



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



AMANDA NATÁLIA TIMÓTEO

**RECRUTAMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS VIA SEMEADURA DIRETA
NO CERRADO**

Campo Grande - MS

DEZEMBRO, 2021

AMANDA NATÁLIA TIMÓTEO

**RECRUTAMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS VIA SEMEADURA DIRETA
NO CERRADO**

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 Dr^a Letícia Couto Garcia

Campo Grande - MS

DEZEMBRO, 2021

Ficha Catalográfica

Timóteo, Amanda Natália

Recrutamento de espécies nativas via semeadura direta no cerrado. 50p.

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

1. Semeadura Direta, 2. Espécies Nativas, 3. Cerrado, 4. Restauração Ecológica

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Instituto de Biociências

Comissão Julgadora

Titular: Dra. Isabel Beloni Schmidt.
Universidade de Brasília - UNB

Titular: Dr. Mário Guilherme de Biagi Cava
Universidade Estadual Paulista- UNESP

Suplente: Dr. Flávio Macedo Alves
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Orientadora: Dra. Letícia Couto Garcia
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Dedicatória

*À minha mãe, Edna, por todo
amparo, companheirismo e
amizade, dedico.*

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa.

Ao Programa de pós-graduação com toda a contribuição para minha formação.

A Prof^a Dr^a Letícia Couto Garcia, por nos contagiar com seu otimismo e esperança perante o futuro da restauração, por ter me acolhido nessa jornada e por todo seu conhecimento e sabedoria compartilhados.

Aos avaliadores dessa pesquisa (das etapas iniciais à dissertação final), pelas contribuições para o melhoramento da mesma: Maria Rosângela Sigrist, Adriano Afonso Spielmann, Emanuela Weidlich, Isabel Beloni Schmidt, Alexandre Bonesso Sampaio, Catia Urbanetz, Silvia Rahe Pereira, Mario Guilherme de Biagi Cava e Valdemir Antônio Laura.

Aos professores do programa que contribuíram com todo conhecimento compartilhado durante as disciplinas.

À Paula Isla Martins, Maria Luciana Zequim Colado e Diego Alves pela ajuda na implantação do experimento e pelas caronas, importantíssimas, para realização do monitoramento, pois sem elas esse trabalho não seria possível.

À querida Luanda Caroline Parreira de Paula, pela parceria de campo, disciplinas, ideias e apoio durante o mestrado.

Ao Laboratório de Ecologia da Intervenção (LEI), por me fazer pertencer a uma equipe que sempre se apoia e se ajuda.

À talentosa e querida Letícia Koutchin Reis, pela ajuda e co-orientação com os resultados, revisões e contribuições intelectuais para a evolução desse trabalho.

Aos queridos colegas do laboratório Felipe Borges Oliveira, Felipe Lima Leite, Rony Marcos Benites, Bruno Henrique Santos, que foram parceiros de campo, de muitas risadas, conversas descontraídas e reflexões profundas sobre o universo da ciência.

À Dona Ivani, exemplo de força, resistência e representatividade da mulher no campo, que mesmo em dias difíceis, fez prevalecer o bom humor e a esperança.

À minha família, Edna Jorge, Fernanda Timóteo e Gregório Takashi Higashikawa, que me deram todo apoio durante essa jornada.

À Ana Karine Paes dos Santos, por ser minha leal amiga e mentora durante muitas etapas do mestrado.

À Larissa Handrea Martins Machado de Oliveira, colega de turma, que se tornou uma grande amiga e parceira de estudos.

Aos meus amigos Andrielli Santos Rodrigues, Carla Damaris Lacerda, Carla Dubay Tavares Calazans, Camila Oliveira Gutierrez, Igor Leal Brito e Jhonatan José Maria Rodrigues da Silva que foram importantes por me ajudarem a viver muitos momentos durante essa jornada de maneira mais leve.

Por fim, a todos que contribuíram e ajudaram de alguma maneira para a realização desse estudo.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	8
OBJETIVOS	11
Objetivo Geral	11
Objetivos Específicos	11
REFERÊNCIAS	12
RESUMO	16
1.INTRODUÇÃO	20
2.MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1Área de estudo	23
2.2 Implantação	25
2.3 Espécies utilizadas	26
2.4 Tratamentos	29
2.5 Monitoramento em campo	31
2.6 Análise de dados	33
3. RESULTADOS	34
3.1 Diversidade de plantas	34
3.2 Recobrimento do solo	41
4.DISSCUSSÃO	43
4.1 Diversidade de plantas	43
4.2 Recobrimento de Solo	46
5. CONCLUSÕES	49
6. AGRADECIMENTOS	50
7. REFERÊNCIAS	51

INTRODUÇÃO GERAL

No processo de evolução da restauração suas esferas de atuação foram além do caráter ecológico e se ampliaram para o político, social e econômico (Aronson et al. 2011; Urzedo 2016; Reyes-García et al. 2019). Para o país, esse avanço científico tem reflexo significativo na prática, no estabelecimento de conceitos e conservação da biodiversidade (Scarano et al. 2018; Joly et al. 2019; Pires e Farjalla 2020). Porém, apesar de alguns conceitos bem estabelecidos, ainda se busca o avanço tecnológico e o preenchimento de lacunas do conhecimento dentro da disciplina de ecologia da restauração. O emprego da restauração em larga escala, abrangendo todas as áreas de atuação, é um dos grandes desafios, visto que há metas globais a serem cumpridas a partir do ano de 2021, com o início da década da restauração (UNEP/FAO, 2020).

De modo geral, os altos custos para implantação e manutenção são um dos principais gargalos que envolvem a restauração, quando se trata das técnicas utilizadas (Calmon et al. 2011; Brancalion et al. 2016). Alternativas ao plantio convencional de mudas de espécies arbóreas em área total são de grande interesse, uma vez que o elevado custo financeiro dos projetos de restauração durante suas etapas (de produção da muda à implantação), desperta o interesse em técnicas alternativas mais econômicas que sejam eficientes (Palma e Laurance 2015).

O Cerrado compreende a maior e mais ameaçada savana tropical do mundo, originalmente ocupava cerca de 22% do território nacional brasileiro, mas atualmente restam apenas 52% de vegetação nativa, principalmente devido a conversão desta por práticas agrícolas extensivas e formação de pastagens cultivadas com gramíneas exóticas africanas (MMA 2011; Projeto MapBiomas 2019; Dutra e Silva e Barbosa 2020). A previsão de cenários futuros com relação a conservação do bioma mostra que até 2050, 80% do Cerrado pode ser convertido em áreas agrícolas (Strassburg et al., 2017). Cenário este que pode ser evitado com o alinhamento de esforços para a conservação, restauração, e produção agrícola e pecuária sustentável. No

cenário atual, em que há necessidade de aumento na produção de alimentos para atender demandas internas e externas, as práticas agropecuárias poderiam ser aprimoradas, intensificando com planejamento a produção em áreas que já estão em uso (que já foram convertidas), evitando assim o avanço destas práticas sobre novas áreas como as de remanescentes de vegetação nativa (Strassburg et al., 2017). Porém, o histórico de introdução de espécies exóticas para plantio de pastos não nativos traz um desafio imenso quando desejar-se restaurar o Cerrado, uma vez que as áreas a serem restauradas podem estar invadidas por estas plantas. A biomassa da vegetação de gramíneas acima do solo em áreas invadidas por gramíneas exóticas no Cerrado pode superar a de áreas não invadidas, afetando negativamente a sobrevivência de mudas de espécies arbóreas, devido a competição por luz acima do solo, e abaixo do solo por água e nutrientes (Hoffman e Haridasan 2008; Pereira, Laura e Souza 2013). Assim, a invasão de gramíneas exóticas sobre áreas de Cerrado podem ter efeitos substanciais na dinâmica da comunidade arbórea, com prováveis consequências para a estrutura e função do ecossistema (Rizzardi et al. 2001; Hoffman e Haridasan 2008; Damasceno et al. 2018), sendo, portanto, difícil a posterior exclusão destas gramíneas exóticas sabendo que seu controle é uma estratégia para o possível sucesso dos projetos de restauração (Pereira, Laura e Souza 2013).

Em meio a tantos desafios para restauração do Cerrado, que compreende diferentes fisionomias, com demandas distintas, nos deparamos ainda com lacunas do conhecimento, havendo menos informações sobre restauração ecológica no Cerrado (16% dos estudos sobre restauração ecológica no Brasil) do que sobre biomas florestais, como a Mata Atlântica (56% dos estudos sobre restauração ecológica no Brasil) e Amazônia (22% dos estudos sobre restauração ecológica no Brasil) (Guerra et al., 2020). Essa carência de informações sobre restauração no Cerrado demonstra a necessidade de estudos experimentais para embasarem o aperfeiçoamento de técnicas para recuperação da vegetação nativa em larga escala, o que é de grande interesse tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico (Calmon et al. 2011).

Caracterizado por um mosaico de fitofisionomias campestres, savânicas e florestais, a complexidade de restaurar a vegetação de Cerrado é desafiadora. Nesse sentido, a restauração por semeadura direta pode unir economia de recursos financeiros (menor custo); geração de renda para comunidades locais (oportunidades de trabalho e renda com incentivos a formações de redes de coletores sementes com populações rurais e comunidades tradicionais) e aumento da biodiversidade (recuperar a vegetação nativa com mais formas de vida) (Sampaio et al. 2015; Sampaio et al. 2019; Rocha et al. 2020). Em comparação ao convencional plantio de mudas, a semeadura pode resultar em recuperação tanto de fisionomias florestais quanto campestres, a depender do tipo de vegetação nativa que cobria originalmente a área em restauração. Também pode ser realizada com o uso de diferentes combinações de espécies de leguminosas como os adubos verdes. Ao sombrear o estrato rasteiro, estas espécies podem competir com as gramíneas exóticas que podem ser eliminadas do sistema sob restauração. Entretanto, espécies do estrato rasteiro nativo também podem ser sensíveis a esse sombreamento, portanto os melhores arranjos e combinando o uso de adubos verdes considerados espécies facilitadoras e seu espaçamento de plantio precisam ser cautelosamente avaliados (Pietro-Souza e Silva 2014; Cava et al. 2016; Freitag et al. 2018, Reis et al. 2019; Gondim et al. 2020). Portanto, o uso desses adubos verdes para fins de restauração de formações florestais do Cerrado deve ser investigado, uma vez que podem auxiliar na eliminação das gramíneas invasoras. Desse modo, como as limitações da regeneração natural ou o sucesso do estabelecimento das sementes introduzidas podem ser afetadas por filtros (bióticos (ex: competição com gramíneas exóticas invasoras, herbívoros) e abióticos (ex: escassez hídrica, fogo) Nuttle 2007), seus efeitos sobre o desempenho da técnica de restauração também devem ser investigados para que as técnicas possam ser aprimoradas.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar o recrutamento de espécies nativas arbóreas do Cerrado introduzidas por meio da semeadura direta em combinações com espécies de adubos verdes exóticas e nativas (Fabaceae) e da espécie arbustiva nativa *Lepidaploa aurea* (Mart. ex DC.) H.Rob (Asteraceae).

Objetivos Específicos

Considerando os possíveis efeitos de espécies de adubos verdes na semeadura direta, pretendemos responder as seguintes perguntas:

- (i) O uso combinado de distintos adubos verdes de diferentes formas de crescimento aumentam o recrutamento e estabelecimento das espécies arbóreas nativas via semeadura direta? Caso sim, qual melhor combinação dessas espécies?
- (ii) Qual das combinações testadas neste experimento pode aumentar o recobrimento do solo pelas espécies nativas via semeadura direta?
- (iii) Diferentes combinações de espécies de adubos verdes influenciam de maneira distinta a cobertura de gramíneas exóticas invasoras, influenciando, conseqüentemente, de maneira distinta o estabelecimento e desenvolvimento de espécies arbóreas semeadas?

Para respondermos as respectivas perguntas verificamos:

1. Abundância, riqueza e cobertura de espécies arbóreas nativas a fim de verificar se as espécies de adubos verdes influenciaram o estabelecimento dessas espécies;
2. O tratamento que teve maior cobertura do solo por espécies nativas e o menor cobertura por gramíneas exóticas e solo exposto;

REFERÊNCIAS

- Aronson, J., Brancalion, P. H. S., Durigan, G., Rodrigues, R. R., Engel, V. L., Tabarelli, M., Torezan, J. M. D., Gandolfi, S., de Melo, A. C. G., Kageyama, P. Y., Marques, M. C. M., Nave, A. G., Martins, S. V., Gandara, F. B., Reis, A., Barbosa, L. M., & Scarano, F. R. (2011). What Role Should Government Regulation Play in Ecological Restoration? Ongoing Debate in São Paulo State, Brazil. In *Restoration Ecology* (Vol. 19, Número 6, p. 690–695). <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00815.x>
- Brancalion, P. H. S., Schweizer, D., Gaudare, U., Mangueira, 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(6), 856–867. <https://doi.org/10.1111/btp.12383>
- Calmon, M., Brancalion, P. H. S., Paese, A., Aronson, J., Castro, P., da Silva, S. C., & Rodrigues, R. R. (2011). Emerging Threats and Opportunities for Large-Scale Ecological Restoration in the Atlantic Forest of Brazil. *Restoration Ecology*, 19(2), 154–158. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00772.x>
- Cava, M. G. de B., Insernhagen, I., Mendonça, A. H. de M., & Durigan, G. (2016). Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. *Hoehnea*, 43(2), 301–315. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-18/2016>
- Damasceno, G., Souza, L., Pivello, V. R., Gorgone-Barbosa, E., Giroldo, P. Z., & Fidelis, A. (2018). Impact of invasive grasses on Cerrado under natural regeneration. *Biological Invasions*, 20(12). <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1800-6>
- Dutra e Silva, S., & Barbosa, A. S. (2020). Paisagens e fronteiras do Cerrado: ciência, biodiversidade e expansão agrícola nos chapadões centrais do Brasil. *Estudos Ibero-Americanos*, 46(1), 34028. <https://doi.org/10.15448/1980-864x.2020.1.34028>
- Freitag, R. et al. (2018). Técnicas nucleadoras e adubação verde em unidades demonstrativas de restauração ecológica. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(1), 56–71. <https://doi.org/10.19084/rca17076>
- Gondim, E. X., dos Santos Ferreira, B. H., Reis, L. K., Guerra, A., Abrahao, M., Ajalla, A. C., ... & Garcia, L. C. (2020). Growth, flowering and fruiting of *Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg intercropped with green manure species in Agroforestry Systems. *Agroforestry Systems*, 1-13.
- 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(November 2019). <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117802>
- Hoffmann, W. A., & Haridasan, M. (2008). The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. *Austral Ecology*, 33(1), 29-36.
- Joly, C. A., Scarano, F. R., Seixas, C. S., Metzger, J. P., Ometto, J. P., Bustamante, M. M. C., Padgurschi, M. C. G., Pires, A. P. F., Castro, P. F. D., Gadda, T., Toledo, P., & Padgurschi, M. C. G. (2019). 1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade & Serviços Ecossistêmicos. *1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade & Serviços Ecossistêmicos*. <https://doi.org/10.4322/978-85-60064-88-5>
- MMA, Mi. do M. A. – I. I. B. do M. A. e D. R. N. R. –. (2011). *Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA monitoramento do bioma Cerrado 2009-2010*. https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatoriofinal_cerrado_2010_final_72_1.pdf
- Palma, A. C., & Laurance, S. G. W. (2015). A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: What do we know and where should we go? *Applied Vegetation Science*, 18(4), 561–568. <https://doi.org/10.1111/avsc.12173>
- Pereira, S.R., Laura, V.A. & Souza, A.L.T. 2013. Establishment of Fabaceae tree species in a tropical pasture: influence of seed size and weeding methods. *Restoration Ecology* 21: 67–74.
- Pietro-Souza, W. e, & Silva, N. M. de. (2014). Revista Brasileira de Agroecologia ISSN : 1980-9735 Plantio manual de muvuca de sementes no contexto da restauração ecológica de áreas de preservação permanente degradadas. Manual planting seed muvuca in the context of ecological restoration of permanent p. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 9(3), 63–74.
- Pires, A. P. F., & Farjalla, V. F. (2020). Relatório Temático Água: Biodiversidade, Serviços Ecossistêmicos e Bem-Estar Humano no Brasil. In *Relatório Temático Água: Biodiversidade, Serviços Ecossistêmicos e Bem-Estar Humano no Brasil*. <https://doi.org/10.4322/978-65-00-00068-9>
- Projeto MapBiomas. 2019. Coleção da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil. Retrieved from: <https://mapbiomas.org/>
- Reis, L. K., Guerra, A., Colado, M. L. Z., Borges, F. L. G., Oliveira, M. da R., Gondim, E. X.,

- Sinani, T. R. F., Guerin, N., & Garcia, L. C. (2019). Which spatial arrangement of green manure is able to reduce herbivory and invasion of exotic grasses in native species? *Ecological Applications*, 29(8). <https://doi.org/10.1002/eap.2000>
- Reyes-García, V., Fernández-Llamazares, Á., McElwee, P., Molnár, Z., Öllerer, K., Wilson, S. J., & Brondizio, E. S. (2019). The contributions of Indigenous Peoples and local communities to ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(1), 3–8. <https://doi.org/10.1111/rec.12894>
- Rizzardi, M. A., Fleck, N. G., Vidal, R. A., Merotto Jr., A., & Agostinetto, D. (2001). Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. *Ciência Rural*, 31(4), 707–714. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782001000400026>
- Rocha et al. (2020). *Caminhos da semente. Semeadura direta para restauração. Experiência diversas pelo Brasil.*
- Sampaio, Alexandre B., Vieira, D. L. M., Holl, K. D., Pellizzaro, K. F., Alves, M., Coutinho, A. G., Cordeiro, A., Ribeiro, J. F., & Schmidt, I. B. (2019). Lessons on direct seeding to restore Neotropical savanna. *Ecological Engineering*, 138, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.025>
- Sampaio, Alexandre Bonesso, Vieira, D. L. M., Cordeiro, A. O. D. O., Aquino, F. D. G., Sousa, A. D. P., Albuquerque, L. B. De, Schmidt, I. B., Ribeiro, J. F., Pellizzaro, K. F., Sousa, F. S. De, Moreira, A. G., Santos, A. B. P. Dos, Rezende, G. M., Silva, R. R. P., Alves, M., Motta, C. P., Oliveira, M. C. De, Cortes, C. D. A., & Ogata, R. (2015). Guia de restauração do Cerrado Volume 1 - semeadura direta. In *Rede de Sementes do Cerrado* (Número 1).
- Scarano, F. R., Santos, A. S., Kahnn, S., Nobre, C. A., Marengo, J. A., Ommeto, J. P., Ceotto, P., Loyola, R., Pires, A. P. F., Ribeiro, J. B., & Carneiro, B. L. R. (2018). *Potência Ambiental da Biodiversidade: um caminho inovador para o Brasil*. 65.
- Strassburg, B. B. N., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola, R., Latawiec, A. E., Oliveira Filho, F. J. B., De Scaramuzza, C. A. M., Scarano, F. R., Soares-Filho, B., & Balmford, A. (2017). Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology and Evolution*, 1(4). <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>
- UNEP/FAO. (2020). The UN Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030. *UNEP/FAO Factsheet, 2019* (June 2020), 5. www.unep.org
- Urzedo, D. I. de S. et al. (2016). Arranjos socioprodutivos na restauração florestal: o caso da semeadura direta e da Rede de Sementes do Xingu. *Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova lei*, 309–326.

RECRUTAMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS VIA SEMEADURA DIRETA NO CERRADO

RESUMO: A semeadura de espécies de adubos verdes junto a espécies arbóreas nativas têm sido recomendada para iniciativas de restauração em detrimento do convencional plantio de mudas gerando, portanto, demanda por sementes destas espécies. Apesar desta recomendação para restauração, a combinação de espécies em um arranjo ideal pode variar de acordo com as características do ambiente a ser restaurado e da meta que se pretende atingir via semeadura direta. Havendo êxito, estas espécies prestarão importante papel na facilitação da restauração, principalmente no sentido remover espécies invasoras no sistema, como o caso de gramíneas exóticas invasoras do Cerrado, reduzindo a competição por luz das espécies nativas introduzidas via semeadura e consequentemente permitindo o recrutamento e desenvolvimento de espécies nativas. Todavia, como a restauração pode seguir trajetórias diversas do esperado, o restaurador precisará estar atento e pronto para intervir caso o sistema retroceda ao estado de degradação, justificando estudos experimentais que subsidiem predições. Assim, nosso objetivo neste estudo foi verificar em campo qual a melhor combinação de sementes de espécies de adubos verdes consideradas facilitadoras, a serem semeadas consorciadas com espécies nativas afim de se obter maior diversidade e recobrimento na superação dos filtros ecológicos, e.g., competição com gramíneas exóticas. Testamos experimentalmente quatro combinações de sementes de espécies nativas com as espécies possivelmente facilitadoras nos seguintes tratamentos: (1) somente sementes de espécies nativas arbóreas – N, (2) sementes de adubo verde: feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) + nativas - GN, (3) sementes de nativas + arbusto nativo: *Lepidaploa aurea* - NL, (4) sementes de feijão guandu + *L. aurea* + nativas GLN, (5) adubos verdes herbáceos exóticos (*Crotalaria* sp. + *Canavalia ensiformes*) + sementes de feijão guandu + nativas – HGN e (6) controle: sem semeadura, somente acompanhamento da regeneração vou natural – C. As espécies de adubos verdes da família de

leguminosas utilizados nas combinações foram: Feijão guandú (*Cajanus cajan*), *Crotalaria* sp. e Feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e uma espécie arbustiva nativa, o Amargoso (*Lepidaploa aurea*), uma Asteraceae. Fizemos a avaliação da dinâmica temporal da diversidade de espécies nativas e do recobrimento de solo por 18 meses. Nossos resultados mostraram que as combinações não demonstraram ter efeito sobre a riqueza de nativas e não influenciaram a abundância das diferentes espécies nativas semeadas sob diferentes combinações com adubos verdes. Nossos resultados também destacaram a necessidade de utilização de sementes de maior massa como critério de escolha das espécies. Concluindo, nas condições estudadas, nossos dados apontam que o uso de adubos verdes não facilitou no aumento da diversidade de arbóreas nativas semeadas, podendo seu uso ser dispensável quando o objetivo for este. Porém, o uso das espécies de plantas de adubação verde arbustivos e herbáceos em conjunto melhoraram a cobertura do solo inicialmente, quando sem efeitos de filtros ambientais, o que pode ser um benefício inicial a ser considerado pelos gestores de projetos de restauração ecológica a ser avaliado quanto à decisão de investir ou não neste insumo.

Palavras-Chave: Cerrado, Consórcios de plantas, Espécies Nativas, Filtros ambientais, Grupos Funcionais, Plantas Facilitadoras, Restauração Ecológica, Sementes

RECRUITMENT OF NATIVE SPECIES BY DIRECT SEEDING IN THE CERRADO

ABSTRACT: The sowing of green manure plants has been recommended for restoration initiatives at the expense of conventional planting of seedlings, thus generating demand for seeds of these species. Despite this recommendation for restoration, the combination of species in an ideal arrangement may vary according to the characteristics of the environment to be restored and the goal to be achieved via direct seeding. If successful, these species will play an important role in facilitating restoration, mainly in the sense of removing invasive species from the system, such as the case of invasive exotic grasses from the Cerrado, reducing competition for light from native species introduced via seeding and consequently allowing recruitment and development of native species. However, as restoration may follow different trajectories than expected, the restorer will need to be alert and ready to intervene if the system falls back into a state of degradation, justifying experimental studies that support predictions. Hence, our objective in this study was to verify in the field, which is the best combination of seeds of facilitating species, considered green fertilizers, to be sown intercropped with native species in order to obtain greater diversity and coverage in overcoming ecological filters, e.g., competition with exotic grasses. We experimentally tested four combinations of seeds from native species with possibly facilitating species in the following treatments: 1) only native tree seeds – N, (2) seeds of green manure: pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Huth) + native - GN, (3) seeds of native + native shrub: *Lepidaploa aurea* - NL, (4) pigeon pea seeds + *L. aurea* + native GLN, (5) exotic herbaceous green manures (*Crotalaria* sp. + *Canavalia ensiformes*) + pigeon pea seeds + native - HGN and (6) control: no sowing, only monitoring of natural regeneration - C that were established every 10 meters. The species of green manures of the legume family used in the combinations were: Pigeon pea (*Cajanus cajan*), *Crotalaria* sp. and Pig bean (*Canavalia ensiformis*) and a native shrub species, Amargoso (*Lepidaploa aurea*), an Asteraceae. We evaluated the temporal dynamics of native diversity and soil cover for 18 months. Our results

showed that the combinations had no effect on native richness and did not influence the abundance of different native species sown under different combinations with green manure. Our results also highlighted the need to use seeds with greater mass as a criterion for choosing the species. In conclusion, under the conditions studied, our data indicate that the use of green manures did not facilitate the increase in the diversity of sown native trees, and its use may be unnecessary when this is the objective. However, the use of shrub and herbaceous green manure plant species together improved soil cover initially, when without the effects of environmental filters, which may be an initial benefit to be considered by ecological restoration project managers to be assessed as to the decision to invest or not in this input.

Key-words: Ecological restoration, Environmental Filters, Functional groups, Nurse plants, Native Species, Polycultures, Savanna, Seeds

1.INTRODUÇÃO

Vista como uma alternativa dentre as diversas técnicas de restauração, a semeadura direta é considerada menos onerosa que o plantio de mudas pelo uso direto de sementes (Palma e Laurance 2015; Grossnickle e Ivetić 2017). O objetivo dessa técnica é colocar as sementes diretamente no solo para que germinem e se estabeleçam nas condições ambientais do local em que foram semeadas, independente do processo de aclimatação, como é feito com mudas produzidas em viveiros (Sampaio et al., 2015). A versatilidade de implantação é poder ser feita de diferentes formas como: manualmente, a lanço, em linhas, em covas, ou ser implantada de forma mecanizada (Sampaio et al. 2015; Guarino et al. 2017).

Uma maneira de garantir maior recrutamento é implantar a semeadura direta na forma “muvuca”, que consiste em semear várias sementes de espécies arbóreas nativas de forma conjunta e misturada com a adição de sementes de adubos verdes, que são espécies de plantas leguminosas de rápido crescimento que promovem melhoramento físico, químico e biológico do solo, acrescido de algum substrato como terra ou areia, por exemplo (Pietro-Souza e Silva 2014). O objetivo principal dessa prática é utilizar elevado número de espécies como uma maneira de cobrirem o solo mais rapidamente, assim, essa cobertura cria condições como a redução da temperatura do solo através do sombreamento, facilitando o estabelecimento das espécies arbóreas nativas ao emergirem do solo (Padilla e Pugnaire 2006). Espécies arbóreas nativas semeadas que apresentam crescimento lento podem ser beneficiadas pelos efeitos prévios ou concomitantes promovidos por adubos verdes de hábitos de crescimento arbustivos e herbáceos como facilitadores (Padilla e Pugnaire 2006). Assim, esse efeito pode resultar positivamente no recrutamento e desenvolvimento de indivíduos nativos ali introduzidos por amenizarem condições adversas devido à melhoria nas condições microclimáticas (Gómez et al. 2004; Padilla e Pugnaire 2006).

Para a muvuca, espécies de adubos verdes geralmente são utilizadas. Estas são espécies de leguminosas (Fabaceae) que também conferem melhoramento na qualidade física e química do solo devido à fixação biológica de nitrogênio e incremento na deposição de matéria orgânica (Beltrame e Rodrigues, 2008), além de outras contribuições como aumento da população da fauna edáfica e um rápido recobrimento do solo (Alvarenga et al., 1995). Os exemplos de adubos verdes mais utilizados de rápido crescimento são as leguminosas: *Cajanus cajan* (L.) Huth (feijão guandú), *Crotalaria* L. sp. e *Canavalia ensiformis* (L.) DC (feijão de porco) (Reis et al. 2019; Gondim et al. 2020). Além dos adubos verdes, outras espécies arbustivas nativas lenhosas também têm sido indicadas para o uso como facilitadoras e no controle de gramíneas exóticas, por exemplo Asteráceas como *Lepidaploa aurea* (Mart. ex DC.) H. Rob., (Lopes et al. 2018; Coutinho et al. 2019) que tem tido um bom desempenho em estudos de restauração sendo utilizada na técnica de semeadura direta (Pellizaro et al. 2017). No entanto, mesmo com combinações na semeadura de adubos verdes e espécies arbóreas nativas, os filtros ecológicos são comumente um desafio para restauração ecológica (Pietro-Souza e Silva 2014; Reis et al. 2019).

Filtros bióticos como gramíneas exóticas competidoras, que crescem rapidamente em detrimento do crescimento lento das espécies arbóreas nativas (Nuttall 2007; Cadotte e Tucker 2017) são uns dos principais entraves para restauração do Cerrado. Desse modo, a utilização dos adubos verdes como estratégia para amenizar esse filtro e facilitar o estabelecimento de espécies arbóreas nativas através da semeadura pode se tornar uma alternativa viável para recuperação de fisionomias florestais neste bioma. Do ponto de vista econômico, pela redução de custos de manutenção em virtude do sombreamento, e ecológico, por recobrir rapidamente o solo com grande produção de biomassa e formar uma barreira física controlando as gramíneas exóticas invasoras e sendo, em alguns casos, possível dispensar o uso de herbicida (Aronson et al. 2011; Isernhagen e Guerin 2011, Salazar et al. 2012; Durigan et al. 2013; Silva et al. 2015,

Weidlich et al. 2019a). Assim, é importante testar combinações com espécies de adubos verdes afim de aumentar o sucesso de estabelecimento de espécies arbóreas nativas reintroduzidas via semeadura direta. Portanto, o uso de adubos verdes como estratégia pode amenizar condições adversas, por diminuir a temperatura na região de estabelecimento e diminuir o estresse hídrico conservando a umidade do solo (Wade e Sanchez, 1983) e por sombrear as gramíneas competidoras e serem mais herbivoradas que as nativas (Reis et al. 2019).

Para o avanço do conhecimento quanto à técnica da semeadura direta, em crescente implantação, são necessárias pesquisas para avaliação do desempenho ecológico das espécies utilizadas, já que isso poderá impactar tanto os custos quanto a viabilidade da restauração. Considerando o potencial papel que adubos verdes possuem na restauração, nosso objetivo foi testar combinações de adubos verdes e espécies arbóreas nativas para avaliar a recuperação da diversidade e recobrimento de solo pelas espécies nativas. Mais especificamente, estudamos a dinâmica ao longo do tempo da abundância e riqueza de espécies nativas arbóreas semeadas com adubos verdes em áreas sob competição com de gramíneas exóticas. Testamos experimentalmente essas combinações para responder as questões: (i) O uso combinado de distinta espécies de adubos verdes (espécies de leguminosas e asterácea) de diferentes formas de crescimento (arbustos, subarbustos e herbáceas) aumentam o recrutamento e estabelecimento das espécies nativas via semeadura direta? Caso sim, qual melhor combinação dessas espécies? (ii) Qual das combinações testadas pode aumentar o recobrimento pelas espécies nativas via semeadura direta? (iii) Diferentes combinações de espécies de adubos verdes influenciam de maneira distinta a cobertura de gramíneas africanas, influenciando, conseqüentemente, de maneira distinta o estabelecimento e desenvolvimento de espécies arbóreas semeadas? Assim, em nossas hipóteses assumimos que: (1) a diversidade de espécies arbóreas nativas será maior nos tratamentos com adubos verdes; (2) o recobrimento do solo nos tratamentos com adubos verdes será maior tanto pelas plantas facilitadoras, esperando-se

melhor desempenho quando incluindo diferentes hábitos de crescimento, quanto pelas espécies arbóreas nativas e terá menor recobrimento por gramíneas exóticas; (3) a combinação de adubos verdes de hábitos de crescimento arbustivo e herbáceo apresentará melhores resultados na diversidade das espécies arbóreas nativas semeadas e no recobrimento do solo.

2.MATERIAL E MÉTODOS

2.1Área de estudo

Desenvolvemos o estudo em três áreas situadas nas Áreas de Preservação Permanente (APP) de duas propriedades privadas (Fazenda Isadora (n=2, sendo adiante considerada como área 1 e 2) e Poema (n=1, sendo a área 3)) localizadas nas coordenadas geográficas: 20°32'54"S, 54°17'28"W e 20°39'23"S, 54°16'32"W, inseridas na Área de Proteção Ambiental (APA) dos Mananciais do Córrego Guariroba, situadas no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul (MS) (Figura 1). A unidade de conservação foi instituída pelo poder público através do decreto Nº 7.138 em 21 de março de 1995 devido à necessidade de recuperar e preservar a principal fonte de abastecimento de água de Campo Grande (PMCG, 2007). Sua localização fica a 35 quilômetros do perímetro urbano, com uma extensão de aproximadamente 360 Km² (36.0000 hectares) e um total de 64 propriedades rurais (Figura 1) e está inserida na sub-bacia do Rio Pardo e Bacia do Rio Paraná (PMCG, 2007). O clima predominante da região de acordo com o modelo de classificação de Köppen é do tipo Aw característico por ser quente e úmido com previsão de chuvas no verão. Ele ainda apresenta durabilidade de 4 a 5 meses no ano com o mês mais frio chegando a temperatura superior a 18°C (PMCG, 2007; PLANURB, 2020). A pluviosidade anual varia de 199,8mm a 0mm (sem registro de chuva) sendo que a estação chuvosa se concentra entre os meses de setembro a abril e o período seco de maio a agosto (PLANURB, 2020).

As áreas de estudo foram degradadas devido a conversão em pastagem cultivada com gramíneas exóticas (*Urochloa brizantha* na Fazenda Isadora, área 1 e 2, e *Urochloa humidicola* na Fazenda Poema, área 3) para criação de gado bovino. Originalmente, tais áreas eram cobertas por formações florestais classificadas como Cerradão, adjacentes à área ripária de Mata de Galeria (MapBiomas, 2021). Quanto à regeneração, praticamente não haviam regenerantes, pois com o preparo da área com a remoção da gramínea exótica do local, as regenerantes também foram retiradas. O solo predominante nas três áreas é classificado como Neossolo Quartzarênico que possui como principais características: textura arenosa, solo ácido baixa fertilidade química e baixa capacidade de armazenar água (PMCG, 2007; PLANURB, 2020).

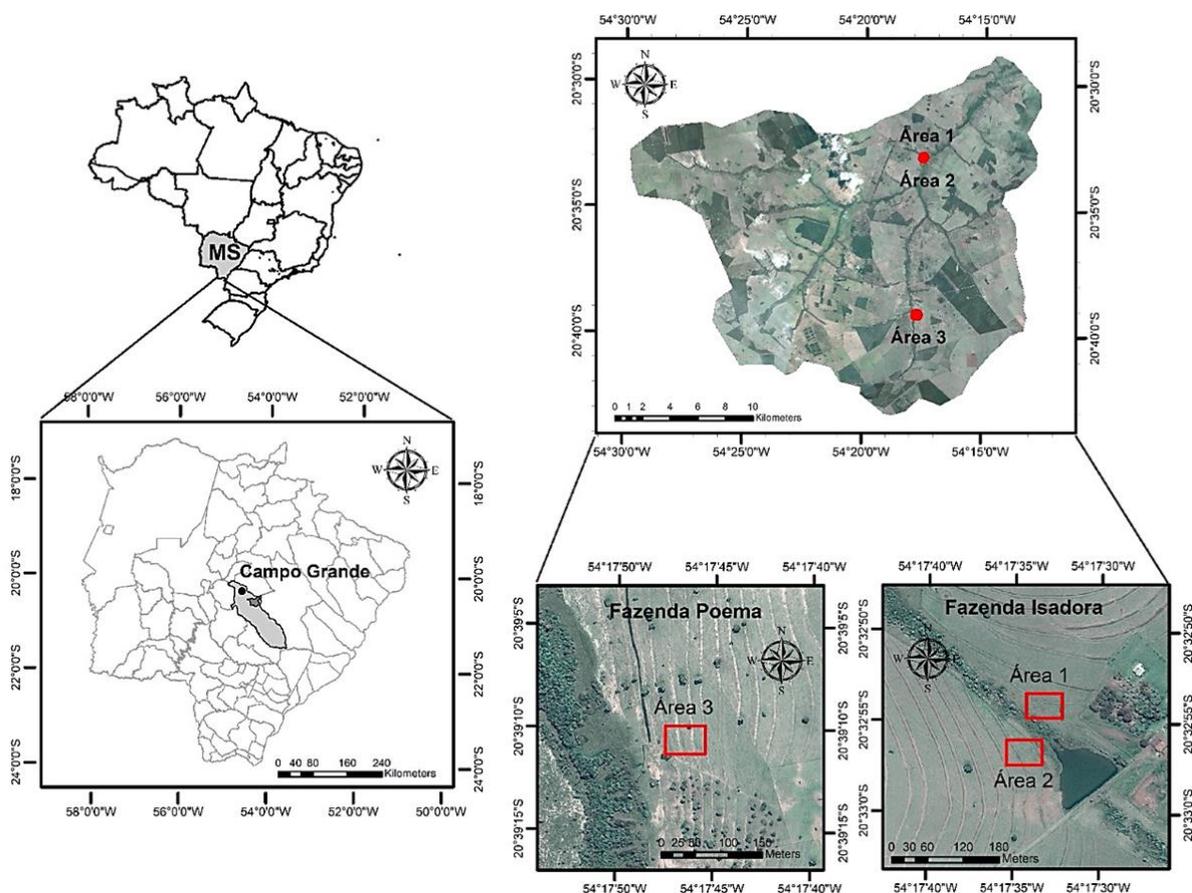


Figura 1. Mapa da localização geográfica da Área de Proteção Ambiental do Córrego Guararioba com os pontos indicando a localização das três áreas experimentais.

2.2 Implantação

Para o preparo da área foi feita a gradagem três vezes com maquinário agrícola para a remoção de gramínea competidora (*Urochloa brizantha* na fazenda Isadora, área 1 e 2 e *Urochloa humidicola* na fazenda Poema, área 3). Os sulcos da linha da semente foram feitos de maneira mecanizada com disco de arado com profundidades de aproximadamente 20 cm. A implantação foi realizada junto com a equipe da Associação de Recuperação, Conservação e Preservação da Bacia do Guararioba (ARCP) que coordenou os plantios dos projetos de restauração da APA. A sementeira foi feita de forma manual dia 9 de janeiro de 2019 nas duas áreas da fazenda Isadora e dia 11 de janeiro de 2019 na única área da fazenda Poema. Após a

pesagem, separação e semeadura nas linhas, as sementes foram cobertas manualmente com uma fina camada de terra.

Observamos filtros ecológicos nas áreas durante o monitoramento, dividindo-os em: filtro biótico com alto índice de animais domésticos (área 1-Fazenda Isadora - animais criados na propriedade: galinhas, ovinos e bovinos que acessaram a área experimental, filtro abiótico de possível estresse hídrico (área 3 - Fazenda Poema) onde observamos um solo arenoso que pode ter gerado um déficit hídrico (apesar de não termos mensurado o déficit hídrico, foi notado em campo e é evidente de ser notado também na Fig. 1) e área sem efeitos desses filtros observados/área 2-Fazenda Isadora (que consideramos um “controle” pela ausência desses dois últimos filtros). Em todas as áreas houve o efeito de competição com gramíneas exóticas. Considerando que esses efeitos ambientais atuam diretamente no resultado final da técnica implantada.

2.3 Espécies utilizadas

Utilizamos sementes de 24 espécies arbóreas nativas do Cerrado (Tabela 1) e quatro espécies de adubos verdes da família Fabaceae: Feijão Guandú, Feijão de Porco, Crotalária e *Stylosanthes* (este último não foi semeado nos tratamentos, apenas nos intervalos de 1m entre os tratamentos na mesma linha a fim formar uma cobertura para suprimir as gramíneas invasoras nestes intervalos), e uma espécie de Asteraceae: Amargoso nos tratamentos (Tabela 1). Os propágulos foram provenientes de coletas de sementes da região realizadas por comunidades locais (ver em: Almeida et al. 2018) e parte complementar compradas da Rede do Xingu, Mato Grosso, Brasil e as sementes de Amargoso (*Lepidaploa aurea* Mart. ex DC. Asteraceae), arbusto perene nativo, foram doadas pela associação de coletores de sementes nativas - Cerrado de Pé, Goiás.

Tabela 1: Lista de espécies utilizadas para o experimento de semeadura na forma de muvuca, localizado na Área de Proteção Ambiental (APA) do Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso

do Sul. Quantidade total de sementes por espécie distribuídas aleatoriamente em todo o experimento, sendo em um total de 660 metros lineares (10m/tratamento + 1m/intervalo entre eles x 5 tratamentos com nativas /linha x 4 linhas x 3 áreas experimentais).

Família	Nome científico	Nome popular	Hábito de vida	Massa da Semente	Quantidade de sementes por espécie
Espécies nativas:					
Anacardiaceae					
	<i>Myracrodruon urundeuva</i> M. Allemão	Aroeira	Arbóreo	0,011g Andrade et al. 2013	117
	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajú	Arbóreo	6,7 a 8,1 g Almeida et al. 2018	8
	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	Guaritá	Arbóreo	-	229
Annonaceae					
	<i>Annona coriacea</i> Mart.	Marolo	Arbóreo	0,69g Cândido et al. 2010	176
Apocynaceae					
	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc	Peroba do cerrado	Arbóreo	0,48g Cândido et al. 2010	117
Arecaceae					
	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Bocaiuva	Arbóreo	0,83g Ramos et al. 2008	20
	<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	Gueroba	Arbóreo	3,2g Nascente, Peixoto e Santos 2000	6
Bignoniaceae					
	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore	Ipê paratudo	Arbóreo	0,23 a 0,27g Oliveira, Schleder e Faveiro 2006.	80
	<i>Tabebuia roseoalba</i>	Ipê branco	Arbóreo	0,003 a 0,019 g Frigieri et al. 2016	1420

Família	Nome científico	Nome popular	Hábito de vida	Massa da Semente	Quantidade de sementes por espécie
Burseraaceae	(Ridl.) Sandwith.				
	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand.	Almecega	Arbóreo	0,067g Nobre e Quirino 2011	100
Combretaceae					
	<i>Terminalia argentea</i> Mart. &Zucc.	Capitão	Arbóreo	0,017 a 0,031g Fava 2014	390
Dilleniaceae					
	<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	Arbóreo	0,0011g Nascimento 2016	405
Euphorbiaceae					
	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Mamoninha	Arbóreo	0,03 a 0,13 g Frigieri et al. 2016	42
Fabaceae					
	<i>Andira cujabensis</i> (Benth.)	Angelim-do- cerrado	Arbóreo	-	40
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.	Angico	Arbóreo	0,06 a 0,21g Frigieri et al. 2016	10
	<i>Dipteryx alata</i> Voguel.	Cumbarú	Arbóreo	0,53 a 2,25g (Sano <i>et al.</i> 2016)	490
	<i>Hymenaea stignocarpa</i> Mart.ex Hayne.	Jatobá do cerrado	Arbóreo	2,59 a 4,76 g Frigieri et al. 2016	34
	<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	Sucupira- branca	Arbóreo	-	990
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaífera	Arbóreo	0,19 a 0,32 g Frigieri et al. 2016	262
Malvaceae					
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Chico magro	Arbóreo	0,002 a 0,008 g Frigieri et al. 2016	166
Rubiaceae					
	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich.	Marmelo	Arbóreo	0,006 a 0,024 g Sobrinho et al. 2017	683

Família	Nome científico	Nome popular	Hábito de vida	Massa da Semente	Quantidade de sementes por espécie
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Tingui	Arbóreo	3,5g Macedo et al. 2009	13
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau-terra	Arbóreo	0,17g Thomazini, Massa e Piccolo, 1971	495
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachia</i> Trécul.	Embaúba	Arbóreo	0,0006 g Frigieri et al. 2016	900
Espécies facilitadoras:					
Asteraceae	<i>Lepidaploa aurea</i> Mart. ex DC.	Amargoso	Arbustivo	-	234
Fabaceae.	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth*	Feijão Guandu	Arbustivo	0,14g Santos et al. 2020	234
	<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.*	Feijão de porco	Herbáceo	1,7g Lopes, 2000	200
	<i>Crotalaria</i> L. sp.	Crotalária	Herbáceo	0,1g Lopes, Queiroz e Moreira 2005	200
	<i>Stylosanthes capitata</i> Vogel. <i>S. macrocephala</i> M.B.Ferreira & Sousa Costa.*+	Estilosantes	Herbáceo	-	950

*Espécies exóticas

+Espécie não considerada nos tratamentos, semeada nos intervalos de um metro entre os tratamentos na mesma linha a fim formar uma cobertura para suprimir as gramíneas invasoras nestes intervalos

2.4 Tratamentos

Para testar a melhor combinação dos adubos verdes com as sementes nativas, testamos seis tratamentos a seguir e conforme apresentado no croqui (Figura 2):

- (1) somente sementes de espécies nativas arbóreas – N
- (2) sementes de adubo verde: feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) + nativas - GN
- (3) sementes de nativas + arbusto nativo: *Lepidaploa aurea* - NL

- (4) sementes de feijão guandu + *L. aurea* + nativas GLN
- (5) espécies de adubos verdes herbáceos exóticos (*Crotalaria* sp. + *Canavalia ensiformes*) + sementes de feijão guandu + nativas – HGN
- (6) controle: sem sementeira, somente acompanhamento da regeneração natural– C que foram estabelecidos a cada 10 metros

O cálculo da quantidade de sementes foi feito de acordo com a disponibilidade de sementes cuja quantidade de quilos de sementes por espécie por hectare foi previamente calculada para as espécies da APA do Guariroba conforme Colado et al. (2021). Dividimos em seis tratamentos sempre usando a mesma proporção linear daquele mix de sementes previamente calculado (161g/10 m) (ver detalhes na Tabela 1). Estes seis tratamentos foram alocados em linhas, ou seja: 4 repetições x 10m por tratamento = 40 m; 40 m de tratamento x 3 áreas = 120 metros por tratamento; 6 tratamentos x 120 m= 720 m ao todo de experimento (Figura 2). Os tratamentos em cada linha têm 10 metros lineares e entre eles foram semeados os adubos-verdes *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & Sousa Costa e *Stylosanthes capitata* Vogel. por um intervalo de um metro linear para recobrimento da linha e para evitar a infestação de gramíneas exóticas invasoras entre os tratamentos.

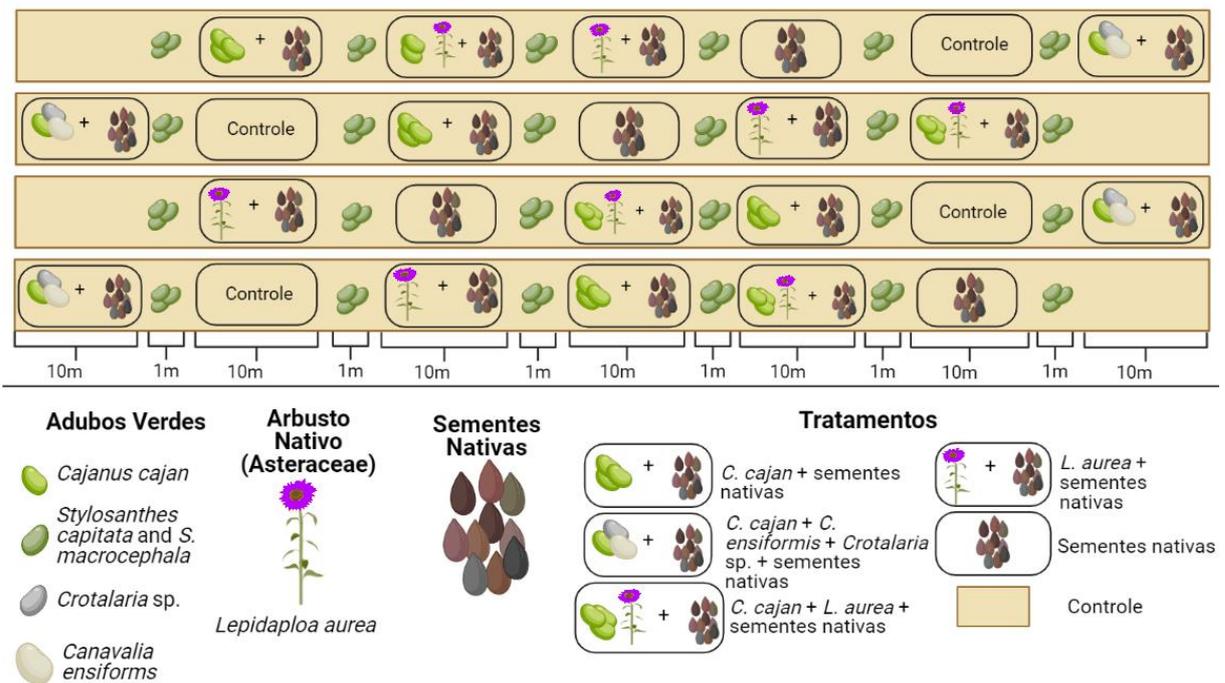


Figura 2. Croqui do experimento instalado na APA do Guariroba. Proporção linear do mix de sementes utilizadas (161g/10 metros lineares): (1) somente sementes nativas arbóreas – N, (2) sementes de adubo verde: feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) + nativas - GN, (3) sementes de espécies nativas arbóreas + arbusto nativo: *Lepidaploa aurea* - NL, (4) sementes de feijão guandu + *L. aurea* + nativas GLN, (5) espécies de adubos verdes herbáceos exóticos (*Crotalaria* sp. + *Canavalia ensiformes*) + sementes de feijão guandu + nativas – HGN e (6) controle: sem sementeira, somente acompanhamento da regeneração natural– C que foram estabelecidos a cada 10 metros. Para tentar inibir o desenvolvimento das gramíneas exóticas presentes nas áreas de estudo, sementes de *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & Sousa Costa e *Stylosanthes capitata* Vogel foram semeadas nas linhas em intervalos de 1 metro entre os tratamentos.

2.5 Monitoramento em campo

As avaliações dos tratamentos foram realizadas em 3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses após a implantação do experimento. Calculamos a riqueza e abundância das espécies arbóreas nativas

semeadas; a porcentagem de recobrimento do solo pelas espécies nativas arbóreas semeadas, cobertura de gramíneas exóticas, de adubos verdes (incluindo *Lepidaploa aurea*), e regenerantes que cresceram nas linhas dos tratamentos. No que diz respeito a abundância (nº de indivíduos), contabilizamos a quantidade de indivíduos emergidos em cada amostra linear (número de indivíduos em 10-m lineares) e quantidade de indivíduos emergidos em cada tratamento, considerando as três áreas de estudo (número de indivíduos em 120-m; soma de 12 repetições de 10-m lineares). Em relação a riqueza das espécies arbóreas nativas (número de espécies), contabilizamos o número de espécies em cada amostra linear (número de espécies em 10-m lineares) e o número de espécies em cada tratamento (número de espécies em 120-m; soma de 12 repetições de 10-m lineares).

Assim, como variáveis resposta, avaliamos a diversidade de nativas quanto à abundância contabilizando a quantidade de indivíduos emergidos em cada amostra linear e tratamento e, para a riqueza, o número de espécies de cada amostra linear e tratamento. Para riqueza e abundância nos tratamentos em que houve semeadura de nativas arbóreas, não contabilizamos as espécies regenerantes, contabilizamos as regenerantes apenas no tratamento controle.

A variável resposta cobertura do solo, a fim de avaliar o recobrimento de solo, foi observada em cada uma das linhas de repetições dos tratamentos, com base no Protocolo de Monitoramento da Recomposição da Vegetação Nativa (Sousa e Vieira 2017). Utilizamos uma fita métrica de 10 metros para demarcar 10 pontos a cada 1 metro e uma vara graduada de até 1,5 metros que foi colocada a cada ponto, fizemos o procedimento em cada tratamento. Através dessa avaliação, verificamos o tipo da vegetação que toca na vara graduada e a que se encontra ao entorno de cada ponto ao longo dos pontos demarcados. As categorias de classificação utilizadas foram: Sem vegetação (1), Nativa (2), Regenerante (3), Adubo Verde (4) e Gramínea Exótica (5) (Sampaio et al. 2015; Pellizzaro et al. 2017; Sousa e Vieira 2017).

No monitoramento de nove meses acrescentamos a avaliação de mais 4 linhas de 10 metros cada nas 3 áreas onde o experimento foi implantado seguindo, portanto, o mesmo desenho amostral inicial, porém, abrangendo o entorno do experimento com acréscimo de linhas onde houve semeadura de maior número de espécies de adubos verdes, uma vez que eles incluíram também adubos verdes herbáceos no mix (no croqui, HGN – Figura 2). Ou seja, ampliamos a avaliação do efeito de outras espécies de adubos verdes sobre as espécies arbóreas nativas para área de semeadura realizada pela empresa de restauração responsável. Este entorno foi semeado no mesmo período em que o experimento foi implantado (~jan. 2019), portanto, não havia diferença de tempo desde a semeadura, a única diferença entre o HGN e os demais tratamentos é que este não teve as mensurações anteriores a 9 meses (as de 3 e 6 meses). Vale ressaltar que a base de cálculo da quantidade de sementes nativas utilizadas nesta semeadura do entorno foi a mesma do experimento e foram semeadas exatamente nas mesmas datas de implantação, a diferença foi apenas do uso de, além de *C. cajan*, o acréscimo de duas espécies a mais de adubos verdes herbáceos: *Crotalaria* sp. e *Canavalia ensiformis*. Assim, com este acréscimo foi possível responder a seguinte pergunta: a semeadura de *C. cajan* combinado com mais espécies de adubos verdes apresenta/resulta em maiores valores de abundância, riqueza, cobertura de espécies semeadas do que apenas quando semeado sozinho com nativas?

2.6 Análise de dados

Para avaliar a eficácia de cada combinação de espécies de adubos verdes sobre o recrutamento de espécies nativas semeadas, comparamos as variáveis abundância (média em 10 m lineares) e riqueza (média em 10 m lineares). O recobrimento do solo foi calculado em porcentagem para cada categoria amostrada nos tratamentos (10 m lineares): 1-cobertura de gramíneas exóticas; 2-cobertura de adubos verdes; 3-cobertura de espécies arbóreas nativas semeadas; 4-cobertura de espécies regenerantes; 5-quantidade de solo exposto. Para a análise

dados, todas as variáveis calculadas em porcentagem foram categorizadas em 0- 0%; 1- 1–25%; 2- 26–50%; 3- 51–75%; e 4- 76–100% (Reis et al., 2019). Inicialmente as áreas seriam as réplicas experimentais, mas como houveram filtros distintos atuando nas diferentes áreas, resolvemos considerar o efeito de "área" como um fator e os tratamentos como outro fator pelo teste ANOVA *two way*. **Ademais, avaliamos as diferenças entre tratamentos ao longo do tempo (em cada período de coleta) e, portanto, utilizamos a análise de medidas repetidas.** Todos os testes quando significativos foram comparados posteriormente pelo teste Tukey HSD (Tukey 1949). Todos os dados foram analisados no software RStudio (R core team, 2018).

3. RESULTADOS

3.1 Diversidade de plantas

No total, houve o recrutamento de 10 das 24 espécies semeadas (41,6%) (Figura 3) são elas: *Acrocomia aculeata*; *Annona coriaceae*; *Anacardium occidentale*; *Anadenanthera colubrina*; *Dipteryx alata*; *Hymenaeae stigonocarpa*; *Guazuma ulmifolia*; *Mabea fistulífera*; *Myracrodruon urundeuva* e *Tabebuia aurea*. A observação dessas espécies ocorreu no monitoramento de 3 meses, com exceção de *Anadenanthera colubrina* e *Anacardium occidentale* observadas no monitoramento de 6 meses, e a partir do 12º mês somente a *Acrocomia aculeata*, sendo a espécie com estabelecimento mais tardio na semeadura. As espécies que apresentaram maior número de indivíduos até os três primeiros meses (Figura 3) foram: *Annona coriaceae*, *Dipteryx alata* e *Hymenaeae stigonocarpa*. Todas as espécies tiveram abundância similar entre os tratamentos, exceto a espécie *Dipteryx alata* teve maior sucesso no tratamento da combinação de adubos verdes arbustivos com herbáceos (HGN) comparado aos tratamentos NL e GLN, mas não diferiu dos tratamentos GN e N (Tabela 1).

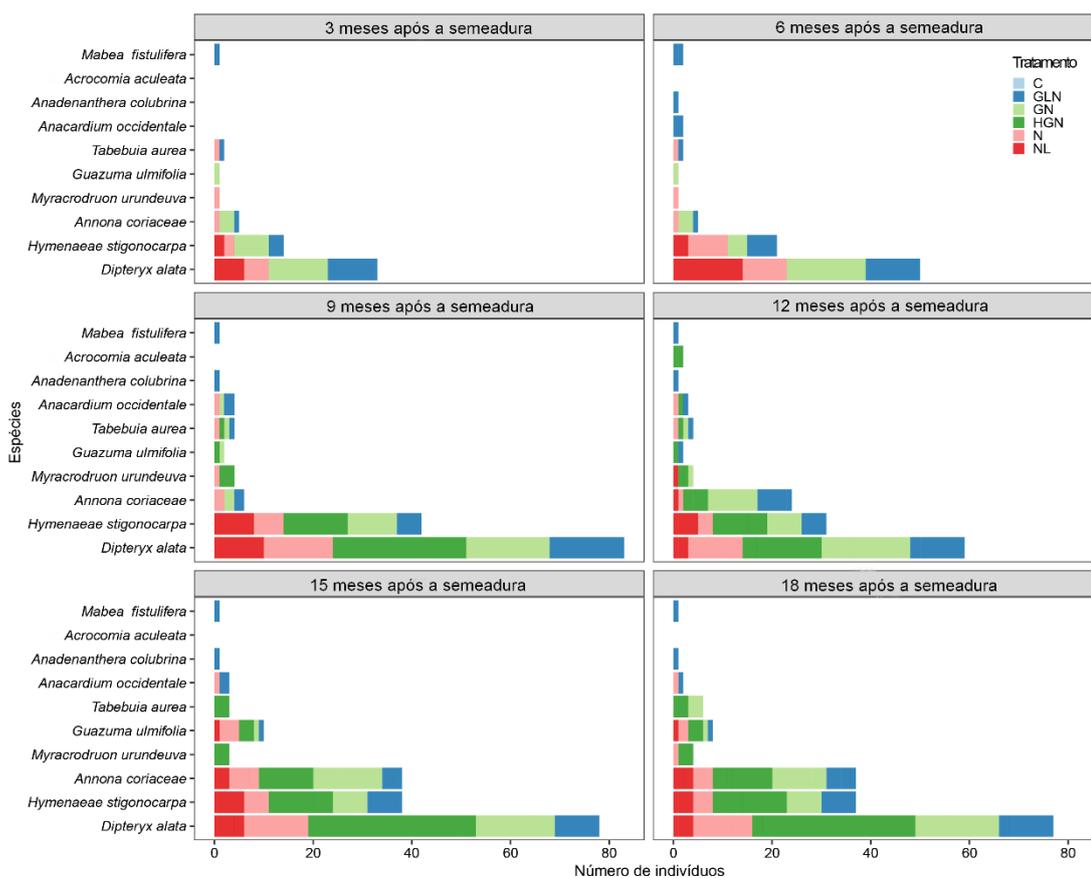


Figura 3. Tempo de recrutamento após a semeadura (3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses) e abundância (número total de indivíduos por espécie nativa semeada amostrado em 120 metros lineares por tratamento (ou seja: 4 repetições de 10 metros vezes 3 áreas/tratamento) durante os 18 meses de monitoramento, considerando-se avaliações aos 3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses após a semeadura. Nenhuma das espécies semeadas regenerou-se naturalmente nas linhas dos tratamentos. Proporção linear do mix de sementes utilizadas (161g/10 metros lineares) nos tratamentos: (1) somente sementes de espécies nativas arbóreas – N, (2) sementes de adubo verde: feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) + nativas - GN, (3) sementes de nativas + arbusto nativo: *L. aurea* - NL, (4) sementes de feijão guandu + *L. aurea* + nativas GLN, (5) adubos verdes herbáceos exóticos de (*Crotalaria* sp. + *Canavalia ensiformes*) + sementes de feijão guandu + nativas – HGN (estes não foram monitorados aos 3 e 6 meses) e (6) controle: sem semeadura, somente acompanhamento da regeneração natural – C que foram estabelecidos

a cada 10 metros. Para controlar a gramínea exótica (*Urochloa brizantha* na fazenda Isadora e *Urochloa humidicola* na fazenda Poema), sementes de *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & Sousa Costa e *Stylosanthes capitata* Vogel foram semeadas nas linhas em intervalos de 1 metro entre os tratamentos.

Tabela 2. Comparação, pelo teste Tukey, da abundância por espécie recrutada (nenhuma das espécies semeadas regenerou-se naturalmente nas linhas dos tratamentos) em cada tratamento amostrado em 120 metros lineares (ou seja: 4 repetições de 10 metros vezes 3 áreas/tratamento) durante os 18 meses de monitoramento considerando-se avaliações aos 3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses após a semeadura. Proporção linear do mix de sementes utilizadas (161g/10 metros lineares) nos tratamentos: (1) somente sementes de espécies nativas arbóreas – N, (2) sementes de adubo verde: feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) + nativas - GN, (3) sementes de nativas + arbusto nativo: *L. aurea* - NL, (4) sementes de feijão guandu + *L. aurea* + nativas GLN, (5) adubos verdes herbáceos exóticos (*Crotalaria* sp. + *Canavalia ensiformes*) + sementes de feijão guandu + nativas – HGN e (6) controle: sem semeadura, somente acompanhamento da regeneração natural– C que foram estabelecidos a cada 10 metros. Para controlar a gramínea exótica (*Urochloa brizantha* na fazenda Isadora e *Urochloa humidicola* na fazenda Poema), sementes de *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & Sousa Costa e *Stylosanthes capitata* Vogel foram semeadas nas linhas em intervalos de 1 metro entre os tratamentos.

Espécie	Tratamentos	Tukey
<i>Acrocomia aculeata</i>	HGN	c
<i>Anacardium occidentale</i>	GN-GLN-HGN-N	c
<i>Anadenanthera colubrina</i>	GLN	c

Espécie	Tratamentos	Tukey
<i>Annona coriaceae</i>	GN-HGN, GLN-N-NL	bc, c
<i>Dipteryx alata</i>	HGN, GN, N, GLN-NL	a, ab, abc, bc
<i>Guazuma ulmifolia</i>	N, GN-GLN-HGN-NL	bc, c
<i>Hymenaeae stigonocarpa</i>	HGN, GN-GLN-N-NL	abc, bc
<i>Mabea fistulifera</i>	GLN	c
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	GN-N-NL	c
<i>Tabebuia aurea</i>	GN-GLN-HGN-N	c

A riqueza de espécies não diferiu entre os tratamentos em cada uma das áreas de estudo (Figura 4), mas se comparada entre as áreas (Figura 4), verifica-se que a área 2 e a área 3 apresentaram maior riqueza ($p < 0,05$) quando comparadas com a área 1. Quanto aos tratamentos, o incremento de adubos verdes sobre as nativas (N) não aumentou a riqueza (Figura 4).

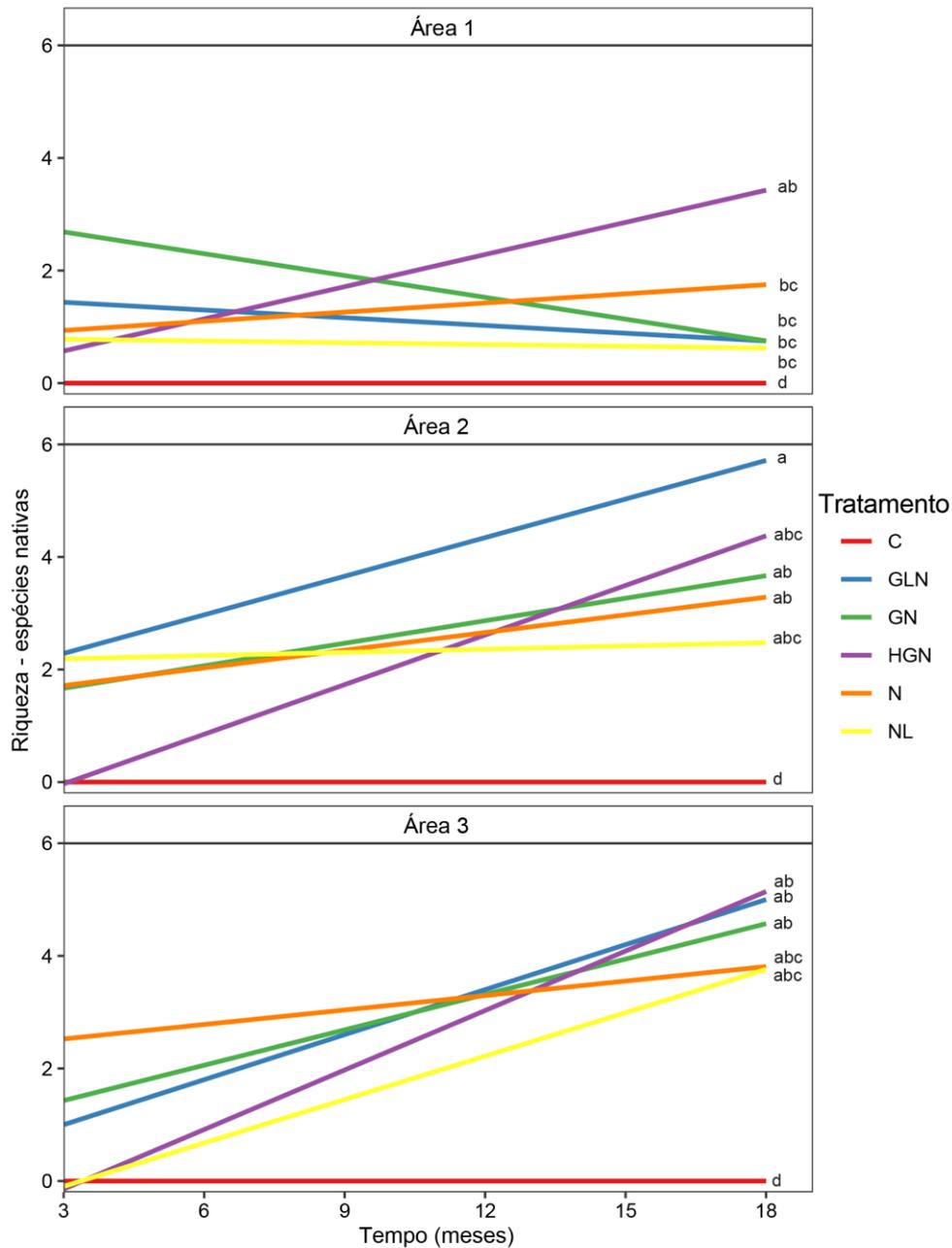


Figura 4. Média de 10 m lineares (de 4 linhas de 10 metros / área, considerando 0,1m de sulco isso seria equivalente a 1m²) da riqueza de espécies nativas ao longo do tempo, entre os tratamentos e por área total amostrada em 120 metros lineares por tratamento (ou seja: 4 repetições de 10 metros vezes 3 áreas/ tratamento) durante os 18 meses de monitoramento considerando-se avaliações aos 3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses após a semeadura. Proporção linear do mix de sementes utilizadas (161g/10 metros lineares) nos tratamentos: (1) somente sementes

de espécies nativas arbóreas – N, (2) sementes de adubo verde: feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) + nativas - GN, (3) sementes de nativas + arbusto nativo: *L. aurea* - NL, (4) sementes de feijão guandu + *L. aurea* + nativas GLN, (5) adubos verdes herbáceos exóticas (*Crotalaria* sp. + *Canavalia ensiformes*) + sementes de feijão guandu + nativas – HGN e (6) controle: sem sementeira, somente acompanhamento da regeneração natural– C que foram estabelecidos a cada 10 metros. As letras associadas a curva de cada tratamento nos gráficos mostram as possíveis diferenças estatísticas para uma mesma área bem como para áreas diferentes. Relação estatística com os níveis de significância (* P <0,05 ** P <0,01 e *** P <0,001 e ns = não significativo).

A abundância de indivíduos de espécies arbóreas nativas semeadas não diferiu entre as três áreas experimentais (Figura 5). Nos tratamentos semeados com adubos verdes GN, GLN e HGN e com o arbusto nativo NL, também não apresentou diferença estatística (ns) em relação a abundância de nativas arbóreas semeadas. A abundância dos indivíduos de adubos verdes ao longo do tempo de 18 meses apresentou uma diminuição quando somente eram arbustivos e um aumento com o tempo quando incluía herbáceos (HGN), enquanto a de nativas se manteve linear (p<0,001). A área 2 apresentou um resultado consideravelmente maior quanto a quantidade de adubos verdes (p<0,05) quando comparado com as áreas 1 e 3, ressaltando que na área 2 (sem influência aparente de filtros de herbivoria e estresse hídrico) a abundância dos adubos verdes sob diferentes combinações nos tratamentos GLN, GN e HGN também foi estatisticamente equivalente aos 18 meses (Figura 5). Os tratamentos (Figura 5) não diferiram entre si (ns) para abundância de adubos verdes nas áreas 1 e 3.

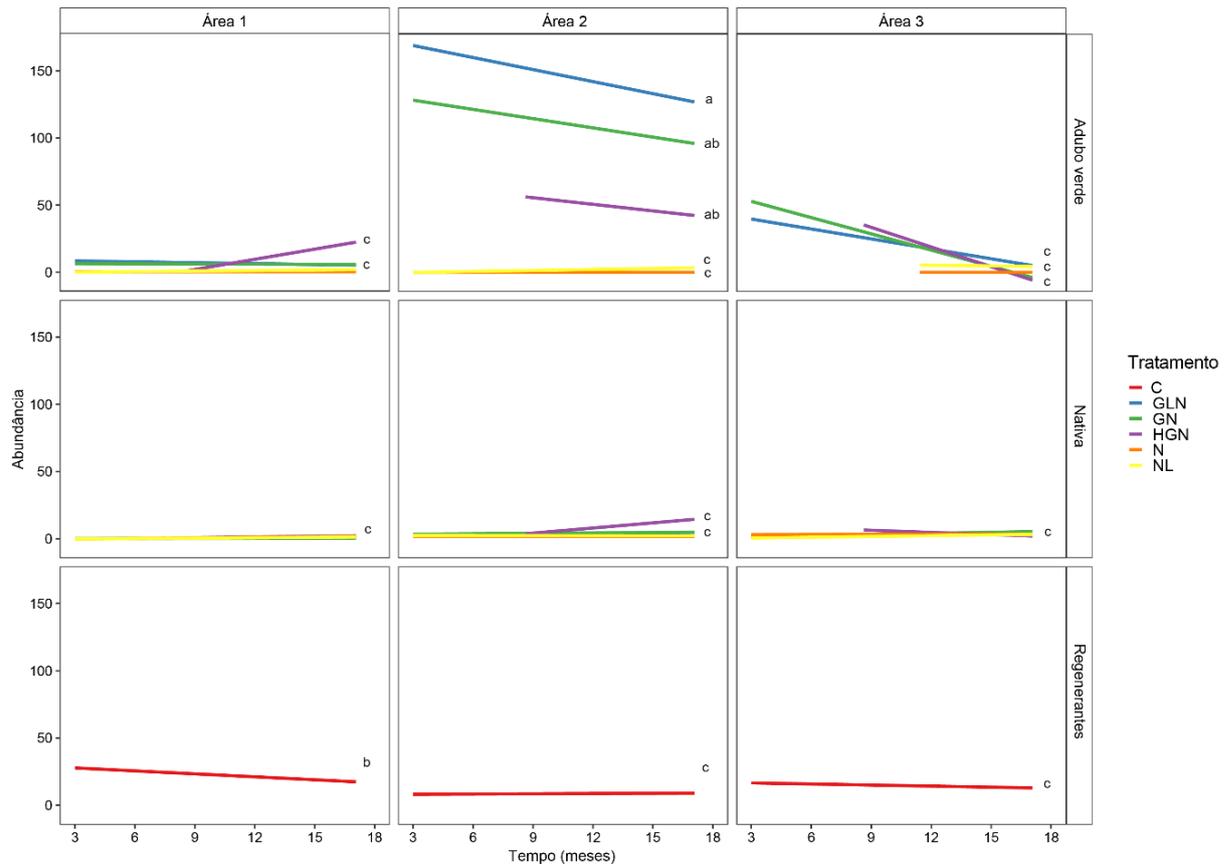


Figura 5. Abundância média de 10 m lineares (4 linhas de 10 metros) de indivíduos de adubos verdes, nativas semeadas e regenerantes ao longo do tempo, por área e por tratamento amostrado em 120 metros lineares por tratamento (ou seja: 4 repetições de 10 metros vezes 3 áreas/ tratamento) durante os 18 meses considerando-se avaliações aos 3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses após a semeadura. Proporção linear do mix de sementes utilizadas (161g/10 metros lineares) nos tratamentos: (1) somente sementes de espécies nativas arbóreas – N, (2) sementes de adubo verde: feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) + nativas - GN, (3) sementes de nativas + arbusto nativo: *L. aurea* - NL, (4) sementes de feijão guandu + *L. aurea* + nativas GLN, (5) adubos verdes herbáceos exóticos (*Crotalaria* sp. + *Canavalia ensiformes*) + sementes de feijão guandu + nativas – HGN e (6) controle: sem semeadura, somente acompanhamento da regeneração natural– C que foram estabelecidos a cada 10 metros. Para controlar a gramínea exótica (*Urochloa brizantha* na fazenda Isadora e *Urochloa humidicola* na fazenda Poema),

sementes de *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & Sousa Costa e *Stylosanthes capitata* Vogel foram semeadas nas linhas em intervalos de 1 metro entre os tratamentos. As letras associadas a curva de cada tratamento nos gráficos mostram as possíveis diferenças estatísticas para uma mesma área bem como entre áreas diferentes. Relação estatística com os níveis de significância (* P <0,05 ** P <0,01 e *** P <0,001 e ns = não significativo).

3.2 Recobrimento do solo

Entre as categorias amostradas, é notável o aumento da cobertura por gramíneas exóticas, que foram introduzidas para práticas agropecuárias no local do experimento, *Urochloa brizantha* na Fazenda Isadora, área 1 e 2 e *Urochloa humidicola* na Fazenda Poema, área 3 ao longo do tempo nas três áreas experimentais e diminuição de solo exposto. Na área 1 foi possível ver um maior aumento de cobertura por gramíneas exóticas competidoras, uma vez que a área 2 e a área 3 apresentaram, respectivamente, 62% e 51% aos 18 meses, enquanto a área 2 (sob herbivoria apresentou 80% de cobertura por gramíneas exóticas aos 18 meses (Figura 6a). Porém, apesar da cobertura nas três áreas ter prevalecido pela gramínea, na área 2, a cobertura por adubos verdes foi maior (42%) quando comparadas as áreas 1 16% e área 3 (15%) ao final dos 18 meses de monitoramento. Entretanto, as áreas 1 (50%) e 3 (39,3%) tiveram maior cobertura por regenerantes (Figura 6a) quando comparadas com a área 2 (23%). A cobertura de nativas semeadas foi baixa e não diferiu estatisticamente nas áreas 2 (10%) e 3 (9%) e 1 (2%) (Figura 6a). Os adubos verdes herbáceos e arbustivos (tratamento HGN) na área 2 aumentaram a cobertura do solo ($p < 0,001$) (Figura 6b), quando comparado à semeadura somente de nativas e controle aos 9 meses. E não houve diferença estatística da cobertura entre os tratamentos nas áreas 1 e 3 ($p = \text{NS}$).

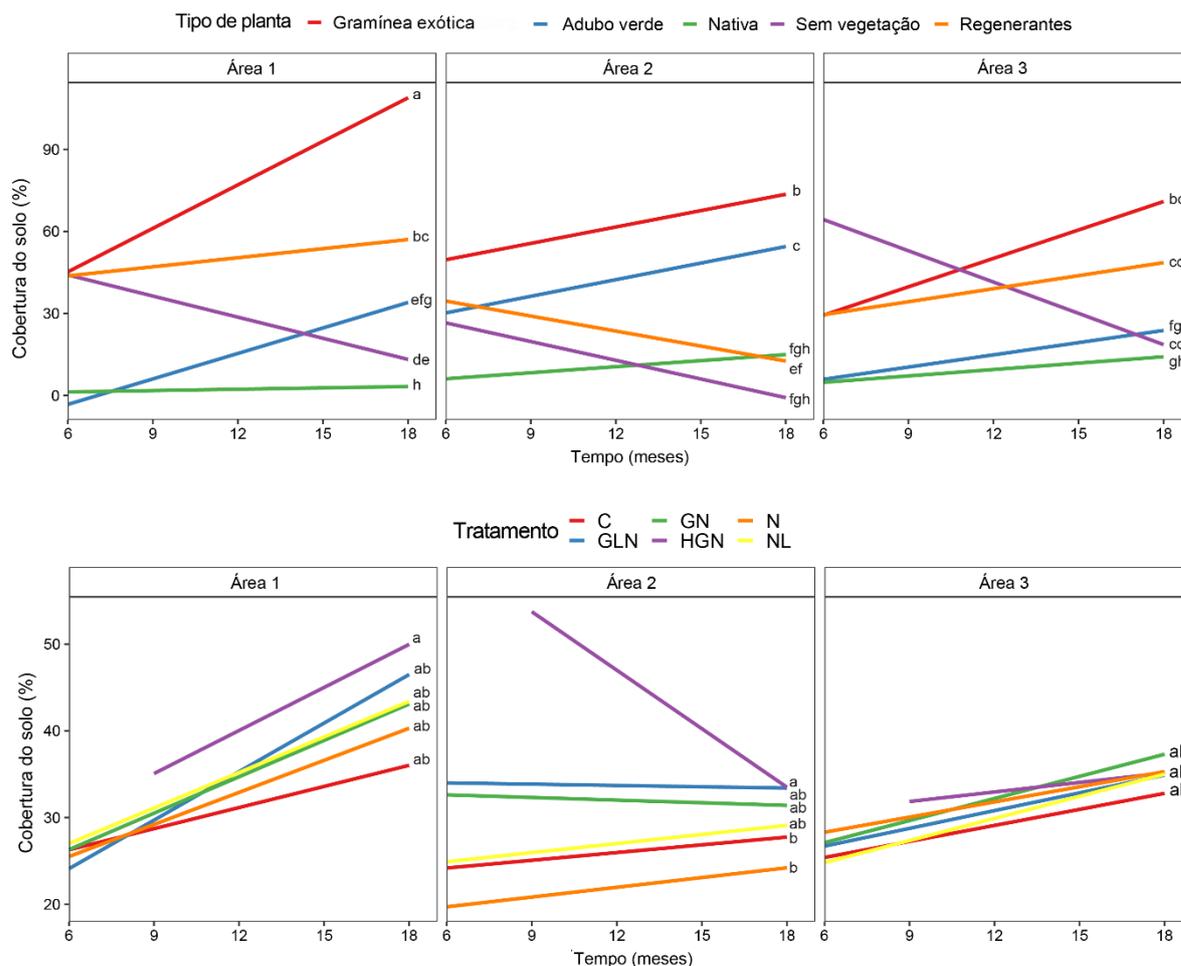


Figura 6. (a) Porcentagem de cobertura do solo conforme o tipo de categoria amostrada (tipo de planta) e (b) sob efeito de área (sob herbivoria e déficit hídrico) nos tratamentos durante os 18 meses de monitoramento considerando-se avaliações aos 3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses após a sementeira. Proporção linear do mix de sementes utilizadas (161g/10 metros lineares) nos tratamentos: (1) somente sementes de espécies nativas arbóreas – N, (2) sementes de adubo verde: feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) + nativas - GN, (3) sementes de nativas + arbusto nativo: *L. aurea* - NL, (4) sementes de feijão guandu + *L. aurea* + nativas GLN, (5) adubos verdes herbáceos exóticas (*Crotalaria* sp. + *Canavalia ensiformes*) + sementes de feijão guandu + nativas – HGN e (6) controle: sem sementeira, somente acompanhamento da regeneração natural– C que foram estabelecidos a cada 10 metros. Para controlar a gramínea exótica ((*Urochloa brizantha* na fazenda Isadora e *Urochloa humidicola* na fazenda Poema),

sementes de *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & Sousa Costa e *Stylosanthes capitata* Vogel foram semeadas nas linhas em intervalos de 1 metro entre os tratamentos. As letras associadas as curvas de cada tratamento nos gráficos mostram as possíveis diferenças estatísticas para uma mesma área ou para áreas diferentes. Relação estatística com os níveis de significância (* P <0,05 ** P <0,01 e *** P <0,001 e ns = não significativo).

4. DISCUSSÃO

4.1 Diversidade de plantas

Os nossos dados demonstram que os adubos verdes não influenciaram nem a abundância nem na riqueza das diferentes espécies arbóreas nativas semeadas, uma vez que o tratamento somente com arbóreas nativas não diferiu estatisticamente dos tratamentos com adubos verdes. Ademais, os nossos resultados demonstraram que a abundância de espécies nativas foi mais afetada pelo efeito da herbivoria promovida pelos animais domésticos da propriedade do que pelo déficit hídrico, sendo que este filtro biótico é um desafio a ser considerado nas técnicas de restauração (Reis et al. 2019; Reis et al. 2020). Isso reforça que o isolamento de fatores de degradação da área são uma das primeiras medidas a serem realizadas nos projetos de restauração e essa medida acaba se tornando um gargalo visto que dificilmente é mantido nas propriedades rurais, quando não há comprometimento com a manutenção do isolamento de animais domésticos ao longo do processo de restauração. Apesar do pouco efeito dos adubos verdes sobre o recrutamento das espécies nativas semeadas, e conseqüentemente, sobre a diversidade da comunidade vegetal, remeter a que não valeria o investimento referente a introdução dessas espécies, deve-se avaliar outros benefícios dos mesmos a longo prazo. Por exemplo, demais benefícios desses adubos não mensurados aqui, porém detectados em estudos prévios em fases iniciais (efeitos prioritários), concomitantes ou tardios (desenvolvimento futuro), tais como aumento do aporte de nitrogênio solo para as outras plantas que fizerem parte

do local a ser restaurado por exemplo, produção de biomassa e diminuição da herbivoria das nativas (Beltrame e Rodrigues, 2008; Reis et al. 2019, Godim et al. 2020). Além de outros fatores que podem ser mais efetivos para aumentar o sucesso da restauração, como melhorar as técnicas de controle de gramíneas exóticas invasoras (Reis et al. 2019).

Das 24 espécies semeadas quase metade recrutou, mas somente três se destacaram sendo elas: *Dipteryx alata*; *Hymenaea stigonocarpa* e *Annona coriacea* (Figura 3). Alguns traços funcionais mais específicos como tamanho de raiz e massa da semente explicam 93% do sucesso de estabelecimento por meio da semeadura direta como em *Dipteryx alata* e *Hymenaea stigonocarpa* (Passaretti, Pilon e Durigan, 2020). Os cotilédones maiores garantem uma distância maior até o embrião da semente preservando-o principalmente em condições desfavoráveis e a raiz que consegue alcançar maiores profundidades garante o acesso a recursos do solo conseguindo manter-se mesmo sob adversidades na parte aérea como a herbivoria (Moles e Westoby 2004). As sementes grandes, que apresentam maior massa favorecem o estabelecimento de forma a conseguir emergir sob filtros ambientais como a indisponibilidade de água, herbivoria e a competição com gramíneas exóticas, além de ter a possibilidade de maiores chances de sobrevivência ao longo do tempo no campo (Macera, Pereira e Souza, 2017; Passaretti, Pilon e Durigan, 2020). Porém, isso não dispensa a manutenção necessária no controle das gramíneas exóticas competidoras que é um filtro biótico geralmente presente nas áreas em restauração por semeadura direta no Cerrado (Pereira, Laura e Souza, 2012; Reis et al. 2019, Sampaio et al. 2019), principalmente nos meses iniciais em que as plântulas se encontram num estágio mais frágil e o que poderia garantir uma chance maior de sobrevivência.

Annona coriacea foi a terceira espécie mais abundante (Figura 3), com 37 indivíduos distribuídos entre os tratamentos. Essa espécie é reconhecida por apresentar dormência morfofisiológica, podendo ficar dormente por mais de 200 dias, o que explica o aumento de sua emergência apenas aos 12 meses de monitoramento (Figura 3) (Rizzini 1973; Dresch, Scalon,

e Masetto 2014). Isso permite inferir que ela tem potencial para formar bancos de sementes permanente por resistir mais tempo no solo, visto que não utilizamos procedimentos para a superação de dormência ou para acelerar a germinação de nenhuma das espécies semeadas. A germinação ao longo do tempo também ocorre em espécies como *H. stagnocarpa* resultando em seu recrutamento em várias estações (Pereira et al. 2011; Colado et al. 2020). A palmeira *Acrocomia aculeata* emergiu somente aos doze meses após a semeadura (Figura 3) sendo semeado o fruto inteiro. A permanência no solo está sujeita a atuação de microrganismos que ajudam no processo de decomposição deixando os tecidos mais externos do fruto maleáveis oportunizando a embebição de forma lenta e posteriormente na emergência da plântula.

Dentre as espécies semeadas, *Anadenanthera colubrina*, *Anacardium occidentale*, *Guazuma ulmifolia*, *Mabea fistulifera*, *Myracrodruon urundeuva* e *Tabebuia aurea* foram as que apresentaram menor número de indivíduos recrutados (Figura 3). Com exceção de *Anacardium occidentale*, todas essas espécies apresentam sementes pequenas. Espécies que possuem sementes pequenas também podem apresentar bons resultados na restauração por semeadura direta, desde que as condições de preparo dos microsítios sejam favoráveis a germinação (Doust, Erskine, e Lamb 2006). A profundidade de semeadura se torna uma questão relevante quando se trata de sementes menores, pois se plantadas muito profundamente podem germinar e não ter força para emergir. Ademais, sabendo-se que as espécies de sementes menores têm uma estratégia da produção de um grande número de sementes para que se estabeleça uma pequena proporção de indivíduos, isto deve ser levado em consideração na semeadura. Ou seja, a proporção das sementes tem que ser grande para que alguma parte possa sobreviver. Além disso, a baixa riqueza de espécies indica a necessidade de investigar critérios para escolha das espécies que conseguem se estabelecer melhor via semeadura direta. E, somado a isso, o mercado de sementes nativas se encontra em um lento processo de expansão devido as dificuldades burocráticas, legislativas e políticas (Urzedo et al. 2019a) e também a

falta de incentivo de formações de redes de coletores de sementes. A formação de redes de sementes dá visibilidade a comunidades tradicionais e rurais, gerando emprego e renda e uma produção de mais de 20 toneladas de sementes por ano (Schmidt et al.2018). Isso reforça a que o fornecimento de sementes nativas local é necessário visto que parte das sementes utilizadas nesse experimento foram compradas e doadas de outros estados.

A escolha das espécies para esse estudo foi feita com base em levantamentos florísticos realizados na região da APA, através de materiais coletados e depositados no herbário CGMS, de acordo com o trabalho de dissertação de Colado (2017). Acreditar que é possível restaurar áreas exatamente como suas formações originais é muito difícil. O que se busca é formar novas áreas florestadas que se tornem autossustentáveis ecologicamente e estruturalmente sem que haja intervenção para sua manutenção. Em formações originais há espécies que não são recuperáveis ou precisam de muito mais tempo para reaparecer no ambiente como por exemplo epífitas, lianas, trepadeiras. A escolha das espécies deve primeiramente ser pensada de acordo com a formação original que ocorria na área, pois não adianta utilizar espécies de áreas savânicas para restaurar ambientes florestais e vice-versa. Além desse critério, a escolha de espécies de rápido crescimento e as espécies que conseguem se estabelecer melhor via semeadura direta ou na forma de mudas também pode ser necessária.

4.2 Recobrimento de Solo

A cobertura do solo foi maior no tratamento em que houve a combinação das três espécies de adubos verdes (*Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis* e *Crotalaria* sp.) quando não houve condições ambientais de deficiência hídrica e presença de animais domésticos. Porém, 12 meses após a semeadura, houve diminuição da cobertura do solo nos tratamentos envolvendo combinações de adubos verdes se igualando aos demais tratamentos após 18 meses. Esse resultado inicial corroborou nossa segunda hipótese de que adubos verdes de diferentes hábitos são efetivos na diminuição da cobertura por gramíneas exóticas competidoras, porém somente

no primeiro ano. Ademais, em condições sem filtros, a cobertura do solo com uso de adubos verdes, independente de qual arranjo, foi superior à sementeira só das arbóreas nativas que são espécies lenhosas e apresentam crescimento mais lento. Apesar disso, a cobertura por nativas estatisticamente igual em todas as áreas. Sabe-se que as espécies do Cerrado costumam investir primeiramente em crescimento radicular e depois em parte aérea (Pilon e Durigan 2013; Silva et al. 2015) somado a atuação dos filtros bióticos (mato-competição, herbivoria ;Pires et al. 2012) que em conjunto colaboram para atrasar ainda mais o desenvolvimento das espécies nativas.

A fim de verificar a regeneração de espécies vegetais nativas no tratamento controle, o recobrimento por gramíneas competidoras (*Urochloa brizantha* na Fazenda Isadora e *Urochloa humidicola* na Fazenda Poema) foi maior e aumentou ao longo do tempo (50% a 78%) seguido de regenerantes nas áreas 1- (50%) e área 3- (39%) (Figura 6a), o que indica uma baixa regeneração da área ainda. Lembrando que fizemos o monitoramento durante 18 meses apenas, além de ser válido ressaltar que não houve a manutenção de controle da gramínea exótica que ocorre nas áreas da sementeira, facilitando seu crescimento e permanência na área de restauração. O controle dessas espécies invasoras é um dos grandes desafios e seria parte das soluções de um dos filtros bióticos (competição com invasoras) na restauração, o banco de sementes formado no solo é difícil de combater e eleva os custos do projeto quando não se consegue formar uma estrutura de dossel (no caso de formações florestais) rapidamente por espécies nativas, uma vez que as gramíneas exóticas não são tolerantes a sombra. Apesar de existir alternativas para coroamento no caso de plantio (Benites et al 2020), ainda carecem de estudos manejos na sementeira.

Apesar da melhoria na cobertura do solo propiciada pelos adubos verdes, a cobertura por gramínea exótica competidora ainda se manteve em todos os tratamentos e área ao longo do tempo. Mesmo fazendo as combinações com a adoção dos adubos verdes para realizar um

controle biológico (Cava et al. 2016; Reis et al. 2019; Weidlich et al., 2020), ainda assim é necessário dar continuidade ao controle de gramíneas exóticas de forma manual, mecânica ou com herbicidas. Por isso a manutenção da área, ou seja, remoção das gramíneas exóticas a longo prazo é necessária e é um dos gargalos que existem para o sucesso da restauração.

Assim, diante dos desafios da semeadura direta, uma das possibilidades de manejo adaptativo de acordo com os resultados da implantação inicial, a implantação em etapas prévias, como por exemplo a semeadura de adubos verdes com espécies pioneiras de arbóreas nativas de rápido crescimento e posteriormente a realização de um plantio de enriquecimento de arbóreas nativas, pode ser uma alternativa para aumentar o sucesso (Sampaio et al., 2015; Sampaio et al., 2019, Weidlich et al. 2020b). Sabendo do potencial de leguminosas facilitadoras, a adoção desse recurso no planejamento de projetos de restauração pode ser uma alternativa se implantado em etapas, porém não confirmado neste estudo, uma vez que o consórcio foi realizado concomitantemente à semeadura das nativas. Porém, estudos são necessários a fim de verificar outros tipos de combinações com adubos verdes, por exemplo com a adoção de estratégias para implantação por etapas que demonstram que é possível moldar trajetórias de comunidades secundárias e ser possivelmente mais eficiente no estabelecimento para outras espécies. Efeitos prioritários ocorrem quando espécies que chegam primeiro afetam de maneira positiva, neutra ou negativa a comunidade final (Von Gillhaussen et al. 2014; Weidlich, Temperton, e Faget 2018; Coutinho et al. 2019). Esse conceito, se adotado e utilizado da melhor maneira nos projetos de restauração, pode melhorar a qualidade do solo aumentando o aporte de nitrogênio para que as espécies arbóreas nativas cresçam com a disponibilidade desse recurso e prepará-lo para espécies regenerantes que poderão recolonizar após a implantação inicial das facilitadoras semeadas, visto que ele é um fornecedor de recursos para as plantas. Além disso, os efeitos no solo dos adubos verdes podem ocorrer de maneira gradativa a longo prazo (Alves e Souza, 2008). Somado a isso, a presença de animais

domésticos na propriedade na área experimental, reforça a necessidade da sensibilização/conscientização e participação de todos os atores e partes envolvidas no projeto de restauração.

5. CONCLUSÕES

Neste estudo, verificamos que o incremento de espécies de adubos verdes combinados com espécies arbóreas nativas não aumentou nem a riqueza nem a abundância das espécies nativas semeadas. No geral, os adubos verdes, neste estudo experimental, aparentemente, não têm papel de plantas facilitadoras para fins de aumento da riqueza e abundância de cada uma das espécies avaliadas, mas quando em conjunto com espécies de adubos verdes herbáceos e arbustivos melhoram a cobertura do solo quando em boas condições ambientais (sem filtros aparentes) no início da restauração. Ou seja, nas condições testadas, a herbivoria (por animais domésticos: bovinos, ovinos e galináceos) ou estresse hídrico, afetaram a cobertura de adubos verdes. Porém, quando esses filtros não influenciaram, a presença do adubo verde favoreceu maior cobertura de solo, melhorando a qualidade agrícola, apesar disso, não resultando estabelecimento de maior diversidade de nativas (que era uma das metas iniciais). Neste cenário, não valeria o investimento em adubos verdes, o que pode reduzir custos de restauração.

Em relação ao todo de 24 espécies semeadas, o maior número de recrutamento de indivíduos das espécies: *Dipteryx alata*, *Hymenaea stigonocarpa* e *Annona coriaceae* reforça que a escolha das espécies nativas que apresentam sementes de maior massa pode aumentar o sucesso da semeadura perante filtros ambientais como herbivoria e déficit hídrico.

Os filtros ambientais, que podem influenciar os resultados da restauração e são comumente notados em campo após a implantação não afetaram a riqueza, a abundância e nem a cobertura das nativas, mas diminuíram a abundância e cobertura do adubo verde, e na área sob herbivoria favoreceu a regeneração quando comparada à sob déficit hídrico e à sem filtros aparentes.

Por fim, ressaltamos que uma vez que a cobertura de gramíneas voltou a aumentar após 18 meses (valores acima de 50% chegando até 100% em uma das áreas), para a obtenção de melhores resultados, é indispensável ações de manutenção para controle de gramíneas exóticas, seja na forma manual/mecânica ou com herbicidas combinados ou não, até que haja formação de dossel (no caso das formações florestais, como a deste estudo) e total sombreamento do solo.

6. AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa e auxílio financeiro. À Coordenação do Mestrado em Biologia Vegetal da UFMS e à Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, pelo apoio e auxílio financeiro. A organização não-governamental WWF MS pela contribuição com parte dos materiais para o experimento. A Associação de Recuperação, Conservação e Preservação da Bacia do Guariroba (ARCP) e os integrantes da equipe: Luciana, Luanda, Diego, Dona Ivani e Eduardo, que participaram para a implantação do experimento e monitoramento. Aos colegas: Felipe Leite, Felipe Borges, Rony Marcos por sempre que possível, ajudar no monitoramento. A associação “Cerrado em Pé” pela doação das sementes de *L. aurea*.

7. REFERÊNCIAS

- Almeida, T. C., Lima, F. L., Garcia, L. C., Isla, P. M., & Eaton, D. P. (2018). Implantação de uma Rede de Sementes em Comunidades no Mato Grosso do Sul: Um Relato de Experiência. In *Cadernos de Agroecologia* (p. 1–6). <https://doi.org/ISSN 2236-7934>
- Almeida, M. L. B., Moura, C. F. H., Innecco, R., & Silveira, M. R. S. da. (2018). Características físicas de pedúnculos de clones de cajueiro-anão (*Anacardium occidentale* L.) produzidos em função da variação ambiental e temporal. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 41–49. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7509>
- Andrade, A. P., de Brito, C. de C., da Silva Júnior, J., Coccozza, F. del M., & Silva, M. A. V. (2013). Estabelecimento inicial de plântulas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão em diferentes substrato. *Revista Arvore*, 37(4), 737–745. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000400017>
- Alvarenga, R. C., Costa, L. M. da, Filho, W. M., & Regazzi, A. J. (1995). Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30(2), 175–185.
- Alves, M. C., & Souza, Z. M. de. (2008). Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(6), 2505–2516. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000600027>
- Aronson, J., Brancalion, P. H. S., Durigan, G., Rodrigues, R. R., Engel, V. L., Tabarelli, M., Torezan, J. M. D., Gandolfi, S., de Melo, A. C. G., Kageyama, P. Y., Marques, M. C. M., Nave, A. G., Martins, S. V., Gandara, F. B., Reis, A., Barbosa, L. M., & Scarano, F. R. (2011). What Role Should Government Regulation Play in Ecological Restoration? Ongoing Debate in São Paulo State, Brazil. In *Restoration Ecology*, 19 (6) 690–695. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00815.x>
- Beltrame e Rodrigues. (2008). Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no Pontal do Paranapanema, SP. *Scientia Forestalis*, 36(80), 317–327.
- Benites, R. M. A., Guerra, A., Reis, L. K., Ferreira, B. H. dos S., Borges, F. L. G., Ferreira, I. J. K., Abrahão, M., & Garcia, L. C. (2020). Núcleo, cardboard, or manual crowning: which maintenance technique is most cost-effective in tree seedling survival establishment? *Journal of Environmental Management*, 270(August). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110900>

- Cadotte, M. W., & Tucker, C. M. (2017). Should Environmental Filtering be Abandoned? *Trends in Ecology and Evolution*, 32(6), 429–437. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.03.004>
- Cândido, H. G., Pereira, L., Spolon, M. G., Rogeri, P. K., & Polisel, T. ([s.d.]). *Tamanho das sementes e abundância de espécies em solos distróficos de uma área de cerrado em Itirapina*. 1–16.
- Cava, M. G. de B., Insernhagen, I., Mendonça, A. H. de M., & Durigan, G. (2016). Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. *Hoehnea*, 43(2), 301–315. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-18/2016>
- Colado M.L.Z. 2017. Dinâmica da vegetação estabelecida por semeadura direta em cerrado. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Campo Grande. p.1-47.
- Colado, M. L. Z., Reis, L. K., Guerra, A., Dos Santos Ferreira, B. H., Fonseca, D. R., Timóteo, A., Gondim, E. X., Guerin, N., & Garcia, L. C. (2020). Key decision-making criteria for dormancy-breaking and ability to form seed banks of Cerrado native tree species. *Acta Botanica Brasilica*, 34(4), 694–703. <https://doi.org/10.1590/0102-33062020abb0033>
- Coutinho, A. G., Alves, M., Sampaio, A. B., Schmidt, I. B., & Vieira, D. L. M. (2019). Effects of initial functional-group composition on assembly trajectory in savanna restoration. *Applied Vegetation Science*, 22(1), 61–70. <https://doi.org/10.1111/avsc.12420>
- 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(1–3), 333–343. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.07.014>
- Durigan, G., Guerin, N., Costa, J.N.M.N. (2013) Ecological restoration of Xingu Basin head waters: motivations, engagement, challenges and perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 368:1-9
- Dresch, D. M., Scalon, S. P. Q., & Masetto, T. E. (2014). Effect of storage in overcoming seed dormancy of *Annona coriacea* mart. Seeds. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86(4), 2077–2085. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130276>
- 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(1–3), 169–181. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00600-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00600-9)
- Fava, C. L. F. (2014). *Aspectos morfológicos e fisiológicos de diásporos e plântulas de 24*

espécies do Cerrado. UFMT.

- Frigieri, F. F., Iwanicki, N. S. A., Gandara, F. B., Ferraz, E. M., Romão, G. O., Coletti, G. F., Souza, V. C., & Moreno, M. A. (2016). *Guia de Plântulas e Sementes Da Mata Atlântica Do Estado de São Paulo* (1º ed).
- Gómez, J. M., Hódar, J. a., Baraza, E., Gómez-Aparicio, L., Castro, J., & Zamora, R. (2004). Applying Plant Facilitation To Forest Restoration: a Meta-Analysis of the Use of Shrubs As Nurse Plants. *Ecological Applications*, 14(4), 1128–1138.
- Gondim, E. X., dos Santos Ferreira, B. H., Reis, L. K., Guerra, A., Abrahão, M., Ajalla, A. C., Volpe, E., & Garcia, L. C. (2020). Growth, flowering and fruiting of *Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg intercropped with green manure species in Agroforestry Systems. *Agroforestry Systems*, 2. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00533-2>
- Grossnickle, S., & Ivetić, V. (2017). Direct Seeding in Reforestation – A Field Performance Review. *Reforesta*, 4, 94–142. <https://doi.org/10.21750/refor.4.07.46>
- Guarino, E. de S. G. et al. (2017). *Restauração ecológica para a agricultura familiar*.
- Isernhagen, I. Brancalion, P.H.S, Rodrigues, R.R., Nave, A.G. (2007) Diagnóstico ambiental das áreas a serem restauradas visando a definição de metodologias de restauração florestal. In: pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica referencial teórico. Piracicaba, SP.64-92
- Lopes, O. M. N. (2000). Feijão-de-Porco Leguminosa para controle de mato e adubação verde do solo. *Embrapa*.
- Lopes, P. G., Oliveira, S. C. C., Salles, K. A., Sampaio, A. B., & Schmidt, I. B. (2018). Allelopathy of a native shrub can help control invasive grasses at sites under ecological restoration in the Neotropical savanna. *Plant Ecology & Diversity*. doi:10.1080/17550874.2018.1539132
- Macera, L. G., Pereira, S. R., & de Souza, A. L. T. (2017). Survival and growth of tree seedlings as a function of seed size in a gallery forest under restoration. *Acta Botanica Brasilica*, 31(4), 539–545. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0075>
- Macedo, M. C., Scalon, S. de P. Q., Sari, A. P., Scalon Filho, H., Rosa, Y. B. C. J., & Robaina, A. D. (2009). Biometry of fruit and seeds and germination of *Magonia pubescens* St.Hil (Sapindaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, 31(2), 202–211. <https://doi.org/10.1590/s0101-31222009000200024>
- Moles, A. T., & Westoby, M. (2004). Seedling survival and seed size: A synthesis of the literature. *Journal of Ecology*, 92(3), 372–383. <https://doi.org/10.1111/j.0022->

0477.2004.00884.x

- Nascente, A. S., Peixoto, N., Fernandes, W., Weight, S., Emergency, S., & Syagrus, O. F. (2000). Peso de sementes e emergência de plântulas de guariroba (*Syagrus oleracea* Becc). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 30(2), 77–79.
- Nascimento, S. S. (2013). *Caracterização de uma população natural de Curatella americana L. (Dilleniaceae) em uma área degradada do Cerrado*. UNICAMP.
- Nobre, G. S., & Quirino, Z. G. M. (2011). Frutificação e biometria de frutos e sementes de *Protium heptaphyllum* (Burseraceae). *X Congresso de Ecologia do Brasil*, 1–2.
- Nuttle, T. (2007). Evaluation of restoration practice based on environmental filters. *Restoration Ecology*, 15(2), 330–333. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00219.x>
- Oliveira, A. K. M. de, Schleder, E. D., & Favero, S. (2006). Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. *Revista Árvore*, 30(1), 25–32. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622006000100004>
- Padilla, F. M., & Pugnaire, F. I. (2006). FM Padilla and FI Pugnaire. *Frontiers in Ecology*, 4(4), 196–202.
- Palma, A. C., & Laurance, S. G. W. (2015). A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: What do we know and where should we go? *Applied Vegetation Science*, 18(4), 561–568. <https://doi.org/10.1111/avsc.12173>
- Passaretti, R. A., Pilon, N. A. L., & Durigan, G. (2020). Weed control, large seeds and deep roots: Drivers of success in direct seeding for savanna restoration. *Applied Vegetation Science*, 23(3), 406–416. <https://doi.org/10.1111/avsc.12495>
- Pellizzaro, K. F., Cordeiro, A. O. O., Alves, M., Motta, C. P., Rezende, G. M., Silva, R. R. P., Ribeiro, J. F., Sampaio, A. B., Vieira, D. L. M., & Schmidt, I. B. (2017). “Cerrado” restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. *Revista Brasileira de Botânica*, 40(3), 681–693. <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0371-6>
- Pereira, S. R., Giraldelli, G. R., Laura, V. A., & de Souza, A. L. T. (2011). Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Leguminosae - Caesalpinoideae). *Revista Brasileira de Sementes*, 33(1), 141–148. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100016>
- Pereira, S. R., Laura, V. A., & Souza, A. L. T. (2012). Establishment of Fabaceae tree species

- in a tropical pasture: influence of seed size and weeding methods. *Restoration Ecology*, 21(1), 67–74. doi:10.1111/j.1526-100x.2011.00858.x
- Pietro-Souza, W. e., & Silva, N. M. de. (2014). Revista Brasileira de Agroecologia ISSN : 1980-9735 Plantio manual de muvuca de sementes no contexto da restauração ecológica de áreas de preservação permanente degradadas Manual planting seed muvuca in the context of ecological restoration of permanent p. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 9(3), 63–74.
- Pilon, N. A. L., & Durigan, G. (2013). Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de Cerrado. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, 41(99), 389–399.
- Pires, A. C. V., Pereira, S. R., Fernandes, G. W., & Oki, Y. (2012). Efeito de *Brachiaria decumbens* na herbivoria e no desenvolvimento de duas leguminosas nativas de cerrado. *Planta Daninha*, 30(4), 737–746. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000400007>
- PMCG. (2007). Prefeitura Municipal de Campo Grande-MS. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do Córrego Guariroba – APA do Guariroba. Volume I-Prefeitura Municipal de Campo Grande. II(1–195), 2007.
- PLANURB. (2020). Agência municipal de meio ambiente e planejamento urbano. Área de proteção ambiental dos mananciais do Córrego Guariroba. Plano de manejo 1ª revisão.
- Projeto MapBiomas. 2019. Coleção da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil. Retrieved from: <https://mapbiomas.org/>
- Pivello, V. R. 2011. Invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro: Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade. *ECOLOGIA.INFO* 33
- Ramos, M. I. L., Ramos Filho, M. M., Hiane, P. A., Braga Neto, J. A., & Siqueira, E. M. de A. (2008). Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 90–94. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612008000500015>
- R Core Team. 2018. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. www.R-project.org
- Reis, L. K., Guerra, A., Colado, M. L. Z., Borges, F. L. G., Oliveira, M. da R., Gondim, E. X., Sinani, T. R. F., Guerin, N., & Garcia, L. C. (2019). Which spatial arrangement of green manure is able to reduce herbivory and invasion of exotic grasses in native species? *Ecological Applications*, 29(8). <https://doi.org/10.1002/eap.2000>
- Rizzini, C. T. (1973). Dormancy in seeds of *Anona crassiflora* mart. *Journal of Experimental Botany*, 24(1), 117–121. <https://doi.org/10.1093/jxb/24.1.117>

- Salazar, A., Goldstein, G., Franco, A.C., Miralles-Wilhelm, F. (2012) Seed limitation of woody plants in neotropical savannas. *Plant Ecology* 213:273–287
- Sampaio, Alexandre B., Vieira, D. L. M., Holl, K. D., Pellizzaro, K. F., Alves, M., Coutinho, A. G., Cordeiro, A., Ribeiro, J. F., & Schmidt, I. B. (2019). Lessons on direct seeding to restore neotropical savanna. *Ecological Engineering*, 138, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.025>
- Sampaio, Alexandre Bonesso, Vieira, D. L. M., Cordeiro, A. O. D. O., Aquino, F. D. G., Sousa, A. D. P., Albuquerque, L. B. De, Schmidt, I. B., Ribeiro, J. F., Pellizzaro, K. F., Sousa, F. S. De, Moreira, A. G., Santos, A. B. P. Dos, Rezende, G. M., Silva, R. R. P., Alves, M., Motta, C. P., Oliveira, M. C. De, Cortes, C. D. A., & Ogata, R. (2015). Guia de restauração do Cerrado Volume 1 - semeadura direta. In *Rede de Sementes do Cerrado* (Número 1).
- Sano, S. M. (2016). *Critérios de seleção de baru para produção de amêndoas e recomposição ambiental*. 7.
- Santos, J. C., Júnior, D. da S. B., Gama, A. T., & Saraiva, M. S. (2020). *Caracterização Física de Sementes de Variedades Crioulas de Feijão Guandu*. 15(4).
- Schmidt, I. B., de Urzedo, D. I., Piña-Rodrigues, F. C. M., Vieira, D. L. M., de Rezende, G. M., Sampaio, A. B., & Junqueira, R. G. P. (2018). Community-based native seed production for restoration in Brazil - the role of science and policy. *Plant Biology*. doi:10.1111/plb.12842
- Silva, R. R. P., Oliveira, D. R., da 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(4), 393–401. <https://doi.org/10.1111/rec.12213>
- Sobrinho, S. de P., de Figueiredo e Albuquerque, M. C., da Luz, P. B., & Camili, E. C. (2017). Caracterização física de frutos e sementes de *Lafoensia pacari*, *Alibertia edulis* e *Genipa americana*. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(2), 382–389. <https://doi.org/10.19084/rca16034>
- Sousa, A. de P., & Vieira, D. L. M. (2017). *Protocolo de monitoramento da recomposição da vegetação nativa no Distrito Federal*. www.zoltardesign.com.br
- Tukey, John (1949). "Comparing Individual Means in the Analysis of Variance". *Biometrics*. 5 (2): 99–114. JSTOR 3001913. ^ Jump up to:^{a b}
- Thomazini, L. I., Massa, C. S., & Piccolo, A. L. G. (1971). *Qualea grandiflora* Mart., Considerações sobre a semente, a germinação e a plântula. In *Revista de Agricultura*.

- Urzedo, D. I., Fisher, R., Piña-Rodrigues, F. C. M., Freire, J. M., & Junqueira, R. G. P. (2019). How policies constrain native seed supply for restoration in Brazil. *Restoration Ecology*. doi:10.1111/rec.12936
- Von Gillhaussen, P., Rascher, U., Jablonowski, N. D., Plückers, C., Beierkuhnlein, C., & Temperton, V. M. (2014). Priority effects of time of arrival of plant functional groups override sowing interval or density effects: A grassland experiment. *PLoS ONE*, 9(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086906>
- Wade, M. K. e Sanchez, P. A. (1983). Aplicação de cobertura morta e adubo verde para produção agrícola contínua na Bacia Amazônica1. *Agronomy Journal*, 75 (1), 39. doi: 10.2134 / agronj1983.00021962007500010010x
- Weidlich, E. W. A., Flórido, F. G., Sorrini, T. B., & Brancalion, P. H. S. (2019). Controlling invasive plant species in ecological restoration: A global review. In *Journal of Applied Ecology* 57 (9) 1806–1817. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13656.a>
- Weidlich, E. W. A., Temperton, V. M., & Faget, M. (2018). Correction to: Neighbourhood stories: role of neighbour identity, spatial location and order of arrival in legume and non-legume initial interactions (*Plant and Soil*, (2018), 424, 1-2, (171-182), 10.1007/s11104-017-3398-3). *Plant and Soil*, 424(1–2), 183–185. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3520-6.b>
- Weidlich, E. W. A., Nelson, C. R., Maron, J. L., Callaway, R. M., Delory, B. M., & Temperton, V. M. (2020). Priority effects and ecological restoration. *Restoration Ecology*. doi: 10.1111 / rec.13317.c