



**INSTITUTO
FEDERAL**

Brasília

Instituto Federal de Brasília
Campus Planaltina
Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia

LUANN DE BARROS SILVA

**PLANTIO DE ÁRVORES POR SEMEADURA DIRETA VISANDO A
RESTAURAÇÃO PRODUTIVA NO CERRADO:**

Análise de inoculação de fungo micorrízico arbuscular e uso de polímero
superabsorvente

Planaltina - DF
2024

LUANN DE BARROS SILVA

**PLANTIO DE ÁRVORES POR SEMEADURA DIRETA VISANDO A
RESTAURAÇÃO PRODUTIVA NO CERRADO:**

Análise de inoculação de fungo micorrízico arbuscular e uso de polímero
superabsorvente

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Tecnologia em
Agroecologia do Instituto Federal de
Brasília, Campus Planaltina como parte da
exigência para obtenção do título de
Tecnólogo em Agroecologia.

Orientadora: Prof. Dra. Elisa Pereira
Bruziguessi

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Luís da
Silva Carvalho

Planaltina
2024

Dedico a todos que lutam por um planeta
mais verde, vivo e equânime! Pelas futuras
gerações!

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e minhas irmãs por todo apoio e incentivo, nas horas mais desafiadoras da minha caminhada. Em especial a minha mãe que sempre fez um papel de amiga e mestra nos aspectos morais e visões de mundo que muito me influenciaram positivamente! Por ter ido em campo e ter as mãos dela nos resultados obtidos! Minha irmã Sofia que também ajudou dentro e fora de campo! Por sempre me apoiarem nas boas decisões e criticarem quando necessário.

Agradeço imensamente a minha companheira Ana que esteve presente dentro e fora de campo. Pela motivação, apoio e companheirismo! Obrigado meu amor!

Agradeço a Prof.^a Elisa, que me proporcionou o suporte técnico e prático necessário para a realização deste experimento! Por ser uma excelente orientadora, que dá o exemplo na fala e na prática, que dialoga na construção crítica, cordial e dinâmica! Obrigado professora!

Ao Professor Luís Roberto que subsidiou as bases analíticas, estatísticas e de manejo no programa que utilizamos para analisar os dados do experimento!

A todos os alunos e professores que direta ou indiretamente auxiliaram na implantação do experimento ou em momentos específicos, em especial ao Prof. Uirá a quem muito devo da experiência analítica e de campo! Prof. Paulo por ter colocado a mão na massa e auxiliado no chamamento do mutirão para o plantio, assim como a Prof^a Marina, a colega Marília, Prof. Igor e tantos mais que se fizeram presentes!

Ao IFB, Campus Planaltina que me serviu de 'escola' para o contato com a Agroecologia de forma formal fomentando as bases científicas e práticas deste trabalho que foi desenvolvido e ao CNPq que fomentou a pesquisa com auxílio econômico na realização deste experimento.

A vida é infinitamente indefinível e ao mesmo tempo perfeita! Ao repassar os passos dados até chegar aqui posso vislumbrar o quanto precisamos e somos conectados com todos ao nosso redor! Uma singela palavra pode nos trazer tantas percepções que nos impactam de tal modo que afetam nossas ações e decisões! Foi um pouco desse emaranhado de contribuições, desde simples gestos a grandes apontamentos que culminaram nos resultados para realizar este experimento, que por sinal muito ainda poderia ser melhorado, aprofundado e aproveitado. Sou grato a cada ser que passou pela minha caminhada.

Agroecologia sem luta de classes é uma floresta fadada a total senescência.

— **Autor desconhecido.**

RESUMO

O Cerrado, reconhecido como o segundo maior bioma brasileiro e um dos mais biodiversos do mundo, tem sido severamente impactado pelo desmatamento e pela conversão de suas áreas naturais em pastagens e campos agrícolas. Diante desse cenário, a restauração ecológica associada à produção sustentável surge como uma estratégia importante para este bioma. Este estudo visou avaliar o estabelecimento e crescimento de nove espécies arbóreas, sendo 8 delas nativas do Cerrado, plantadas por semeadura direta, testando duas intervenções adicionais: a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (*Rhizophagus intraradices*) nas sementes e o uso de um polímero superabsorvente derivado de fraldas descartáveis depositado no solo. A inoculação com fungo micorrízico arbuscular (FMA) demonstrou ser uma técnica com potencial para aumentar a absorção de nutrientes, contribuindo com o aumento do crescimento inicial das espécies estudadas. O uso do polímero superabsorvente mostrou-se promissor, favorecendo a sobrevivência e estabelecimento das plântulas, possivelmente por aumentar o fornecimento de água ao solo em períodos de veranicos. Estes resultados sugerem que a integração dessas práticas pode aumentar o sucesso de programas de restauração produtiva no Cerrado, porém mais estudos precisam ser desenvolvidos para aumentar a compreensão destes processos, incluindo outras localidades, ambientes e espécies.

Palavras-chave: Agroecologia; restauração produtiva; fungo micorrízico arbuscular; polímero superabsorvente; semeadura direta.

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

The Cerrado, recognized as the second largest Brazilian biome and one of the most biodiverse in the world, has been severely impacted by deforestation and the conversion of its natural areas into pastures and agricultural fields. In this scenario, ecological restoration associated with sustainable production emerges as an important strategy for this biome. This study aimed to evaluate the establishment and growth of nine tree species, 8 of which are native to the Cerrado, planted by direct sowing, testing two additional interventions: the inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi (*Rhizophagus intraradices*) in the seeds and the use of a superabsorbent polymer derived from disposable diapers deposited on the soil. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) demonstrated to be a technique with potential to increase nutrient absorption, contributing to an increase in the initial growth of the species studied. The use of the superabsorbent polymer showed promise, favoring the survival and establishment of seedlings, possibly by increasing the water supply to the soil during summer periods. These results suggest that the integration of these practices can increase the success of productive restoration programs in the Cerrado, but more studies need to be developed to increase the understanding of these processes, including other locations, environments and species.

keywords: Agroecology; productive restoration; arbuscular mycorrhizal fungus; superabsorbent polymer; direct sowing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

- Figura 1. Localização do experimento sobre diferentes métodos de semeadura direta para restauração ecológica dentro do IFB, Campus Planaltina, DF.....20
- Figura 2. Distribuição dos tratamentos na área experimental no IFB, Campus Planaltina, DF.....21
- Figura 3. Preparo da área experimental com implemento sulcador. Fonte: Arquivo pessoal.....21
- Figura 4. A) Plantio de sementes de 9 espécies nos sulcos ao longo da linha, cada repetição com 2 metros, com mudas nas extremidades; B) fechamento dos sulcos após o plantio de cada unidade amostral entre mudas. Fonte: arquivo pessoal.....22
- Figura 5. Separação e hidratação do PSA proveniente de fraldas descartáveis para uso em experimento de semeadura direta de espécies arbóreas. Fonte: arquivo pessoal.....24
- Figura 6. A) Solução para fixação do inoculante à base de goma xantana e água; B e C) Impregnação das sementes com a solução (acima à direita e abaixo à esquerda); D) Medição da dosagem do produto 'Rootella BR' (*R. intraradices*) para aplicação nas sementes. Fonte: arquivo pessoal.....25
- Figura 7. A) Sementes das espécies nativas (chichá, copaíba, landim, jatobá-da-mata, mata-cachorro). B) Sementes das espécies nativas e mogno (ipê-rosa, angico-vermelho, tingui e mogno). C) Coleta de dados. D) Plântulas de mogno, jatobá-da-mata, mata-cachorro e chichá.....26
- Figura 8. Estabelecimento (percentual) das espécies estudadas após 22 meses, nos tratamentos com Fungo (*R. intraradices*), Testemunha (controle) e PSA (Polímero superabsorvente). 29
- Figura 9. Média do incremento do DAS em cada tratamento, 22 meses após o plantio de 9 espécies arbóreas em experimento com semeadura direta. 30
- Figura 10. Incremento do DAS após 22 meses por tratamento de todas as espécies avaliadas aos 22 meses após o plantio em experimento com semeadura direta.....33
- Figura 11. Espécies arbóreas recém germinadas, em uma unidade amostral do experimento com semeadura direta (à esquerda); árvores já estabelecidas, em alta densidade, 2 anos e meio após o plantio (à direita). Fonte: arquivo pessoal. 34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies plantadas via semeadura direta em experimento no IFB, Planaltina-DF.....	23
Tabela 2. Média do incremento do DAS por espécie em cada tratamento aos 22 meses após o plantio em experimento com semeadura direta. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).	31
Tabela 3. Média da altura (H final), média do diâmetro à altura do solo (DAS final) e número de indivíduos (N) por tratamento.	42
Tabela 4. Média da altura (H final), média do diâmetro na altura do solo (DAS final) e número de indivíduos (N) de todas as espécies.....	42

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1.1 Inoculação de fungo micorrízico arbuscular em plantios de árvores	15
1.2 Uso de polímero superabsorvente, proveniente de fraldas descartáveis, em plantios de árvores	17
DESENVOLVIMENTO	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS.....	36
APÊNDICE A — MATERIAL RELATIVO À ALTURA E ‘DAS’ FINAL....	42

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, compreendendo cerca de 22% do território nacional sendo, mais de 2 milhões de km² (o que equivale a mais de 200 milhões de ha). É considerado um dos mais relevantes “hotspots” do mundo e a savana mais biodiversa do mundo, compreendendo mais de 12.000 espécies vegetais, sendo que cerca de 35% destas são endêmicas do bioma (CEPF, 2018; MMA, 2007; Garcia, 2014). Faz divisa com todos os demais biomas brasileiros, exceto o Pampa, além de representar 5% da biodiversidade global (Aguar e Camargo, 2004).

Quase metade da área original do bioma Cerrado já foi alterada, dando lugar a pastagens e cultivos agrícolas (BRASIL/MMA, 2015), pesquisas apontam que apenas 20% do bioma está intacto e apenas 8% protegido, sendo apenas 3,2% Unidades de Conservação de proteção integral e 5,36% unidades de uso sustentável em reservas ou área de proteção (CEPF, 2022). Mesmo sendo considerado o berço das águas do país, alimentando 8 das 12 principais bacias hidrográficas nacionais, ainda é um bioma pouco protegido (Bolfé et al., 2020). Estudos que utilizaram como base de dados o CAR (Cadastro Ambiental Rural) indicaram que a taxa de desmatamento em áreas privadas entre 2002 e 2020 superaram as áreas de conservação, portanto incentivar a restauração produtiva coloca-se como mais uma opção de frear o desmatamento do Cerrado, e dos demais biomas brasileiros (Silva et al., 2023). Em 2023 o Relatório Anual de Desmatamento do Brasil (RAD) feito pela plataforma MapBiomas, realizado anualmente desde 2019, demonstrou que pela primeira vez o Cerrado ficou com a primeira posição de bioma mais desmatado com 1.110.326 hectares suprimidos tanto de formações florestais e savânicas representando 60,7% do desmatamento nacional, frente a 24,8% da Amazônia (RAD2023, 2023).

No Brasil existe um grande passivo ambiental com necessidade de restauração de milhões de hectares que foram desmatados ilegalmente, o Brasil firmou acordo com a Organização das Nações Unidas que estabelece metas relativas às mudanças climáticas. Neste sentido o país virou signatário do Acordo de Paris, se comprometendo a restauração de 12 milhões de hectares até 2030 (Brazil, 2015; Costa, et al., 2017). Para se alcançar tamanha meta faz-se necessário adotar os métodos restaurativos que possuam eficiência e buscar melhorá-los, visando também

diminuir custos para o agricultor(a) e instituições envolvidas na restauração (Consolaro et al., 2019).

Dentre as técnicas de restauração o plantio de mudas é o método mais utilizado no Brasil e no mundo (Palma e Laurence, 2015), embora o uso da semeadura direta venha crescendo consideravelmente nos últimos anos. Porém, o seu uso, seja para compor os sistemas produtivos ou restaurar áreas, apresenta algumas dificuldades, como: o alto custo de produção e transporte (Cole et al., 2011); pouca diversidade de espécies nos viveiros locais (Barbosa et al., 2003), danos das mudas com o transporte e mortalidade após o plantio em campo. Uma alternativa que vem se expandindo é a técnica da semeadura direta (Grossnickle e Ivetic, 2017), pois seus custos de transporte e mão de obra são reduzidos, é possível mecanizar o plantio, não exige viveiros e maquinário específico e a planta cresce em ambiente definitivo, portanto, não sofre com a adaptação em campo (Palma e Laurence, 2015; Silva e Vieira, 2017). Além disso custa de 30 a 38% do valor de plantio de mudas por hectare, enquanto um plantio por mudas pode chegar a R\$40.000,00, o plantio por semeadura direta em vários cenários possui custo inferior a R\$10.000,00 por hectare, obteve uma média de R\$8.243,5 por hectare em 8 implementações (Rocha, et al., 2020; Grossnickle e Ivetic, 2017).

A semeadura direta é uma técnica que pode proporcionar um grande estabelecimento de plântulas em campo, porém, as condições edafoclimáticas como a fertilidade do solo, o clima, a sazonalidade, que é comum e característica do bioma Cerrado, afetam o percentual de estabelecimento, os grupos sucessionais no tempo, no espaço e consequentemente pode afetar as funcionalidades ecológicas de cada espécie (Rocha et al., 2020b).

A técnica de semeadura direta vem sendo amplamente utilizada em plantios para restauração de área degradadas no Cerrado e em outros biomas (Grossnickle e Ivetic, 2017; Camargo, 2013), mas também pode ser utilizada em sistemas produtivos com diversos desenhos, como sistemas agroflorestais, aleias multifuncionais, sistemas agrossilvipastoris, proporcionando maior agrobiodiversidade local e diversificação na renda dos produtores.

Fatores bióticos como predação das sementes, predação de formigas e competição com plantas espontâneas também costumam afetar a sobrevivência e estabelecimento das plântulas (Grossnickle e Ivetic, 2017). Outras vantagens da

semeadura direta e que se aplicam também a contextos que visam conciliar restauração e produção é gerar árvores mais altas, com menos bifurcações (parâmetro interessante para o uso madeireiro ou para mourões) e a possibilidade de selecionar os indivíduos mais vigorosos e bem-posicionados, já que se costuma plantar as sementes em alta densidade (Freitas et al., 2019; Pellizzaro, 2016; Alves, 2016). Ao realizar plantios bastante adensados promove-se uma elevada cobertura do solo capaz de acelerar o sombreando e ajudar na eliminação de gramíneas exóticas (Muehlethaler & Kamm, 2009), elencado como um dos maiores desafios em plantios de restauração (Sampaio et al., 2007).

A Agroecologia, como ciência, prática e movimento, emerge como uma alternativa relevante para conciliar a restauração de áreas degradadas com sistemas produtivos ecológicos, promovendo agroecossistemas mais resilientes à crise climática. A Agroecologia pode contribuir para a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs), oferecendo retornos monetários para as comunidades locais através da sociobiodiversidade conservada e o fomento a cadeias produtivas do extrativismo e agroextrativismo, além de aliar os benefícios da conservação de serviços ecossistêmicos (Dutra et al., 2018; Nogueira e Fleischer, 2005). A Agroecologia se destaca na restauração e resiliência de agroecossistemas à medida que dá centralidade em suas práticas à temática da qualidade do solo, especialmente a importância da vida no solo (Primavesi, 1979; Pinheiro, 2018), incluindo a relevância de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA).

1.1 Inoculação de fungo micorrízico arbuscular em plantios de árvores

A simbiose entre fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e plantas é uma das associações mais antigas e importantes na história evolutiva das plantas terrestres, datando de cerca de 450 milhões de anos. Esses fungos, como *Rhizophagus intraradices*, pertencente ao gênero *Glomerales* e à família *Glomeraceae*, formam associações inter e intracelulares com as raízes da maioria das plantas vasculares (cerca de 80-90% das espécies vegetais), promovendo benefícios substanciais no crescimento e na saúde das plantas (Smith e Read, 2008; Brundrett, 2009).

Os FMAs desempenham um papel importante na absorção de nutrientes, particularmente fósforo (P), que é frequentemente um nutriente limitado em solos

tropicais como, os do Cerrado. Além disso, os FMAs aumentam a absorção de outros nutrientes essenciais, como nitrogênio (N), zinco (Zn), e cobre (Cu), além de melhorar a eficiência no uso da água, conferindo maior resistência à seca (Vargas et al., 2020; Pinheiro, 2018; Van Der Heijden et al., 2015). Os solos do Cerrado possuem uma fertilidade naturalmente baixa, e quando são degradados a fertilidade é afetada tanto químico-física, mas também biologicamente, neste contexto a inoculação de FMAs pode ser uma estratégia interessante para aumentar as taxas de sobrevivência e crescimento das plantas em contextos de restauração (Lobato e Sousa, 2007).

Estudos recentes demonstram que a inoculação com *Rhizophagus intraradices* pode melhorar significativamente o crescimento de espécies arbóreas. Por exemplo, em experimentos com acácia mangium (*A. mangium*) e eucalipto (*E. grandis*), a inoculação com FMAs aumentou a biomassa total das plantas em mais de 50%, além de melhorar a resistência a estresses bióticos e abióticos (Martins et al., 2018; Sousa et al., 2021). Outro estudo realizado por Santos et al. (2017) demonstrou que a inoculação com FMAs promoveu um crescimento mais rápido e uniforme em cedro-rosa (*Cedrela fissilis*) e jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril*), duas espécies nativas do Cerrado, ressaltando o potencial dessa técnica para programas de restauração. Abreu et al. (2020) analisaram o efeito de FMA em *D. alata* e constataram melhora no crescimento, na produção de matéria seca e qualidade das mudas, mas sem diferença estatística com outras variáveis avaliadas, já para a canafístula (*P. dubium*), Bassan et al. (2020) evidenciaram que não houve diferença no desenvolvimento de mudas desta espécie inoculadas com FMA, em contraponto Guirardi et al. (2020) analisaram que FMA melhoraram significativamente altura e diâmetro na altura do coleto de mudas de amendoim-bravo (*P. nitens*) demonstrando que ocorrem diferentes relações e interações de acordo com as características ecofisiológicas das espécies e consequentemente sua predisposição a simbiose com determinados fungos micorrízicos arbusculares. Além dos benefícios na absorção de nutrientes, os FMAs também contribuem na proteção das plantas contra patógenos do solo, como nematoides e fungos patogênicos. Essa proteção ocorre por meio de mecanismos indiretos, como a ativação de respostas de defesa da planta, e diretos, como a competição por recursos e espaço na rizosfera (Li et al., 2020; Camargo et al., 2022; Silva-Campos et al., 2008). Em solos contaminados por metais pesados, a presença de FMAs pode ajudar a planta a tolerar a toxicidade desses elementos, uma

vez que os FMAs podem imobilizar os metais nas hifas ou alterá-los para formas menos tóxicas, inibindo a absorção destes materiais por parte das plantas, esta capacidade dos fungos é conhecida como biorremediação (Ghosh; Singh, 2005; Zhang et al., 2019). Outra capacidade que alguns estudos vêm demonstrando é a biodegradação realizada por certas espécies de fungos que estão demonstrando a capacidade de degradar, decompor polímeros sintéticos de vários tipos essa funcionalidade é muito relevante, considerando o potencial contaminante dos polímeros sintéticos (Sandonato, 2011).

O uso de FMAs é uma prática já reconhecida na agricultura, mas em projetos de restauração ecológica, especialmente em biomas como o Cerrado, ainda é pouco explorado e possui grande potencial. Além da capacidade dos FMAs de melhorarem a resiliência das plantas a condições adversas, com solos pobres em nutrientes ou com pouca biodisponibilidade, secas prolongadas e altas temperaturas, cada vez mais recorrentes no bioma Cerrado, de acordo com Augé (2001) e Simpson e Daft (1990) eles também possuem a capacidade de diminuir a necrose foliar, a queda de folhas (abscisão foliar), retardar a senescência das folhas e gerar uma maior taxa fotossintética. Portanto, a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares representa uma estratégia promissora para aumentar o sucesso de plantios de restauração ecológica e em diversos sistemas produtivos, pois sua aplicação pode melhorar o crescimento e a sobrevivência das plantas e contribuir para a resiliência dos agroecossistemas, (Hoffmann e Lucena, 2006).

1.2 Uso de polímero superabsorvente, proveniente de fraldas descartáveis, em plantios de árvores

Um dos principais desafios dos plantios de restauração ecológica no Bioma Cerrado é a alta mortalidade das plântulas influenciada pela irregularidade da distribuição das chuvas (Assad et al., 1993; Nascimento et al, 2021; Bolfe et al., 2020) já que a irrigação não costuma ser utilizada devido aos altos custos.

Ao mesmo tempo a sociedade também possui um grande problema relacionado a enorme produção de resíduos. Crescem esforços para encontrar soluções para minimizar o problema, como políticas e campanhas para diminuir o uso de descartáveis, incentivar a reutilização e reciclagem de materiais, além do uso de

materiais alternativos mais biodegradáveis e menos poluentes. Um produto que se destaca atualmente pelo grande consumo e geração de lixo são as fraldas plásticas descartáveis, para contextualizar uma criança de um ano de idade pode usar mais de 3.000 fraldas descartáveis (Beltrame, 2023). Elas representam 2% do volume total de um lixão ou aterro e podem demorar até 500 anos para se decompor (Ecycle, 2014). Atualmente o Brasil é o 3º maior consumidor de fraldas descartáveis, ainda com tendência de alta no seu consumo (Leslie et al., 2022; Avelar et al., 2017).

Ao tentar reutilizar o hidrogel contido nas fraldas busca-se arrefecer o impacto gerado nos lixões ou aterros e no meio ambiente ao utilizar este material como uma alternativa ao hidrogel agrícola, que da mesma forma gera um impacto no meio ambiente, neste sentido, a possibilidade de reutilização deste produto inibe a produção de outro, seguindo, portanto, a não produção, redução e reutilização deste material de acordo com os objetivos da Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Há também a possibilidade de biodegradação deste material por parte de alguns fungos, de acordo com estudo realizado por Sandonato (2011).

As fraldas descartáveis possuem em sua constituição um polímero sintético superabsorvente (daqui para frente chamado de PSA) constituído de poliacrilato de sódio, que para equilibrar sua diferença de íons de sódio dentro e fora do polímero sofre uma pressão osmótica resultando na absorção da água realizada pelo polímero (Shakhashiri, 1985, apud Marconato e Franchetti, 2002). Este material possui a capacidade de absorção de 200 a 300 vezes a sua própria massa em água (Marconato e Franchetti, 2002), podendo chegar a 800 vezes no caso da água destilada (Arney, 2017).

Na agricultura um outro tipo de PSA, popularmente chamado de hidrogel vem ganhando espaço nos últimos anos no contexto agrônômico por sua capacidade de aumentar a retenção e disponibilização de água para os cultivos agrícolas com potencial para economia de irrigação e aumento da sobrevivência de mudas (Navroski et al., 2015). No Brasil, os estudos com hidrogéis ganharam destaque com os trabalhos desenvolvidos por Balena (1998) e Azevedo (2000) que demonstraram seu efeito em espécies agrícolas alimentícias (Azevedo et al., 2002, Sapelli et al., 2024). Porém, os hidrogéis usados na agricultura são formados por um polímero diferente das fraldas, chamado poliacrilamida, em que o mecanismo de absorção da água se

dá por meio da formação de pontes de hidrogênio. Uma diferença prática de ambos os materiais se refere ao menor volume do polímero presente nas fraldas quando hidratado (Marconato e Franchetti, 2002). Existem poucas pesquisas acerca do potencial da reutilização de fraldas para reter água no solo para fins agrícolas e florestais. Ao avaliar a capacidade de retenção de água do polímero superabsorvente das fraldas em um ambiente artificial usando substrato arenoso, os resultados demonstraram que com o PSA o volume de água retida foi de 82 a 87%, comparado a 51% no substrato com areia sem este polímero (Júnior et al., 2015).

Não foram encontradas pesquisas em campo com testes do potencial de reutilização das fraldas para retenção de água no solo para plantio de árvores. No entanto, existem estudos que mostram o potencial do uso de hidrogel comercial, como uma alternativa de se obter maior eficiência no uso da água no solo, com demonstração, por exemplo, no contexto de produção de mudas em viveiros e na redução da irrigação e melhoria do crescimento inicial de mudas de peito-de pombo (*T. guianensis*), jenipapo (*G. americana*), cedro-rosa (*C. fissilis*), jatobá-da-mata (*H. courbaril*), ipê-amarelo (*H. serratifolius*) e ingá-feijão (*I. cylindrica*) de acordo com Fonseca et al. (2017) e de acordo com Navroski et al. (2015) em mudas de eucalipto (*E. dunnii*).

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar o estabelecimento e crescimento de 9 espécies arbóreas plantadas por semeadura direta visando a restauração ecológica produtiva. Como objetivos específicos visou-se verificar a eficácia de dois outros procedimentos aliados à esta técnica de semeadura direta: 1) Testar se a inoculação de fungo *R. intraradices* nas sementes aumenta o estabelecimento e crescimento das plantas; 2) Testar se o uso de polímero superabsorvente proveniente de fraldas descartáveis quando misturado ao solo aumenta o estabelecimento e crescimento das plantas.

DESENVOLVIMENTO

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Brasília (IFB), Campus Planaltina – DF, ($15^{\circ}39'33.8''\text{S}$ $47^{\circ}41'19.2''\text{W}$), próxima a uma Mata de Galeria (Figura 1) com vegetação nativa remanescente, porém, o local do experimento sofreu desmatamento para uso agrícola há mais de 50 anos atrás. O clima é do tipo Tropical (Aw) segundo classificação de Köppen e o índice de pluviosidade varia entre 1.400 e 1.450 mm/ano com uma concentração da precipitação pluviométrica nos meses de novembro a março. A declividade está entre 2 e 3% (PAULA et al. 2022) O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, porém próximo a área com solo hidromórfico (Embrapa, 2011), a área está localizada a aproximadamente 935 metros de altitude.



Figura 1. Localização do experimento sobre diferentes métodos de semeadura direta para restauração ecológica dentro do IFB, Campus Planaltina, DF.

A área experimental é composta por 5 linhas de 72 m de comprimento com espaçamento entre linhas de aproximadamente 8 m (Figura 2). Utilizou-se 3 tratamentos: 1) testemunha, onde as sementes foram diretamente plantadas; 2) Plantio das sementes com PSA adicionado ao solo; 3) Plantio das sementes

inoculadas com FMA (*Rhizophagus intraradices*). A distribuição dos tratamentos nas 5 linhas está representada na Figura 2. Em novembro de 2021 foi realizado o preparo da área, inicialmente com a roçadeira acoplada no trator e posteriormente foi feito o preparo mecânico das linhas utilizando o implemento sulcador (Figura 3).



Figura 2. Distribuição dos tratamentos na área experimental no IFB, Campus Planaltina, DF.



Figura 3. Preparo da área experimental com implemento sulcador. Fonte: Arquivo pessoal.

Cada linha é composta por 36 repetições (2 metros cada), onde foram plantadas sementes das 9 espécies estudadas em todas as repetições. Em cada repetição de 2 metros lineares, as sementes de cada espécie foram dispostas com aproximadamente 15-20cm entre si, sendo que nas extremidades havia mudas previamente plantadas (Figura 04), dentro de cada repetição de 2 m, o início da semeadura sempre ocorreu a 25 cm de distância das mudas e finalizou também a 25 cm de distância da muda seguinte.



Figura 4. A) Plantio de sementes de 9 espécies nos sulcos ao longo da linha, cada repetição com 2 metros, com mudas nas extremidades; B) fechamento dos sulcos após o plantio de cada unidade amostral entre mudas. Fonte: arquivo pessoal.

Em dezembro de 2021 foi realizado o plantio das sementes através da técnica de semeadura direta utilizando 09 espécies (Tabela 01), todas nativas do bioma Cerrado, exceto o mogno (*S. macrophylla*) que é nativo da Floresta Amazônica, mas que possui incidência fitogeográfica no Cerrado em áreas de transição com o bioma amazônico. Estas espécies foram selecionadas pelo uso potencial para a restauração ecológica produtiva por meio de semeadura direta, além da intenção de intercalar espécies com estágios sucessionais e porte diferentes como também da facilidade de aquisição das sementes, seja por coleta ou compra.

Tabela 1. Espécies plantadas via semeadura direta em experimento no IFB, Planaltina-DF.

Família botânica	Espécie	Nome popular
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá-da-mata
Fabaceae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Angico-vermelho
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba
Malvaceae	<i>Sterculia striata</i>	Chichá
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Landim
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	Mogno
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i>	Tingui
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i>	Mata-cachorro
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-rosa

Foi realizado choque térmico nas sementes de jatobá e copaíba com o intuito de quebrar a dormência. Primeiramente, foram plantadas as sementes do tratamento testemunha, ou seja, apenas as sementes diretamente no solo, sem inoculante e sem PSA, em um sulco feito manualmente de aproximadamente 5 cm de profundidade. No momento de enterrar as sementes tentou-se fazê-lo de forma proporcional à espessura de cada espécie, ou seja, sementes maiores um pouco mais profundas (2 a 3 cm) e sementes menores mais rasas (0,5 a 1 cm). Para todos os tratamentos tentou-se homogeneizar a profundidade de plantio.

Antes do plantio das sementes do tratamento com PSA foi adicionado nos sulcos o PSA das fraldas que foram preparados previamente no dia do plantio. O preparo consistiu na hidratação total das fraldas de forma a homogeneizar a quantidade de água absorvida e facilitar a separação do PSA (Figura 4). Posteriormente as fraldas foram rasgadas manualmente para a retirada do PSA já hidratado. Este foi levado a campo e foi adicionado 0,6 litros de PSA em cada sulcos com 1,5 metro de comprimento por 0,2 metro de largura, já nivelado e com profundidade média de 5 cm, correspondendo a média de 400 ml por metro linear. Em seguida os sulcos foram preenchidos com terra e misturados com o PSA e as sementes foram plantadas por semeadura direta em dezembro de 2021.



Figura 5. Separação e hidratação do PSA proveniente de fraldas descartáveis para uso em experimento de semeadura direta de espécies arbóreas. Fonte: arquivo pessoal.

Previamente ao plantio das sementes do tratamento com FMA, realizou-se a inoculação do fungo *R. intraradices* sendo este proveniente do produto 'Rootella BR' (Figura 6). Este procedimento ocorreu no viveiro do Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina utilizando-se goma xantana a 1% em água para auxiliar na inoculação das sementes. A água foi previamente esterilizada, sendo fervida por 5 minutos e utilizada após alcançar a temperatura ambiente. As sementes foram impregnadas pelo preparado de goma xantana e em seguida foram usados 8g de Rootella BR para o conjunto das sementes de cada espécie, exceto em mata-cachorro, angico-vermelho e ipê-rosa, onde foram utilizados 4g do produto, por possuir área de superfície específica maior que as demais espécies. Foi utilizada uma colher dosadora de alta precisão. As sementes inoculadas foram plantadas em campo no mesmo dia que as demais sementes, no 03 de dezembro de 2021.

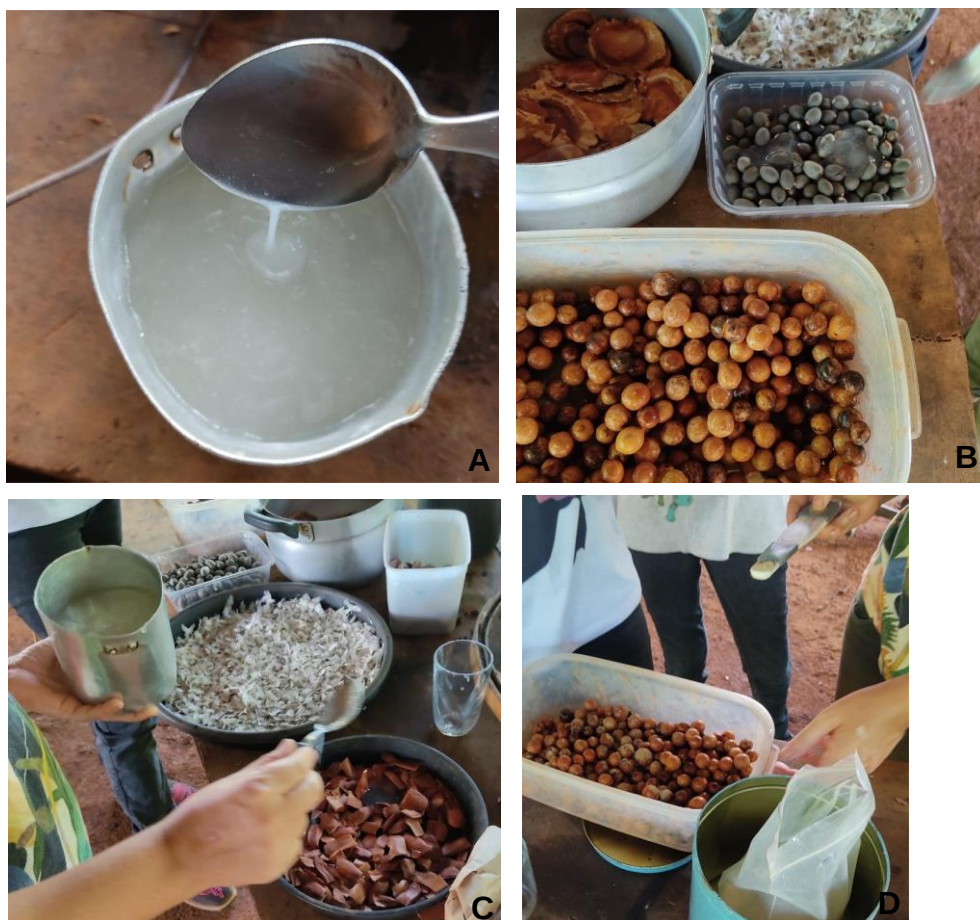


Figura 6. A) Solução para fixação do inoculante à base de goma xantana e água; B e C) Impregnação das sementes com a solução (acima à direita e abaixo à esquerda); D) Medição da dosagem do produto 'Rootella BR' (*R. intraradices*) para aplicação nas sementes. Fonte: arquivo pessoal.

A primeira medição do crescimento destas espécies ocorreu em maio de 2022 e foi realizada por meio da mensuração do diâmetro do tronco à altura do solo (DAS) com paquímetro digital, e da altura (gema apical) com régua/trena graduada em centímetros (Fig. 07), embora os dados de altura não tenham sido incluídos neste trabalho. Nesta ocasião foi realizado o mapeamento das plântulas por meio da medição do posicionamento de cada indivíduo de acordo com trena esticada paralelamente a linha de plantio. Em outubro de 2023 realizou-se outra medição do crescimento das plantas utilizando-se a mesma metodologia, neste momento foi possível averiguar os dados de sobrevivência e estabelecimento, ou seja, 22 meses após o plantio e 17 meses após a verificação do estabelecimento inicial. Todos os dados foram tabulados em planilha Excel. Foi verificado a tendência à homogeneidade e normalidade dos dados coletados e estes foram submetidos à análise de variância

(ANOVA) do software IBM SPSS Statistics, as médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.



Figura 7. A) Sementes das espécies nativas (chichá, copaíba, landim, jatobá-da-mata, mata-cachorro). B) Sementes das espécies nativas e mogno (ipê-rosa, angico-vermelho, tingui e mogno). C) Coleta de dados. D) Plântulas de mogno, jatobá-da-mata, mata-cachorro e chichá.

O manejo de manutenção da área do experimento consistiu em capinas seletivas nas linhas do experimento quinzenalmente nos meses em época de chuva e quando houvesse necessidade na época seca. Também foram realizadas capinas

nas laterais das linhas do experimento e a posterior deposição do material para auxiliar no controle de espontâneas e de gramíneas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 9 espécies semeadas neste experimento, 8 germinaram, resultando em 811 emergências, destas 498 (61,4%) se estabeleceram após 22 meses. A espécie landim não germinou em campo e nem em viveiro, possivelmente estas sementes não estavam viáveis. Pode-se observar em campo, ao longo do experimento, que as plantas da linha 5 sofreram severos ataques por formigas cortadeiras (*Atta. spp*), de forma desproporcional as outras linhas. Este fato acarretou uma disparidade acentuada na média do DAS, por este motivo, esta linha foi excluída dos testes ANOVA.

Ao considerar todos os tratamentos, as espécies que tiveram os maiores percentuais de sobrevivência e estabelecimento, considerando a média geral foram: tingui, mata-cachorro e ipê-rosa, com 84,7%, 84,3% e 76,9% respectivamente (Figura 8). As espécies que tiveram percentuais mais baixos de estabelecimento foram: Copaíba (37,3 %); mogno (42,8%) e angico (56,7 %). Este baixo percentual de sobrevivência e estabelecimento da copaíba pode ser encontrado em outros estudos com semeadura direta no Cerrado, com 33 a 42% aos 12 meses (Souza, 2002); 15% aos 42 meses (Bruziguessi, 2016) e 9% aos 16 meses (Silva, 2015). Estes dados chamam atenção sobre esta espécie, demonstrando a necessidade de esforços para compreender possíveis gargalos e aumentar o seu estabelecimento em campo. O percentual de estabelecimento mais baixo do mogno pode estar relacionado a ele não ser uma espécie nativa do Cerrado, portanto, sem adaptações às condições climáticas típicas deste bioma, como a forte sazonalidade climática.

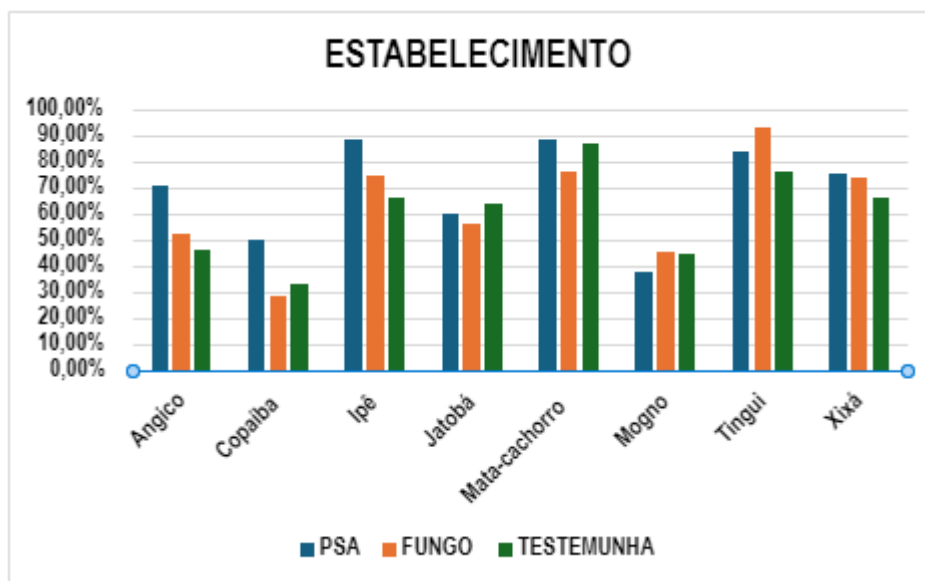


Figura 8. Estabelecimento (percentual) das espécies estudadas após 22 meses, nos tratamentos com Fungo (R. intraradices), Testemunha (controle) e PSA (Polímero superabsorvente).

Ao analisar a influência dos tratamentos no percentual de estabelecimento geral, observou-se valores superiores do PSA (70%) em relação aos outros tratamentos: uso de fungo (63%) e testemunha (61%). Além disso percebe-se que a maioria das espécies (5 das 8 espécies estudadas) também apresentou valores superiores quando submetidas ao PSA (Figura 8). Supõe-se que este fato possa estar relacionado à maior disponibilização de água oferecida às plântulas em um momento mais crítico, logo após a germinação, com impactos na sobrevivência inicial. Para a espécie copaíba, o uso de PSA também aumentou seu estabelecimento de 27% em testemunha, 32% com fungo para 50% com uso do PSA o que merece destaque, conforme comentado acima, já que ela apresenta baixo estabelecimento também em outros estudos.

Das 9 espécies estudadas, angico e ipê apresentam sementes menores, menos volumosas, com menos reservas, portanto, mais vulneráveis a possível escassez de água após a germinação, tornando o PSA mais útil para este tipo de sementes, conforme tendência dos resultados deste estudo (Figura 8). No caso do angico, o uso de PSA aumentou seu estabelecimento de 29% em testemunha, 31% com fungo para 70% com uso do PSA; para o ipê rosa passou de 66% em testemunha e 75% com inoculação do fungo, para 89% com uso do PSA. Recomenda-se outras pesquisas para que esta hipótese seja melhor investigada, inclusive com análises de sobrevivência com intervalos mais curtos e periódicos, logo após a semeadura. As

características das sementes influenciam sua germinação e estabelecimento, portanto, considerar o formato, tamanho e classificação entre ortodoxas e recalcitrantes são aspectos relevantes para técnica de semeadura direta (Laumann, 2023).

Ao analisar o crescimento destas espécies, de acordo com os diferentes tratamentos e realizar ANOVA tendo como variável dependente a média do incremento do DAS aos 22 meses após o plantio, foi identificada diferença significativa entre o tratamento com inoculação do fungo (*R. Intraradices*) em relação a Testemunha (controle) e o PSA (polímero superabsorvente) [$F(2,422) = 11,774$; $p < 0,001$] (Figura 9). A média do incremento em diâmetro considerando todas as espécies foi de 12,6 mm quando as sementes foram inoculadas com fungo, valor significativamente superior ao incremento de 8,5 mm para o uso do PSA e 7,3 mm na testemunha. Estes dois últimos tratamentos não diferiram significativamente entre si. Para maiores detalhes sobre o crescimento em altura e diâmetro, após 22 meses do plantio, em cada tratamento pode-se consultar a tabela 03 nos materiais suplementares ao final deste trabalho.

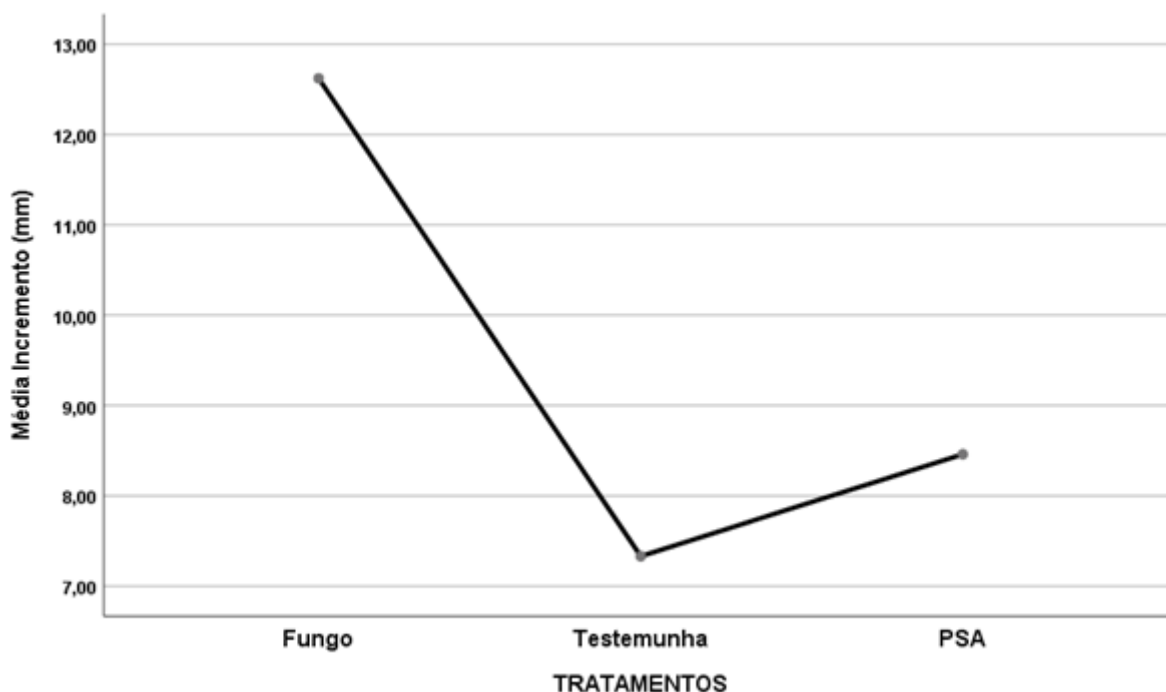


Figura 9. Média do incremento do DAS em cada tratamento, 22 meses após o plantio de 9 espécies arbóreas em experimento com semeadura direta.

Ao executar a análise estatística de cada espécie comparando-se os tratamentos, observou-se diferença significativas em 4 espécies (tingui, mata-cachorro, chichá e mogno) onde o tratamento com inoculação de fungo mostra uma média superior aos demais tratamentos (Tabela 02 e Figura 10). Para o Ipê-rosa embora os valores entre os tratamentos apresentem uma grande diferença, com valor super para o tratamento com fungo, não houve diferença estatística, possivelmente devido à alta variância dos dados e o baixo número amostral. Outras espécies não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (angico, copaíba, jatobá). A espécie jatobá chama atenção por apresentar médias de incremento similares entre os tratamentos. Esta espécie tem apresentado ótimos resultados de estabelecimento e crescimento em plantios de semeadura direta, possivelmente associado a possuir sementes grande, volumosa com bastante reservas na semente, tornando-se menos necessário pensar em estratégias para aumentar seu estabelecimento e crescimento, como os testados neste estudo.

Tabela 2. Média do incremento do DAS por espécie em cada tratamento aos 22 meses após o plantio em experimento com semeadura direta. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Espécie	Tratamento	Média Incremento DAS
Angico-vermelho	Fungo	8,79 ns
	Testemunha	5,03 ns
	PSA	7,45 ns
Copaíba	Fungo	5,04 ns
	Testemunha	3,66 ns
	PSA	3,16 ns
Ipê-rosa	Fungo	20,65 ns
	Testemunha	6,92 ns
	PSA	12,52 ns
Jatobá-da-mata	Fungo	7,44 ns
	Testemunha	6,12 ns
	PSA	6,35 ns

Mata-cachorro	Fungo	24,69 a
	Testemunha	17,68 b
	PSA	17,89 b
Mogno	Fungo	12,88 a
	Testemunha	3,46 b
	PSA	9,04 a
Tingui	Fungo	3,24 a
	Testemunha	1,64 b
	PSA	1,70 b
Chichá	Fungo	6,21 a
	Testemunha	2,91 b
	PSA	3,96 b

É possível perceber a grande diferença dos incrementos de diâmetro entre as espécies nos três tratamentos (Figura 10). Este fato é esperado pois trata-se de espécies com diferentes ecofisiologias e estágios sucessionais. Por exemplo, o mata-cachorro apresentou maior incremento já que é uma espécie com bom crescimento (2,5m de altura aos 2 anos), secundária inicial, com madeira de baixa densidade (Carvalho et al., 2010), em contrapartida, copaíba é uma espécie de crescimento mais lento, secundária tardia à clímax, com madeira mais densa (Carvalho et al., 2003). Percebe-se que mesmo havendo diferença entre os tratamentos, a diferença de incremento entre as espécies é predominante (Figura 10). Maiores detalhes sobre a média de crescimento em altura e diâmetro de cada uma das espécies, após 22 meses, pode ser encontrado em tabela 04 nos materiais suplementares deste trabalho.

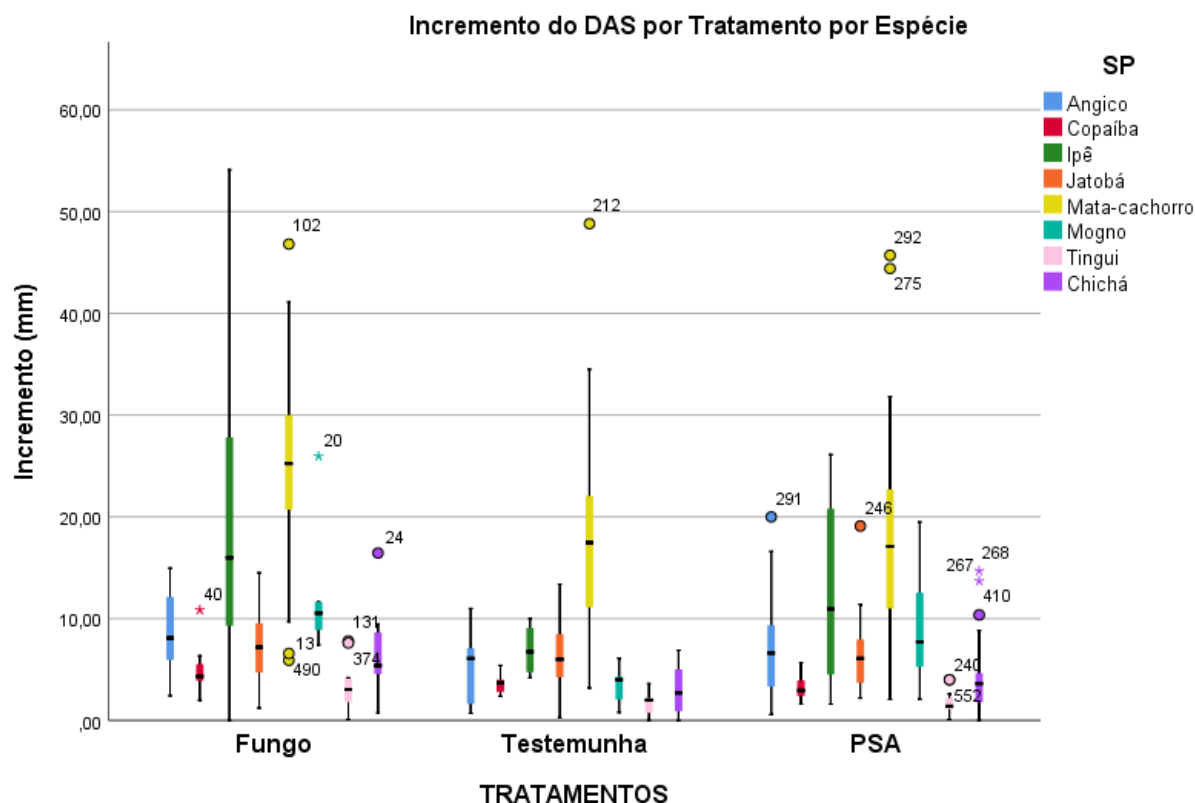


Figura 10. Incremento do DAS após 22 meses por tratamento de todas as espécies avaliadas aos 22 meses após o plantio em experimento com semeadura direta.

Após 22 meses obteve-se 498 indivíduos estabelecidos distribuídos entre as 8 espécies, distribuídos em 360 metros lineares, em uma área total de 3 mil m², portanto, alcançou-se quase 2 (1,84) indivíduos arbóreos por metro², o equivalente a 18.400 indivíduos por ha, valor consideravelmente superior ao encontrado por Consolaro et al. (2019) de 01 indivíduo por m² e por Rocha (2020a) que fez o levantamento de 5 plantios via semeadura direta e obteve médias de 0,14 a 1,5 indivíduos por m², em todas as experiências citadas visava a restauração do Cerrado e tinha aproximadamente 2 anos (24 meses) quando os dados foram contabilizados. O presente experimento caracterizou-se com uma alta densidade de árvores (Figura 11), predominantemente nativas do Cerrado, o que torna possível planejar ações de manejo baseadas em podas e desbastes, escolhendo-se os indivíduos mais vigorosos e bem-posicionados para permanecer na área. Pretende-se enriquecer o sub-bosque da área com plantas alimentícias que toleram um percentual de sombreamento como café, cacau, jabuticaba, juçara e baunilha, a fim de estimular práticas e estudos sobre plantios que conciliam conservação da biodiversidade com a produção de alimentos.



Figura 11. Espécies arbóreas recém germinadas, em uma unidade amostral do experimento com semeadura direta (à esquerda); árvores já estabelecidas, em alta densidade, 2 anos e meio após o plantio (à direita). Fonte: arquivo pessoal.

CONCLUSÃO

A inoculação com FMA demonstrou ser uma técnica com potencial para aumentar a absorção de nutrientes, contribuindo com o aumento do crescimento inicial das espécies estudadas. O uso do polímero superabsorvente mostrou-se promissor, favorecendo a sobrevivência e estabelecimento das plântulas, possivelmente por aumentar a fornecimento de água ao solo em períodos de veranicos. O experimento demonstrou elevada densidade no estabelecimento de espécies nativas. Estes resultados sugerem que a integração dessas práticas pode aumentar o sucesso de programas de restauração produtiva no Cerrado, porém mais estudos precisam ser desenvolvidos para aumentar a compreensão destes processos, incluindo outras localidades, ambientes e espécies.

REFERÊNCIAS

- ABREU, G. M.; SCHIAVO, J. A.; GUIRARDI, B. D.; PAYÁ, T. I de A.; ABREU, P. M.; BOBADILHA, G. dos S.; OLIVEIRA, N. de S. Crescimento inicial e qualidade de mudas de *Dipteryx alata* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares sob adubação fosfatada. *Ecofisiologia e nutrição de espécies frutíferas e arbóreas*. Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, Cap. VII, p. 88-101, 2020.
- AGUIAR, L.M.; CAMARGO, A.J.A. Cerrado: ecologia e caracterização. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p.249, 2004.
- ALVES, M. Semeadura direta de ervas, arbustos e árvores para restauração do Cerrado. 2016. ix, 55 f., il. Dissertação (Mestrado em Ecologia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- ARNEY, K. Sodium polyacrylate. *Chemistry World*. 2017. Disponível em: <<https://www.chemistryworld.com/podcasts/sodium-polyacrylate/3007864.article>>. Acesso em: 23/05/2021.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R. de; SILVA, F. A. M. Veranicos na região dos Cerrados brasileiros frequência e probabilidade de ocorrência. *Pesquisa agropecuária bras.*, Brasília, v. 28, nº9. p.993-1003, set 1993.
- AUGÉ, R. M. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, v. 11, p. 3-42, 2001.
- AVELAR, K.; SCATULINO, P.; MARTINS, H. C. O posicionamento da marca pampers no youtube: a construção de uma lovemark. *Revista das Faculdades Integradas Vianna Júnior*. Vol. 8, nº 2, Juiz de Fora - MG. 2017.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A.Uso de hidrogel na agricultura. *Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais*, v. 1, p.23-31, 2002.
- _____, T.L.F. Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poli(acrilamida) no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L) cv. Tupi. Dissertação (Mestrado) Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 38p., 2000.
- BARBOSA, J.M. A tecnologia de produção de sementes e mudas e aspectos ecofisiológicos de espécies arbóreas nativas como instrumento de viabilidade da resolução SMA 21 - 21/11/2001. In: SEMINÁRIO TEMÁTICO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. São Paulo, 2003. Anais São Paulo: Instituto de Botânica, 2003, p.59-63.
- BALENA, S.P. Efeito de polímeros hidroretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos. 1998. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- BELTRAME, B. Guia das fraldas: quantas o bebê usa (e que tamanho comprar). *TuaSaúde*. 2023. Acesso em: <https://www.tuasaude.com/quantas-fraldas-o-bebe-usa/>

BOLFE, E. L.; SANO, E. E. CAMPOS, S. K. Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, 308 p.

BRUZIGUESSI, E. P. Árvores nativas do cerrado na pastagem: Por quê? Como? Quais? Tese de doutorado. Publicação PPGEFL. TD - 299/ 2015, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, DF, 163p. 2016.

CAMARGO, F. L. A., MELLO, A. Y., DURIGAN, G. Semeadura direta como estratégia para restauração de áreas degradadas no Cerrado. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 8(2), 291-297, 2013.

CAMPOS-FILHO, E. M.; COSTA J. N. M. N. da; SOUSA, O. L. de; JUNQUEIRA, R. G. P. Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil, Journal of Sustainable Forestry, v.32, p.702-727, 2013.

CARDOSO, M. F.; ALVES, R. J.; WEBER, E. J.; BARBOSA, A. A.; TOLEDO, P. M. de; PONTUAL, F. B.; SALLES, L. de O.; HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; AQUINO, F. E.; OLIVEIRA, L. F. B. de. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. Glob Change Biol. 2021.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas Brasileiras. EMBRAPA Informação Tecnologia: Brasília – DF, 2010, v. 4, p. 435.

CEPF. Critical Ecosystem Partnership Fund. Ecosystem profile Cerrado biodiversity: Full Report. Critical Ecosystem Partnership Fund. - Brasília: Supernova, 2018.

CHAICO, M. R. C. Aplicación de Bacterias y Hongos para la Biodisponibilidad de Nutrientes y Recuperación de Suelos Degradados: Revisión Sistemática. 2021. Universidad César Vallejo. Lima, Peru. 2021.

COLE, R. J.; HOLLA, K. D.; KEENEC, C. L; ZAHAWIB, R. A. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. Forest Ecology and Management - Vol. 261, 1590–1597 p. 2011.

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

CONSOLARO, H.; ALVES, M.; FERREIRA, M. C.; VIEIRA, D. L. M. Sementes, plântulas e restauração no sudeste goiano. – Catalão : Athalaia (Brasília, DF), 2019.

COSTA, P. M.; MOTTA, R. S. da; CENAMO, M. REDD+ Integrado: modelo financeiro para viabilizar as metas do Acordo de Paris.Publicado pela Aliança REDD+ Brasil, em Abril 2017.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A.; Desenvolvimento inicial e nutrição da copaíba (Copaifera langsdorffii desf.) em áreas de Cerrado degradado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009.

DUTRA, R. M. S.; SOUZA, M. M. O. de. Agroextrativismo e geopolítica da natureza: alternativa para o Cerrado na perspectiva analítica da cienciometria. *Ateliê Geográfico*, Goiânia, v. 11, n. 3, p. 110–133, 2018. DOI: 10.5216/ag.v11i3.43644. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/ateliê/article/view/43644>.

ECYCLE. Da reciclagem das descartáveis à fralda de pano. Reportagem eletrônica, 2014. Disponível em: ecycle.com.br/da-reciclagem-das-descartaveis-a-fralda-de-pano/

FONSECA, L.; ROITMAN, I.; JACOBSON, T. K. B.; OGATA, R. S.; SOLARI, R. A. F.; RIBEIRO, R. J. da COSTA. Viabilidade do hidrogel na recuperação de Cerrado sensu stricto com espécies nativas. *Floresta Ambiental*, vol. 24, 2017.

GARCIA, A. S. Fragmentação em paisagem de Cerrado e sua implicação em dinâmicas ecológicas. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

GUIRARDI, B. D.; SCHIAVO, J. A.; ABREU, G. M.; PAYÁ, T. I de A.; ABREU, P. M.; BOBADILHA, G. dos S.; OLIVEIRA, N. de S. Crescimento e produção de biomassa de mudas de *Pterogyne nitens* Tull. inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada. *Ecofisiologia e nutrição de espécies frutíferas e arbóreas*. Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, Cap. IX, p. 111-125, 2020.

GROSSNICKLE, S.C.; IVETIĆ, V. Direct Seeding in Reforestation – A Field Performance Review. *Reforesta*, vol.4, p.94-142. 2017.

HOFFMANN, L. V; LUCENA, V. S. Para Entender Micorrizas Arbusculares. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. Documentos, 156, 22p., 2006.

JENKINS, C. N.; PIMM, S. L. Essência em Biologia da Conservação. Capítulo 2: Definindo prioridades de conservação em um hotspot de biodiversidade global. 2006.

JÚNIOR, A. O. S. B.; BASTOS, A. K. P.; DUTRA, A. V.; FREITAS, M. J. C.; SILVA, G. de M. Reaproveitamento de fraldas para o aumento da capacidade de retenção de água pelo solo. II Workshop Internacional: Sobre água no Semiárido Brasileiro, 2015.

LAITINEN, R.K.; HELLSTRÖM, K.O.; WÄLI, P.R. Context-dependent outcomes of subarctic grass-endophyte symbiosis. *Fungal Ecology*, vol. 23, pp. 66-74. 2016.

LAUMANN, P. D.; FERREIRA, M. C.; SILVA, D. A. da; VIEIRA, D. L. M. Germination traits explain the success of direct seeding restoration in the seasonal tropics of Brazil, *Forest Ecology and Management*, Volume 529, 2023.

LESLIE, H. A., J. M. VAN VELZEN, M., BRANDSMA, S. H., VETHAAK, D., GARCIA-VALLEJO, J. J., & LAMOREE, M. H. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, v.16, 2022.

LI, T.; LIN, G.; ZHANG, X.; CHEN, Y.; ZHANG, S.; CHEN, B. Relative importance of an arbuscular mycorrhizal fungus (*Rhizophagus intraradices*) and root hairs in plant drought tolerance. *Mycorrhiza*, vol.24, nº8, p.595–602, 2014.

LI, F.; HE, X.; TANG, M.; TANG, X.; LIU, J.; YI, Y. Adaptation of plants to high-calcium content karst regions: possible involvement of symbiotic microorganisms and underlying mechanisms. Review Article - *Braz. J. Biol.* 2020, vol. 80, no. 1 p. 209-214. 2020.

LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E.M. “Estimativa da contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras”. In: *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2007, São Paulo: ABRH, 2007. Disponível em <www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=4580>

LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. de; Cerrado: Correção do solo e adubação. - 2. ed. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, Cap. 11 - Fertilidade do solo e máxima eficiência produtiva. p.257-282, 2004.

MARCONATO, J. C.; FRANCHETTI, S. M. M. Polímeros Superabsorventes e as fraldas descartáveis: um material alternativo para o ensino de polímeros. 2002. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a09.pdf>>. Acesso em: 20/05/2021.

MMA. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. Boas práticas em educação ambiental na agricultura familiar: exemplos de ações educativas e práticas sustentáveis no campo brasileiro. Departamento de Educação Ambiental, 2012.

MUEHLETHALER, U.; KAMM, U. Innovative direct seeding method in the forest. *Agrarforschung*, v. 16, n. 10, p. 384-389, 2009.

NASCIMENTO, D. T. F.; MARTINS, A. P.; LUIZ, G. C.; LOPES, R. M. Climatologia do Cerrado: variabilidades, suscetibilidades e mudanças climáticas no contexto do Cerrado brasileiro. *C&A Alfa Comunicação* - Goiânia, 272 p., 2021.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, F. da S.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. de O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Scientia Forestalis*: Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467-476, jun. 2015.

NOGUEIRA, M.; FLEISCHER, S. Entre tradição e modernidade: potenciais e contradições da cadeia produtiva agroextrativista no Cerrado. *Estudos Sociedade e Agricultura*. 2005, 13(1), 125-157. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=599964699005>

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

PARENTE, T. de L. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no cerrado. 2014. 49 f. Dissertação (mestrado) -

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2014.

PASQUALINE, D.; UHLMANN, A.; STURMER, S. L. Arbuscular mycorrhizal fungal communities influence growth and phosphorus concentration of woody plants species from the Atlantic rain forest in South Brazil. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 245, n. 1/3, p. 148-145, June 2007.

PELLIZZARO, K. F. Restauração ecológica por meio de semeadura direta no Cerrado: avaliando espécies de diferentes formas de vida e densidades de plantio. 2016. xi, 75 f., il. Dissertação (Mestrado em Ecologia) —Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PINHEIRO, S. Agroecologia 7.0. Porto Alegre: Juquira Candiru Satyagraha, 663p., 2018.

PRIMAVESI, A. O manejo ecológico do solo – A agricultura em regiões tropicais. São Paulo – Nobel. 2ª ed. Cap VI: A microbiologia do solo, p.164-197, 1979.

RAD2023: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023 - São Paulo, Brasil - MapBiomas, 2024 - 154 p. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>

REDECKER, D.; SHÜßLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S. L.; MORTON, J. B.; WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycorrhiza* vol.23, p. 515-531, 2013.

ROCHA, G. B.; BASSO, I. Y.; VIEIRA, D. L. M.; ANTONIAZZI, L. B.; SANTOS, T. R. dos. Semeadura direta para restauração: experiências diversas pelo Brasil - Experiências diversas pelo Brasil. (Caminhos da Sementes). 1. ed., São Paulo. Agroicone, 2020a.

_____.; VIEIRA, D. L. M.; CAMPOS FILHO, E. M.; FERREIRA, M. C.; MIRANDA, E.; ALVES, M.; SAMPAIO, A.; ANTONIAZZI, L. Guia de semeadura direta: para restauração de florestas e cerrados. 1ª. ed., Agroicone Ltda. 2020. São Paulo. 2020b.

SANDONATO, B. B. Método de avaliação e biodegradação do poliacrilato de sódio. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2011.

SAPELLI, K. S.; RUSIN, C.; SOUSA, A. J. de; SANTOS, S. L.; CRISTO, F. B.; RESENDE, J. T. V. de; KNOB, A.; BOTELHO, R. V. Growth and physiological attributes of blueberry seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.54, n.10, e20220059, 2024.

SHAKHASHIRI, B.Z. Chemical demonstrations: A handbook for teachers of chemistry. Madison: University of Wisconsin Press, v. 3, p. 368., 1985.

SILVA-CAMPOS, M. A.; SILVA, F. S. B. da; YANO-MELO, A. M.; MELO, N. F.; MAIA, L. C. Resposta de mudas de goiabeira à inoculação com fungos micorrízicos

arbusculares em solo infestado com *Meloidogyne mayaguensis* Rammanh & Hirschmann. XI Encontro Nacional de Microbiologia Ambiental, ENAMA. 2008.

SILVA, R. F. B. da; VICTORIA, D. de C.; NOSSACK, F. Á.; VINÃ, A.; MILLINGTON, J. D. A.; VIEIRA, S. A.; BASTITELLA, M.; MORAN, E.; LIU, J. Slow-down of deforestation following a Brazilian forest policy was less effective on private lands than in all conservation areas. *Commun Earth Environ* 4, 111p. 2023.

SILVA, R. R. P. Semeadura direta de árvores do cerrado: testando técnicas agroecológicas para o aperfeiçoamento do método. Dissertação de Mestrado. Publicação PPGEFL. DM - 245/ 2015, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, DF, 77 p., 2015.

SILVA, R. R. P; VIEIRA, D. L. M. Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. *Applied vegetation science*, v. 20, n. 3, p. 410-421, 2017.

SIMPSON, D; DAFT, M. J. Interactions between water stress and different mycorrhizal inocula on plant growth and micorrhyzal development in maize and sorghum. *Plant and Soil*, v. 121, p. 179-186, 1990.

SOUZA, F. A. de; MACENA, L. H. S.; GOMES JUNIOR, C. C.; MEDEIROS, K. M. R.; CARNEIRO, A. A. Fungo micorrízico arbuscular com potencial para o desenvolvimento de inoculante para a cultura do milho e para a produção de mudas florestais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 276. 2021

SOUZA, F. A. de; GOMES, E. A.; VASCONCELOS, M. J. V. de; SOUSA, S. M. de. Micorrizas arbusculares: perspectivas para aumento da eficiência de aquisição de fósforo (P) em Poaceae - gramíneas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. Documentos, 134). 2011.

SOUZA, C. C. Estabelecimento e crescimento inicial de espécies florestais em plantios de recuperação de Matas de Galeria do Distrito Federal. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2002.

STOFFEL, S. C. G.; SOARES, C. R. F. S. S.; MEYER, E.; LOVATO, P. E.; GIACHINI, A. J. Yield increase of corn inoculated with a commercial arbuscular mycorrhizal inoculant in Brazil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.50:7, e20200109, 2020.

ZANGARO, W.; NISHIDATE, F. R.; CAMARGO, F. R. S.; ROMAGNOLI, G. G.; VANDRESSEN, J. Relationships among arbuscular mycorrhizas, root morphology and seedling growth of tropical native woody species in southern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, London, v. 21, n. 5, p. 529-540, Oct. 2005.

APÊNDICE A — MATERIAL RELATIVO À ALTURA E ‘DAS’ FINAL

Tabela 3. Média da altura (H final), média do diâmetro à altura do solo (DAS final) e número de indivíduos (N) por tratamento.

Tratamentos	Avaliação 22 meses após a semeadura		
	N	H final (cm)	DAS final (cm)
Fungo	149	74,51	16,94
Testemunha	117	55,44	11,53
PSA	180	60,31	12,57
Total	446	63,82	13,78

Tabela 4. Média da altura (H final), média do diâmetro na altura do solo (DAS final) e número de indivíduos (N) de todas as espécies.

Espécies	Avaliação 22 meses após a semeadura		
	N	H final (cm)	DAS final (cm)
Angico-vermelho	40	90,81	9,78
Copaíba	23	33,43	6,89
Ipê-rosa	30	80,76	22,1
Jatobá-da-mata	83	75,56	11,9
Mata-cachorro	101	109,13	24,01
Mogno	25	43,84	12,34
Tingui	43	16,51	4,7
Chichá	101	25,00	9,98
GERAL	446	63,82	13,78

Documento Digitalizado Público

TCC final Luann de Barros

Assunto: TCC final Luann de Barros
Assinado por: Edimilson Caldas
Tipo do Documento: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:
■ **Edimilson de Sousa Caldas, ASSISTENTE DE ALUNO**, em 26/09/2024 08:46:48.

Este documento foi armazenado no SUAP em 26/09/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 627314
Código de Autenticação: 9def7297a4

