go?. *Applied Vegetation Science*, 18, 561–568.
- Palmerlee, A.P. e Young, T.P. 2010. Direct seeding is more cost effective than container stock across ten woody species in California. *Native Plants Journal*, 11, 89–102.
- Passaretti, R.A., Pilon, N.A.L., Durigan, G. 2020. Weed control, large seeds and deep roots: Drivers of success in direct seeding for savanna restoration. *Applied Vegetation Science*, 0, 1–11.
- Pilon, N.A.L. e Durigan, G. 2013. Criteria to indicate priority species for the restoration of cerrado vegetation. *Scientia Forestalis*, 41, 389–399.
- Pires, A.C.V., Pereira, S.R., Fernandes, G.W., Oki, Y. 2021. Effect of *Brachiaria decumbens* on Herbivory and Development of Two Cerrado Native Leguminosae Species. *Planta Daninha*, 30, 737–746.
- Poorter, L., Bongers, F., Aide, T.M., Almeyda Zambrano, A.M., Balvanera, P., Becknell, J.M., Boukili, V., Brancalion, P.H.S., Broadbent, E.N., Chazdon, R.L., Craven, D., De Almeida-Cortez, J.S., Cabral, G.A.L., De Jong, B.H.J., Denslow, J.S., Dent, D.H., DeWalt, S.J., Dupuy, J.M., Durán, S.M., Espírito-Santo, M.M., Fandino, M.C., César, R.G., Hall, J.S., Hernandez-Stefanoni, J.L., Jakovac, C.C., Junqueira, A.B., Kennard, D., Letcher, S.G., Licona, J.C., Lohbeck, M., Marín-Spiotta, E., Martínez-Ramos, M., Massoca, P., Meave, J.A., Mesquita, R., Mora, F., Muñoz, R., Muscarella, R., Nunes, Y.R.F., Ochoa-Gaona, S., De Oliveira, A.A., Orihuela-Belmonte, E., Penã-Claros, M., Pérez-García, E.A., Piotto, D., Powers, J.S., Rodríguez-Velázquez, J., Romero-Pérez, I.E., Ruíz, J., Saldarriaga, J.G., Sanchez-Azofeifa, A., Schwartz, N.B., Steininger, M.K., Swenson, N.G., Toledo, M., Uriarte, M., Van Breugel, M., Van Der Wal, H., Veloso, M.D.M., Vester, H.F.M., Vicentini, A., Vieira, I.C.G., Bents, T.V.,

- Williamson, G.B., Rozendaal, D.M.A. 2016. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature*, 530, 211–214.
- Prefeitura Municipal de Campo Grande–MS. 2007. Secretária municipal de Campo Grande (SEMADUR).
- Raupp, P.P., Ferreira, M.C., Alves, M., Campos-Filho, E.M., Sartorelli, P.A.R., Hélder Nagai Consolaro, H.N., Vieira, D.L.M. 2020. Direct seeding reduces the costs of tree planting for forest and savanna restoration. *Ecological Engineering*, 148, 105788.
- R Core Team. 2018. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rego, N.H. e Urbanetez, C. 2017. Potencial do Uso da Semeadura Direta para a Recomposição Florestal no Pantanal da Nhecolândia, MS. Corumbá: Embrapa Pantanal (Embrapa Pantanal, Circular Técnico).
- Reis, L.K., Damasceno, G.A., Battaglia, L., Garcia, L.C. 2020. Can transplanting seedlings with protection against herbivory be a cost-effective restoration strategy for seasonally flooded environments? *Forest Ecology and Management*. In press. *Ecological Engineering*, 158.
- Reis, L.K., Guerra, A., Colado, M.L.Z., Borges, F.L.G., Oliveira, M.D.R., Gondim, E.X., Sinami, T.R.F., Guerin, N., Garcia, L. C. 2019. Which spatial arrangement of green manure is able to reduce herbivory and invasion of exotic grasses in native species?. *Ecological Applications*, 29, e02000.
- Rodrigues, R.R., Lima, R.A.F., Gandolfi, S., Nave, A.G. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 142, 1242–1251.
- Rozendaal, D.M.A., Chazdon, R.L., Arreola-Villa, F., Balvanera, P., Bentos, T.V., Dupuy, J.M., Hernández-Stefanoni, J.L., Jakovac, C.C., Lebrija-Trejos, E.E., Lohbeck, M., Martínez-Ramos, M., Massoca, P.E.S., Meave, J.A., Mesquita, R.C.G., Mora, F., PérezGarcía, E.A., Romero-Pérez, I.E., Saenz-Pedroza, I., van Breugel, M., Williamson, G.B., Bongers, F. 2017. Demographic drivers of aboveground biomass dynamics during secondary succession in neotropical dry and wet forests. *Ecosystems*, 20, 340–353.
- Sanchez-Gomez, D., Valladares, F., Zavala, M.A. 2006. Performance of seedlings of Mediterranean woody species under experimental gradients of irradiance and water availability: trade-offs and evidence for niche differentiation. *New Phytologist*, 170, 795–805.
- Sano, S.M. 2016. Critérios de seleção de Baru para produção de amêndoas e recomposição ambiental. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

- Sano, S.M., Fonseca, C.E.L.da, Silva, J.A.da. 1994. Crescimento de Baru, Jatobá e Mangaba sob cultivo. SBPC, 5.
- Sano, S.M., Ribeiro, J.F., Brito, M.A. 2004. Baru: biologia e uso. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF.
- Sijacic-Nikolic, M., Vilotic, D., Milovanovic, J., Veselinovic, M., Stankovic, D. 2010. Application of superabsorbent polymers in the production of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) and Austrian pine (*Pinus nigra* Arn.) seedlings. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19, 1180–1185.
- Silva, K.D., Basílio, A.C.A., Cunha, D.P.R., Araújo, M.S., Zucchi, M.R. 2019. Germinação de sementes de *Dipteryx Alata* sob diferentes condições de armazenamento. *Science & Technology*, 12, 31–40.
- Silva, R. R., Oliveira, D.R., Rocha, G.P.E., Vieira, D.L.M. 2015. Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth. *Restoration Ecology*, 23, 393–401.
- Silva, R.R., Vieira, D.L. 2017. Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. *Applied Vegetation Science*, 20, 410–421.
- Siqueira, A.C.M.F., Nogueira, J.C.B., Kageyama, P.Y. 1993. Conservação dos recursos genéticos ex situ do Cumbaru (*Dipteryx alata*) Vog - Leguminosae. *Revista do Instituto Florestal*, 5, 231–243.
- Soares, T.N., Chaves, L.J., Telles, M.P.C., Diniz-Filho, J.A.F., Resende, L.V. 2008. Distribuição espacial da variabilidade genética intrapopulacional de *Dipteryx alata*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43, 1151–1158.
- Souza, D.C. e Engel, V.L. 2018. Direct seeding reduces costs, but it is not promising for restoring tropical seasonal forests. *Ecological Engineering*, 116, 35–44.
- Souza, D.C., Engel, V.L., Mattos, E.C. 2021. Direct seeding to restore tropical seasonal forests: effects of green manure and hydrogel amendment on tree species performances and weed infestation. *Restoration Ecology*, 29.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., Murphy, A. 2017. *Fisiologia vegetal*, 6º edição, Porto Alegre, Artmed.
- Tukey, J. 1949. Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics*, 5, 99–114.
- Vitis, M., Hay, F.R., Dickie, J.B., Trivedi, C., Choi, J., Fiegenger, R. 2020. Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. *Restoration Ecology*, 28, S249–S255.

Warton, D.I e Hui, F.K.C. 2011. The arcsine is asinine: the analysis of proportions in ecology, *Ecology*, 92, 3–10.

Material suplementar

Tabela S1. Lista de espécies nativas utilizadas no Sistema Agroflorestal nas quatro áreas experimentais. *espécies exóticas para culturas temporárias

Família botânica	Nomes científicos	Nomes populares	Espaçamentos
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Guaritá	3x2
	<i>Myracrodruon urundeuva</i> M. Allemão	Aroeira	3x2
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Mangaba	3x2
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-Roxo	3x2
	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	Ipê-Amarelo	3x2
	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Caroba	3x2
	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê-Branco	3x2
Fabaceae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Angico-Vermelho	3x2
	<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	Feijão-de-porco*	1x1
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Pau-D'oléo	3x2
	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Cumbaru/Baru	5x3
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá	3x2
	<i>Inga vera</i> Willd.	Ingá do brejo	3x2

	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Canafístula	3x2
	<i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth	Roxinho/Pau-roxo	3x2
Lamiaceae	<i>Vitex polygama</i> Cham.	Tarumã	3x2
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Chico Magro /mutambo	3x2
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro Rosa	3x2
Myrsinaceae	<i>Rapanea gardneriana</i> (A.DC.) Mez	Capororoca	3x2
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá	3x2
	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiaba-Vermelha	3x2
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	Marmelo	3x2
	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	3x2
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Curriola	3x2

Tabela S2: Análise química das quatro áreas de experimento, muito baixo (m.b), Al (Alumínio) e Mg (magnésio), *Fazenda Paraíso e Natureza – dados não disponibilizados (s/i-sem informação)

Áreas de experimento	pH	Fosforo			Potássio	MO %	Ca+ Mg	Al	Mg
		argiloso	franco	arenoso					
Fazenda Crescente	baixo	m.b	m.b	m.b	baixo	bom	baixo	médio	baixo
Estância Dois Irmãos	baixo	m. b	m.b	m.b	m.b	bom	baixo	médio	baixo
Fazenda Paraíso	médio	m.b	m.b	m.b	m.b	bom	baixo	baixo	baixo
Fazenda Paraíso e Natureza*	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i

Tabela S3: Análise física das propriedades Estância Dois Irmãos e Fazenda Paraíso. *Fazenda Paraíso e Natureza e *Fazenda Crescente – dados não disponibilizados (s/i- sem informação)

Áreas de experimento	Solo		
	Areia	Argila	Silte
Fazenda Crescente*	s/i	s/i	s/i
Estância Dois Irmãos	570	60	370
Fazenda Paraíso	510	60	430
Fazenda Paraíso e Natureza*	s/i	s/i	s/i

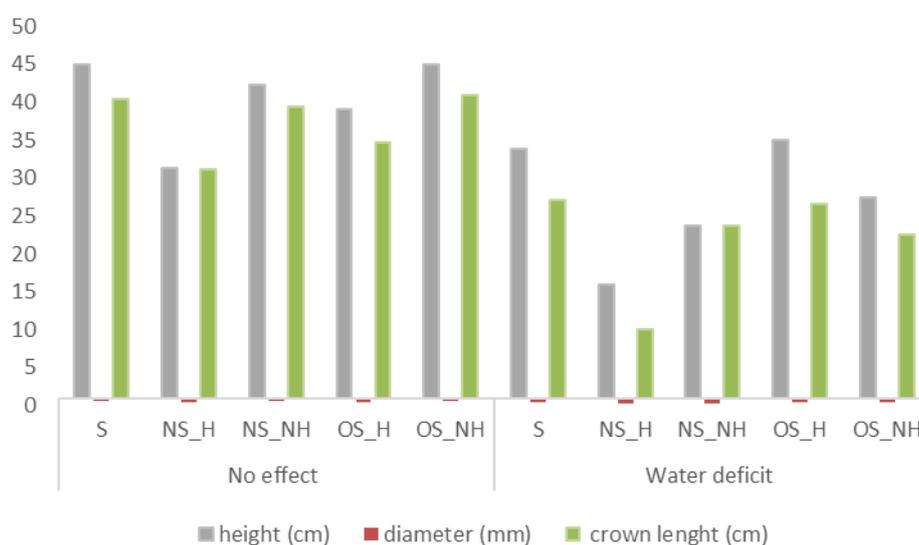


Figura S1: Tamanho final, dada pela altura, diâmetro e comprimento de copa (12 meses) de duas áreas, das fazendas Crescente e Dois Irmãos nos cinco tratamentos: menor tempo de estocagem com hidrogel (LST_H), menor tempo de estocagem sem hidrogel (LST_NH), maior tempo de estocagem com hidrogel (GST_H), maior tempo de estocagem sem hidrogel (GST_NH) e mudas (S). *No effect* indica área sem o efeito aparente dos filtros de herbivoria ou estresse hídrico.



Figura S2: a) berço sendo perfurado com motocoveadora (40cm de profundidade) para inserção de mudas e sementes de *D.alata*. b) berço com hidrogel (1 litro) para a inserção das mudas de *D.alata*.



Figura S3: berço com hidrogel para inserção das sementes de *D.alata*, com profundidade ~5cm (para as sementes sem hidrogel utilizamos a mesma metodologia).