

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

DINÂMICA DE PLANTAS DANINHAS SOB TRÊS TÉCNICAS DE
MANEJO NA RESTAURAÇÃO FLORESTAL

JUÇARA GARCIA RIBEIRO

Seropédica - RJ
Fevereiro - 2020



**INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**DINÂMICA DE PLANTAS DANINHAS SOB TRÊS TÉCNICAS DE
MANEJO NA RESTAURAÇÃO FLORESTAL**

JUÇARA GARCIA RIBEIRO

Sob a Orientação do Professor
Paulo Sérgio dos Santos Leles

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

Seropédica - RJ
Fevereiro - 2020

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R484d Ribeiro, Juçara Garcia, 1993-
Dinâmica de plantas daninhas sob três técnicas de
manejo na restauração florestal / Juçara Garcia
Ribeiro. - Seropédica, RJ, 2020.
33 f.: il.

Orientador: Paulo Sérgio dos Santos Leles.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Pós-graduação em Ciências Ambientais
e Florestais, 2020.

1. Controle de plantas espontâneas. 2. dinâmica de
plantas espontâneas. 3. restauração florestal. I.
Leles, Paulo Sérgio dos Santos, 1966-, orient. II
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pós
graduação em Ciências Ambientais e Florestais III.
Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

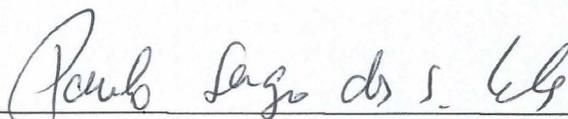
This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

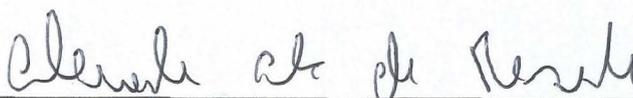
JUÇARA GARCIA RIBEIRO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Silvicultura em Manejo Florestal.

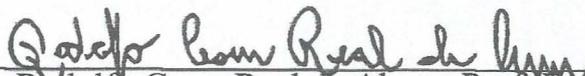
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/02/2020



Paulo Sérgio dos Santos Leles. Prof. Dr. UFRRJ
(Orientador)



Alexander Silva de Resende, Prof. Dr. EMBRAPA
(Membro)



Dr. Rodolfo Cesar Real de Abreu. Prof. Dr. UFRRJ
(Membro)

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos membros de minha família,
em especial à minha mãe Mariângela Garcia Ribeiro
e meu pai Pedro Donato Ribeiro.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por seu meu guia e luz, me dando forças e permitindo a conclusão de mais uma etapa importante em minha vida.

Agradeço a minha família que mesmo distante sempre apoiou e incentivou meus estudos, especialmente meus pais, Pedro e Mariângela por toda dedicação, apoio e amor, sempre acreditando no meu potencial e aos meus irmãos por toda a preocupação e cuidado.

A todos os meus amigos de Estiva, que mesmo distante sempre se fizeram presentes ao longo dessa trajetória.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade em cursar Engenharia Florestal e me ingressar no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

À toda turma 2012-II pelos inúmeros momentos nessa caminhada de RURAL, por toda convivência, carinho e por tornar os dias mais descontraídos. Em especial aos amigos Stephany, Pedro, Lucas, Carol, Ana Carol, João e Fagner que foram presentes nesses últimos anos, sempre me ajudando e por todos os momentos de alegria.

Em especial ao meu orientador Prof. Paulo Leles, por me acompanhar desde o início de minha trajetória acadêmica, por todo o apoio na criação e conclusão do presente trabalho, por toda dedicação, amizade e ensinamentos que sempre serão lembrados.

À toda equipe da Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA), que foram peças importantes para a realização desse trabalho, disponibilizando área e mão de obra para os estudos, pela amizade e pelo grande comprometimento com a conservação da Mata Atlântica.

À CEDAE pela disponibilização de material para execução do experimento.

À toda equipe do LAPER, inclusive os que já se formaram, que foram peças fundamentais na execução dos experimentos, além de todo comprometimento e companheirismo ao longo dos anos. Em especial, ao PC por sempre nos ajudar com os projetos e pela amizade.

Aos membros da banca, Alexander e Rodolfo, por aceitarem avaliar este trabalho, por todas as contribuições e aprendizados.

Ao Professor Jerônimo por contribuição e melhoria do experimento.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada.

RESUMO GERAL

RIBEIRO, Juçara Garcia. **Dinâmica de plantas daninhas sob três técnicas de manejo na restauração florestal**. 2020. 33p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

A fragmentação dos ecossistemas naturais é uma das principais consequências dos impactos antrópicos provocados pela busca de áreas para o desenvolvimento da agricultura e pecuária, ocasionando perdas significativas de biodiversidade. Dentro deste cenário, encontra-se a Mata Atlântica, um dos biomas mais importantes para a conservação da biodiversidade do mundo por apresentar alta riqueza e elevado número de espécies endêmicas. Fato que torna os projetos de restauração florestal imprescindíveis para amenizar as perdas e fragmentação de habitats. Uma das etapas mais críticas e onerosas dos projetos de restauração florestal é o controle de plantas daninhas, sendo fundamental o conhecimento prévio das espécies presentes na área, já que estas podem apresentar tolerância e resistência a herbicidas, alto grau de rebrotas, hábito de crescimento e ciclo de vida distintos. A dinâmica de plantas daninhas abrange os processos envolvendo a biologia das espécies como o ciclo de vida e seus processos de interação com as espécies cultivadas, através da competição por recursos como a água, nutrientes, espaço e luz, necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os estudos de comunidades de plantas daninhas são fundamentais para os programas de manejo já que a vegetação é fortemente influenciada pelos tratamentos culturais impostos. Dessa forma, é fundamental fazer o reconhecimento das espécies, para promover métodos de manejo mais adequados, considerando os custos financeiros e ambientais envolvidos. Para compreender a dinâmica das populações de plantas daninhas é importante analisar a fitossociologia da comunidade, os índices fitossociológicos permitem conhecer quais as plantas daninhas mais importantes dentro da comunidade infestante, e a partir delas é possível definir o que será feito, como e quando, uma vez que as condições de infestação são heterogêneas, existindo diversos métodos de manejo.

Palavras chave: reflorestamento, métodos de controle, fitossociologia.

ABSTRACT

RIBEIRO, Juçara Garcia. **Weed dynamics under three management techniques in forest restoration.** 2020. 33p. Dissertation (Master Science in Environmental and Forestry Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

The fragmentation of natural ecosystems is one of the main consequences of the anthropic impacts caused by the search for areas for the development of agriculture and livestock, causing significant losses of biodiversity. Within this scenario, the Atlantic Forest is found, one of the most important biomes for the conservation of biodiversity in the world, as it presents high wealth and a high number of endemic species. A fact that makes forest restoration projects essential to mitigate habitat loss and fragmentation. One of the most critical and costly stages of forest restoration projects is the control of weeds, with prior knowledge of the species present in the area being essential, as they may show tolerance and resistance to herbicides, a high degree of regrowth, growth habit and distinct life cycle. The dynamics of weeds encompasses processes involving the biology of species such as the life cycle and their processes of interaction with cultivated species, through competition for resources such as water, nutrients, space and light, necessary for the growth and development of plants. Studies of weed communities are essential for management programs since vegetation is strongly influenced by the imposed cultural treatments. Thus, it is essential to recognize species, to promote more appropriate management methods, considering the financial and environmental costs involved. To understand the dynamics of weed populations, it is important to analyze the phytosociology of the community, the phytosociological indices allow us to know which weeds are most important within the weed community, and from them it is possible to define what will be done, how and when, a Since the infestation conditions are heterogeneous, there are several management methods.

Key words: reforestation, control methods, phytosociology.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização da área experimental na Reserva Ecológica de Guapiaçu, município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Data: 03/08/2018. Fonte: Google Earth. 8
- Figura 2: Gabarito utilizado para a coleta de plantas herbáceas, lançado aleatoriamente dentro de cada unidade amostral, em experimento sobre três estratégias de controle de plantas daninhas para formação de povoamentos visando restauração ecológica, município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, Brasil. 10
- Figura 3: Diagrama de Venn com a riqueza acumulada de espécies, considerando coletas de plantas herbáceas realizadas aos 15, 18 e 24 meses após plantio das espécies arbóreas, nas três estratégias de controle de plantas herbáceas, município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, Brasil. 12
- Figura 4: Riqueza (A) e densidade de espécies herbáceas (B) acumuladas em três épocas de coleta, após início da aplicação de três métodos de controle de plantas daninhas, em área de formação de reflorestamento, Cachoeiras de Macacu-RJ. Letras maiúsculas referem-se à comparação entre os tratamentos para cada período avaliado e letras minúsculas à comparação do mesmo tratamento nas diferentes épocas avaliadas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0,95$). As barras verticais representam o desvio padrão. 13
- Figura 5: Fitossociologia de plantas herbáceas, em três épocas de coleta, após início da aplicação de três métodos de controle de plantas herbáceas, em área de formação de povoamento, município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, Brasil. 14
- Figura 6: Massa de matéria seca da raiz e da parte aérea de *Urochloa brizantha* em vasos de 18 litros, sem adubação, com biofósforo e com adubação mineral, aos 120 dias após o plantio de *Inga edulis*. Para cada componente, média seguidas de letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0,95$). 28
- Figura 7: Crescimento de *Inga edulis* em convivência com *U. brizantha* durante 100 dias, em condições de vaso. T1 - sem braquiária e sem adubação; T2 - sem braquiária + 3 litros de biofósforo; T3 - sem braquiária + adubação de plantio e adubação de cobertura; T4 - duas plantas de braquiária por vaso + sem adubação; T5 - duas plantas de braquiária por vaso + 3 litros de biofósforo; T6 - duas plantas braquiária por vaso + adubação de plantio e adubação de cobertura. 29

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Intervenções e épocas de atividades de manutenção realizadas em experimento envolvendo estratégias de controle de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, até 24 meses após o plantio de mudas de espécies arbóreas, município de Cachoeiras de Macacu, RJ 9
- Tabela 2: Densidade relativa (Dens), frequência relativa (Freq), dominância relativa (Dom) em ordem decrescente do Valor de Importância (VI) das espécies de plantas herbáceas coletadas antes da implantação dos tratamentos, município de Cachoeiras de Macacu, RJ 10
- Tabela 3: Estimativa de regeneração natural, por classe de altura, aos 24 meses após plantio de mudas das espécies arbóreas, por hectare, em área em formação de povoamento, Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, Brasil 16
- Tabela 4: Crescimento de *Inga edulis*, sem e com *U. brizantha*, em solo sem adubação, com biofóssido e com adubação mineral, aos 120 dias após plantio das mudas nos vasos..27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	1
CAPÍTULO I - DINÂMICA DE ESPÉCIES HERBÁCEAS SOB TRÊS TÉCNICAS DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA.....	3
RESUMO.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
2.1 Caracterização da área experimental	7
2.2 Caracterização do experimento.....	8
2.3 Avaliações.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4. CONCLUSÃO.....	17
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO II - RESPOSTA DE <i>Inga edulis</i> A ADUBAÇÃO E CONVIVÊNCIA COM BRAQUIÁRIA	20
RESUMO.....	21
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.1 Caracterização da área experimental	24
2.2 Caracterização do experimento.....	24
2.3 Avaliações	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. CONCLUSÃO.....	30
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

A busca por áreas produtivas visando o desenvolvimento da agricultura e a expansão das áreas urbanas contribui de forma significativa para a degradação de ecossistemas florestais da Mata Atlântica, já que boa parte dessas ações são realizadas sem planejamento ambiental prévio. Este bioma é considerado um dos mais importantes para a conservação da biodiversidade no mundo, devido à alta riqueza e elevado número de espécies endêmicas (CUNHA; GUEDES, 2013), além de diversas funções ambientais, econômicas e sociais exercidas por ecossistemas naturais.

De acordo com o último relatório técnico relacionado aos remanescentes florestais da Mata Atlântica, foram destruídos 29 mil hectares (ha) entre 2015 e 2016 e 12,5 mil ha no bioma entre 2016 e 2017 (SOS MATA ATLÂNTICA, 2017). Diante desse quadro, projetos de restauração florestal são importantes para minimizar os efeitos decorrentes do desmatamento, permitindo acelerar o reestabelecimento, a integridade e a sustentabilidade de ecossistemas florestais degradados (SER, 2004).

Atualmente, o controle de plantas daninhas em projetos de restauração florestal representa uma das etapas mais críticas e onerosas de todo o processo. Estima-se que 60% do custo total dos projetos são com o controle de plantas daninhas (LELES et al., 2015). Diversas técnicas podem ser empregadas para realizar o controle, dentre elas encontram-se os métodos preventivos, culturais, biológicos, químicos e físicos (SILVA et al., 2009, RESENDE; LELES, 2017, GONÇALVES et al., 2018; SANTOS et al., 2018). Contudo, para garantir a escolha correta do método a ser adotado é fundamental o conhecimento das espécies presentes na área, visto que estas podem apresentar tolerância e resistência a herbicidas, alto grau de rebrotas, hábito de crescimento e ciclo de vida distintos.

A fitossociologia da flora infestante é essencial para o conhecimento das populações e da biologia das espécies presentes em determinada área, considerando o fluxo de emergência de sementes presentes no solo. Estas podem ser alteradas em função das condições climáticas e edáficas aliadas à topografia do relevo, elevando a importância de espécies adaptadas aos microclimas presentes em determinadas altitudes (MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2003).

Os índices fitossociológicos permitem identificar as espécies mais importantes em termos de infestação das culturas (PITELLI, 2000). A identificação das plantas mais importantes dentro da comunidade infestante possibilita a escolha de alternativas de manejo ou mesmo mudanças no sistema que viabilizem seu controle (MARQUES et al., 2011). Permite ainda, identificar espécies benéficas ao ambiente, sendo este o primeiro passo para seu real aproveitamento ecológico no agroecossistema.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA, A. A.; GUEDES, F. B. **Mapeamentos para a conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas.** Brasília: MMA, p.216, 2013.

GONÇALVES, F. L. A.; RESENDE, A. S.; LIMA, I. S. S.; CHAER, G. M. Manual crowning versus cardboard in forest restoration: costs and effect on seedling development. **Planta Daninha**, v. 36, e018167569, 2018.

LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; ALONSO, J. M. Restauração florestal em diferentes espaçamentos. In: LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. (Eds.) **Restauração florestal e a Bacia do Rio Guandu**. Seropédica: Editora Rural, 2015, p.101-153.

MARQUES, L. J. P.; SILVA, M. R. M.; LOPES, G. S.; CORRÊA, M. J. P.; ARAUJO, M. S.; COSTA, E. A.; MUNIZ, F. H. Dinâmica de populações e fitossociologia de plantas daninhas no cultivo do feijão-caupi e mandioca no sistema corte e queima com o uso de arado. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, p.981-989, 2011.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Dinâmica do banco de sementes em áreas com aplicação frequente do herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.1, p.63-69, 2003.

PITELLI, R. A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. **J. Conseb**, São Paulo, v.1, n.3, p.1-7, 2000.

RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S. (Org.). **Controle de plantas espontâneas em restauração florestal**. Brasília: Ed. Embrapa, 107 p., 2017.

SANTOS, F. A. M.; LELES, P. S. S.; SANTANA, J. E. S.; NASCIMENTO, D. F.; MACHADO, A. F. L. Controle químico de plantas espontâneas em povoamentos de restauração florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p. 1-9. 2018.

SER. Society for Ecological Restoration International. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Versão 2. 2004.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS J. B. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, 2009, p.63-81.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: Período 2016-2017, 2018.** Disponível em:
https://www.sosma.org.br/link/Atlas_Mata_Atlantica_2016-2017_relatorio_tecnico_2018_final.pdf

CAPÍTULO I

DINÂMICA DE ESPÉCIES HERBÁCEAS SOB TRÊS TÉCNICAS DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

RESUMO

As espécies do gênero *Urochloa* são altamente adaptadas às condições de alta luminosidade e temperatura encontradas nos trópicos, sendo consideradas um importante grupo de plantas herbáceas indesejadas, por afetar a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas arbustivas e arbóreas nativas, caso não sejam empregadas técnicas de controle eficazes. Objetivou-se neste estudo caracterizar a dinâmica de plantas herbáceas submetidas a três métodos de controle de plantas herbáceas em área de formação de reflorestamento visando a restauração ecológica na Mata Atlântica. Os métodos adotados foram: mecânico - roçada e coroamento; químico - aplicação de herbicida a base de glyphosate na dose de 1,44 kg ha⁻¹; integrado - aplicação de herbicida a base de glyphosate e semeadura de *Canavalia ensiformis* e *Cajanus cajan* nas entrelinhas, quatro meses após o plantio das mudas arbóreas. O controle químico apresentou a maior riqueza de espécies (34), proporcionou diminuição do valor de importância de *Urochloa brizantha* e favoreceu o recrutamento de plantas de espécies arbustivas e arbóreas, em comparação com os outros dois tratamentos, auxiliando a restauração ecológica. O tratamento integrado acumulou 19 espécies nas três coletas e o mecânico 17 espécies herbáceas, com predominância, em ambos, de *Urochloa brizantha*, nas três épocas de coletas.

Palavras-chave: reflorestamento, controle mecânico, controle químico, controle integrado

ABSTRACT

The species of the genus *Urochloa* are highly adapted to the conditions of high light and temperature found in the tropics, being considered an important group of unwanted herbaceous plants, as they affect the germination of seeds and the establishment of native shrub and tree seedlings, if techniques are not used. effective control systems. The aim of this study was to characterize the dynamics of herbaceous plants submitted to three methods of controlling herbaceous plants in an area of reforestation formation aiming at ecological restoration in the Atlantic Forest. The methods adopted were: mechanical - mowing and crowning; chemical - application of glyphosate-based herbicide at a dose of 1.44 kg ha⁻¹; integrated - application of herbicide based on glyphosate and sowing of *Canavalia ensiformis* and *Cajanus cajan* between the lines, four months after planting the tree seedlings. Chemical control showed the highest species richness (34), provided a decrease in the importance value of *Urochloa brizantha* and favored the recruitment of plants of shrub and tree species, in comparison with the other two treatments, helping ecological restoration. The integrated treatment accumulated 19 species in the three collections and the mechanical 17 herbaceous species, with predominance, in both, of *Urochloa brizantha*, in the three collection periods.

Key words: reforestation, mechanical control, chemical control, integrated control

1. INTRODUÇÃO

A presença de espécies do gênero *Urochloa* representa uma barreira para o sucesso dos projetos de restauração ecológica, principalmente por afetar a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas arbustivas e arbóreas nativas (SILVA et al., 2018). Além disso, plantas desse gênero normalmente afetam o crescimento das espécies arbóreas, principalmente pela competição por água e nutrientes (SANTANA, 2019; SANTOS et al., 2019a). Estas espécies são bastante adaptadas às condições de alta luminosidade e temperatura encontradas nos trópicos (ZHONG et al., 2018) e apresentam elevada capacidade em adquirir e converter recursos como luz, água e nutrientes (HALING et al., 2013), tornando-se um importante grupo de plantas daninhas, caso não sejam empregadas técnicas de controle eficazes. Desta forma, compreender o efeito desse grupo de plantas na dinâmica da vegetação representa uma etapa importante no desenvolvimento dos projetos de restauração ecológica.

Dentre as técnicas de controle empregadas encontram-se os métodos mecânicos, culturais, químicos, físicos e a combinação destes (RESENDE e LELES, 2017; GONÇALVES et al., 2018; SANTOS et al., 2018; SANTANA, 2019). O controle químico tem sido bastante estudado devido ao maior crescimento das plantas das espécies arbóreas e menor custo de formação do povoamento, em comparação ao método. Santos et al. (2018) verificaram que o crescimento das espécies arbóreas foi significativamente superior no controle químico (herbicida glyphosate) em relação ao mecânico e o custo de controle de plantas daninhas com predominância de *Urochloa brizantha*, foi três vezes menor do que em área com controle mecânico, considerando 30 meses após o plantio das mudas das espécies arbóreas. Resultados semelhantes foram encontrados por Santana (2019), também em área com predominância de *Urochloa brizantha*, em sítio de melhor qualidade que o trabalho de Santos et al. (2018), sendo o custo com controle mecânico quatro vezes maior quando comparado ao controle químico, no período de 18 meses após o plantio das arbóreas.

Estes e outros trabalhos evidenciam o potencial do uso de herbicidas em formação de povoamentos visando contribuir para restauração da mata atlântica, necessitando de mais estudos sobre a influência das estratégias de controle sobre as plantas herbáceas. Outra estratégia que pode ser utilizada é o manejo integrado, envolvendo o cultivo de leguminosas herbáceas fixadoras de nitrogênio, que pela sua cobertura auxilia no controle das gramíneas e que vem sendo objeto de alguns estudos (César et al. 2013; Lemessa e Wakjira 2015; Leles et al., 2017; Santos et al., 2019b). Trabalho destes últimos autores conclui que o consórcio com leguminosas herbáceas facilitou o crescimento das espécies arbóreas por promover sombreamento do solo, dificultando o crescimento das plantas espontâneas, que inicialmente predominava na área como a *Urochloa brizantha*.

Observações de campo tem mostrado que nas áreas dominadas por *Urochloa spp.*, o método mecânico, devido as atividades de roçadas periódicas e rebrota das braquiárias, dificulta o surgimento de outras herbáceas e de espécies arbustivas e arbóreas. Apesar de encontrar estudos a respeito do efeito dos métodos de controle sobre o crescimento das espécies arbóreas de ocorrência da Mata Atlântica (GONÇALVES et al., 2018; SANTOS et al., 2018; DIAS et al., 2019; SANTANA 2019), praticamente não existem estudos que buscam entender como os diferentes métodos afetam as plantas herbáceas, em termos de espécies, dominância e distribuição, que também são importantes no processo de restauração ecológica.

De acordo com Silva et al. (2018), a regeneração natural de espécies arbóreas e herbáceo-arbustivas sofrem maior limitação em função da presença de espécies do gênero *Urochloa*, ao ser comparada com outras espécies forrageiras, o que pode influenciar

diretamente o potencial de regeneração da área (SCERVINO e TOREZAN, 2015). Visando a restauração ecológica, Costa et al. (2018) mencionam que os estudos de comunidades infestantes são fundamentais para os programas de manejo de plantas daninhas, visto que a vegetação é fortemente influenciada pelas atividades promovidas pelo homem nos ecossistemas. A caracterização da comunidade de espécies herbáceas, através de estudos fitossociológicos permite a identificação do grau de infestação, espécies dominantes e filtros bióticos, como por exemplo a exclusão competitiva. Ao identificar as plantas mais importantes dentro da comunidade infestante, é possível escolher alternativas de manejo ou mesmo mudanças no sistema que viabilizem seu controle (MARQUES et al., 2011), possibilitando ainda, a identificação de espécies benéficas ao ambiente.

O objetivo deste estudo foi caracterizar a dinâmica de plantas herbáceas submetidas a métodos de controle de plantas daninhas, em área de formação de reflorestamento visando a restauração ecológica na Mata Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA), localizada no município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, sob as coordenadas 22°27'32,26"S, 43°45'53,72"O. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Af, ou seja, tropical com verão chuvoso e inverno seco, sem estação marcadamente seca. Segundo informações de Azevedo et al. (2018), a precipitação média mensal varia de 337,8 mm (fevereiro) a 59,3 mm (julho), com total anual de 2.050 mm. A temperatura média anual é de 21,9 °C, sendo janeiro o mês mais quente (25,3 °C), e julho o mês mais frio (17,9 °C). A topografia na região varia desde o plano até o escarpado, com presença de afloramentos rochosos.

O solo predominante na área experimental é o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico cambissólico com textura franco-argilo-arenosa e com 49% de areia, 34% de argila e 17% de silte. A análise de fertilidade (camada de 0 - 25 cm) apresentou os seguintes resultados: pH = 4,8; P = 2,1 e K+ = 167,0 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 0,4; Mg²⁺ = 0,4 e Al³⁺ = 1,0 cmolc dm⁻³ e teor de matéria orgânica de 3,7 dag kg⁻¹. Imagem da área experimental é apresentada na Figura 1.



Figura 1: Localização da área experimental na Reserva Ecológica de Guapiaçu, município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Data: 03/08/2018. Fonte: Google Earth.

2.2 Caracterização do experimento

O local do experimento era utilizado para pecuária de corte, com predominância de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Em maio de 2017, a área foi cercada e implantou-se o experimento para avaliar o efeito de três estratégias de controle de braquiária sobre a implantação de projetos de restauração ecológica, os quais constituem os tratamentos: Mecânico - coroamento manual com raio de 35 cm das plantas arbóreas e roçada nas entrelinhas, sempre que a braquiária atingia altura superior de 35 cm; Químico - aplicação de calda à base de herbicida glyphosate (Roundup NA) na dose de 1,44 kg ha⁻¹e.a., correspondendo a aplicação de 4L do produto comercial por ha (formulação de sal de isopropilamina de glifosato 480 g L⁻¹e 360 g L⁻¹ de equivalente ácido) antes do plantio das mudas arbóreas, durante a formação do povoamento, sempre que o capim atingia altura superior a 35 cm aplicava-se a calda de herbicida, sendo que na 2^a aplicação, utilizou-se dose de 3L e 3^a e 4^a aplicação, dose de 2L por ha; Integrado - aplicação de calda à base herbicida glyphosate em área total antes do plantio das mudas arbóreas e semeadura e cultivo de espécies leguminosas herbáceas fixadoras de nitrogênio *Canavalia ensiformis* (L.) DC (feijão-de-porco) e *Cajanus cajan* L. Huth. (feijão-guandu) nas entrelinhas, roçada e podas das leguminosas. A descrição das atividades e suas épocas, realizadas de acordo com os tratamentos, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Intervenções e épocas de atividades de manutenção realizadas em experimento envolvendo estratégias de controle de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, até 24 meses após o plantio de mudas de espécies arbóreas, município de Cachoeiras de Macacu, RJ

Tratamento	Atividade	Épocas (mês/ano)	No
T1-Mecânico	Coroamento*	mai e set / 2017; fev, jul e dez / 2018; abr / 2019	6
	Roçada em área total**	jun, set, nov / 2017; fev, abr, jul, out e dez / 2018; abr / 2019	9
T2-Químico	Aplicação de herbicida em área total***	abr e nov / 2017; fev e ago / 2018	4
	Aplicação de herbicida localizada	ago / 2017	1
	Capina de moitas de braquiária*	out / 2017	1
T3-Integrado	Aplicação de herbicida em área total	abr / 2017 e ago / 2018	2
	Aplicação de herbicida localizada	ago / 2017	1
	Semeadura de leguminosas herbáceas	out / 2017	1
	Capina de braquiária	nov / 2017	1
	Roçada em área total	abr / 2018	1
	Poda de leguminosas	jan e ago / 2018	2

No = Número de operações. * com enxada em diâmetro de 70 cm; ** com roçadeira lateral entre as “linhas” das plantas arbóreas; ***com pulverizador costal de 20 litros, na dose de 4,0 litros por hectare de herbicida a base de glyphosate.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro blocos e três tratamentos, totalizando 12 unidades amostrais. Cada unidade amostral apresenta área de 214,5 m² (14,3 m x 15,0 m), sendo plantadas cinco mudas de oito espécies arbóreas nativas: *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. (tapiá), *Cordia abyssinica* R. Br. (babosa-branca), *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. (louro-pardo), *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. (carrapeta), *Inga edulis* Mart. (ingá), *Peltophorum dubim* (Spreng.) Taub. (farinha-seca), *Piptadenia paniculata* Benth. (unha-de-gato) e *Sparattosperma leucanthum* (Vell.) K. Schum. (ipê-cinco-folhas). As mudas utilizadas foram produzidas no viveiro florestal da REGUA.

Antes da instalação do experimento e plantio das mudas das espécies arbóreas (maio de 2017) foi realizada coleta das plantas herbáceas para caracterização da área, utilizando 19 amostras de 1 m x 1 m. Após colocação do gabarito foi contado o número de indivíduos de cada espécie, obtendo assim a densidade. Ressalta-se que as espécies que não foram identificadas em campo no momento da coleta, foram identificadas a partir de literatura especializada, comparações com material de herbário e consulta a especialistas. Após coleta do material, este foi levado para o laboratório, separados por espécie, colocados em sacos de papel e colocados em estufa a 65 °C, por 72 horas, obtendo-se assim o peso de matéria seca de cada espécie, que corresponde a dominância. A frequência é calculada com base em quantas

amostras a espécie herbácea está presente. Os valores desta caracterização encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Densidade relativa (Dens), frequência relativa (Freq), dominância relativa (Dom) em ordem decrescente do Valor de Importância (VI) das espécies de plantas herbáceas coletadas antes da implantação dos tratamentos, município de Cachoeiras de Macacu, RJ

Família	Espécie	Dens	Freq	Dom	VI
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.)	51,88	35,85	93,35	181,08
Cyperaceae	<i>Cyperus spp.</i>	21,88	18,87	0,93	41,67
Poaceae	<i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) T.Q. Nguyen	5,16	15,09	3,94	24,19
Fabaceae	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	10,63	9,43	0,34	20,40
Fabaceae	<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	3,91	5,66	0,32	9,89
Lygodiaceae	<i>Lygodium volubile</i> Sw.	2,03	3,77	0,02	5,83
Fabaceae	<i>Centrosema molle</i> Mart. ex Benth.	1,09	3,77	0,10	4,97
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i> L.	0,63	3,77	0,07	4,47
Melastomataceae	<i>Clidemia spp.</i>	1,56	1,89	0,81	4,26
Pteridaceae	<i>Adiantum pedatum</i> L.	1,25	1,89	0,12	3,25

Após a implantação do experimento (plantio das mudas das espécies arbóreas) a amostragem da vegetação herbácea ocorreu em três épocas: agosto de 2018 (15 meses), dezembro de 2018 (19 meses) e maio de 2019 (24 meses). Foi utilizado o mesmo gabarito de madeira de 1 m x 1 m, lançado aleatoriamente dentro de cada unidade amostral, onde foram coletadas quatro amostras por repetição, totalizando 16 amostras por tratamento (Figura 2). Nas três épocas, as coletas foram efetuadas antes das atividades de manutenção (roçada e/ou aplicação de herbicida) de cada tratamento e as avaliações foram feitas até os 24 meses após o plantio das espécies arbóreas.



Figura 2: Gabarito utilizado para a coleta de plantas herbáceas, lançado aleatoriamente dentro de cada unidade amostral, em experimento sobre três estratégias de controle de plantas daninhas para formação de povoamentos visando restauração ecológica, município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Em cada época de avaliação, as plantas presentes em cada quadrado foram contadas por espécie, cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos e levadas para laboratório. As espécies que não foram identificadas em campo no momento da coleta, foram identificadas a partir de literatura especializada, comparações com material de herbário e consulta a especialistas. Após a identificação as plantas foram levadas para a secagem em estufa à temperatura de 65°C por 72 horas, para obtenção da massa de matéria seca.

2.3 Avaliações

Os dados obtidos nos levantamentos foram submetidos aos parâmetros fitossociológicos de densidade relativa (DeR), frequência relativa (FrR) e dominância relativa (DomR), sendo para cada espécie, densidade calculada com base no número de indivíduos por m²; frequência em número de parcelas que a espécie ocorre e dominância com base na massa de matéria seca da espécie. De posse dos valores relativos desses três parâmetros, determinouse o Valor de Importância (VI) pela soma de DeR + FrR + DomR. A riqueza foi calculada dividindo o número de espécies encontrado por m², este parâmetro refere-se ao número de espécies presentes em uma determinada área.

Para avaliar a regeneração natural, aos 24 meses após plantio das mudas, foi realizado censo das plantas das espécies arbustivas e arbóreas regenerantes presentes em cada unidade da área experimental, em função da estratégia de controle de plantas herbáceas adotada. Conforme metodologia de Higuchi et al. (2006), estas foram divididas em três classes de altura: classe 1 – altura até 1 m; classe 2 - altura > 1 e < 3 m e classe 3 – altura ≥ 3 m.

As comparações entre os tratamentos foram realizadas a partir de análises paramétricas (Análise de Variância – ANOVA, seguida pelo teste Tukey) e não-paramétricas (Kruskal-Wallis) para dados sem distribuição normal. Todos os testes foram realizados com o software InfoStat (DI RIENZO et al., 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos três levantamentos realizados na comunidade de plantas herbáceas durante o período de avaliação foram encontradas, em 48 m² amostrados, 23 famílias, 35 gêneros e 38 espécies, sendo duas espécies não identificadas. Ao analisar o diagrama de Venn (Figura 3), observa-se que 11 (29%) espécies foram comuns nos três tratamentos e 14 espécies (37%) foram exclusivas apenas do tratamento químico. Esse resultado pode ser explicado pelo fato do controle químico ter controlado melhor as plantas da família Poaceae, proporcionando condições para que sementes de outras espécies herbáceas germinassem e se estabelecessem na área, possibilitando assim, maior diversidade de espécies ao realizar-se esse tipo de controle, pois segundo Silva et al. (2018) um dos principais dificultadores de chegada de novas espécies são as plantas do gênero *Urochloa*. Em contrapartida, o tratamento mecânico registrou apenas uma espécie exclusiva para esse método de controle.

Antes da implantação do experimento, a área era dominada por braquiárias (Tabela 2), principalmente *Urochloa brizantha* cv. Marandu, 60% do valor de importância (VI). Por se tratar de espécie com metabolismo C₄, possui elevada eficiência em cobrir o solo e produção de matéria seca e, conseqüentemente, consegue sombrear a área rapidamente, podendo representar uma barreira para o estabelecimento de outras espécies. Além disso, plantas de *U. brizantha*, segundo Voll et al. (2010), são capazes de produzir ácido aconítico na parte aérea da planta, que pode promover a redução do crescimento de outras espécies de plantas quando este componente é liberado no solo por meio de suas raízes.

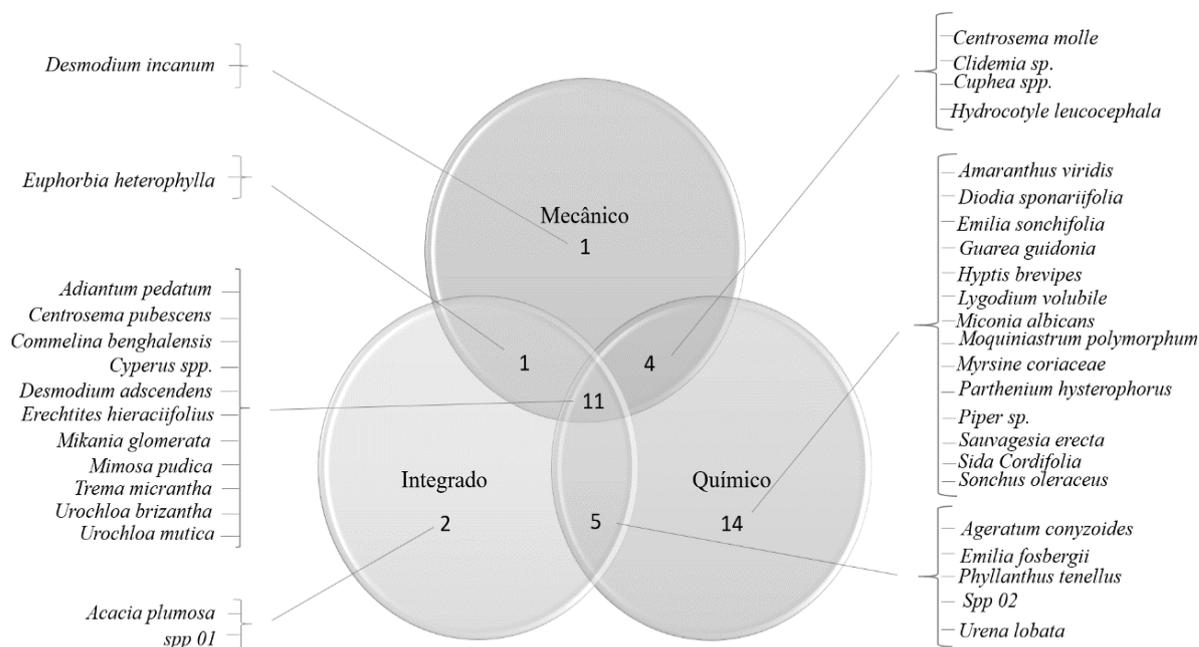


Figura 3: Diagrama de Venn com a riqueza acumulada de espécies, considerando coletas de plantas herbáceas realizadas aos 15, 18 e 24 meses após plantio das espécies arbóreas, nas três estratégias de controle de plantas herbáceas, município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Observa-se também pela Figura 3, que no período avaliado o número de espécies de plantas herbáceas que esteve presente nas unidades do tratamento que recebeu controle químico, foi superior ao das unidades dos outros dois tratamentos. Das 38 espécies que ocorreram ao longo de três coletas das plantas herbáceas, três delas são espécies arbóreas e foram encontradas no tratamento químico, sendo elas: *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, *Psidium guajava*, L. e *Trema micrantha* (l.) Blum, indicando que este tratamento, pela diminuição de *Urochloa*, possibilitou a germinação de sementes e crescimento inicial de outras espécies arbóreas. Nas amostras das unidades de tratamento mecânico e integrado apenas a última espécie arbórea ocorreu durante as coletas devido provavelmente ao grande potencial de regeneração da *Trema micrantha* na região, conforme observações de campo e também mencionado por Martins et al. (2018).

Pela Figura 4A observa-se que a riqueza de espécies no tratamento integrado e químico, na primeira avaliação, não apresentaram diferença significativa. Já na última avaliação, realizada em maio de 2019 (9 meses após a primeira), o tratamento químico apresentou maior riqueza de espécies, resultando em diferença significativa quando comparado ao mecânico e ao integrado. No tratamento mecânico, a maior riqueza de espécies foi observada na primeira avaliação e a menor riqueza de espécies registrada em dezembro de 2018, o mesmo comportamento foi observado para o tratamento químico. O tratamento integrado não apresentou diferença significativa ao longo das avaliações.

A densidade de indivíduos não apresentou diferença significativa nas avaliações realizadas (Figura 4B), tanto na comparação entre os tratamentos para cada período avaliado, quanto na comparação entre o mesmo tratamento nas diferentes épocas avaliadas. Os gráficos da Figura 4 apontam que para o mesmo tratamento e época de coleta, o desvio padrão é

relativamente grande, indicando que o número de espécies e de indivíduos variam bastante entre as unidades amostrais.

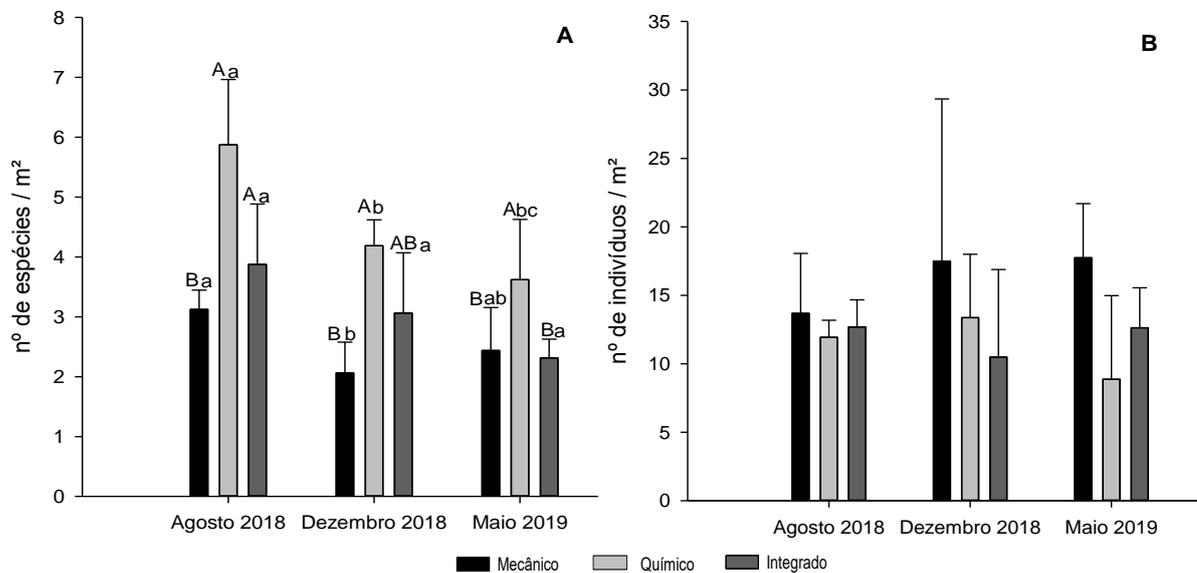


Figura 4: Riqueza (A) e densidade de espécies herbáceas (B) acumuladas em três épocas de coleta, após início da aplicação de três métodos de controle de plantas daninhas, em área de formação de reflorestamento, Cachoeiras de Macacu-RJ. Letras maiúsculas referem-se à comparação entre os tratamentos para cada período avaliado e letras minúsculas à comparação do mesmo tratamento nas diferentes épocas avaliadas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0,95$). As barras verticais representam o desvio padrão.

Em termos da fitossociologia, ao analisar as coletas, observa-se predominância de *Cyperus sp.*, *Urochloa mutica* e *Urochloa brizantha* que apresentaram maior dominância, independente da época avaliada (Figura 5). Apenas alterações de frequência e/ou densidade foram observadas para essas espécies, mantendo a ocorrência permanente entre os tratamentos avaliados. Moura Filho et al. (2015) realizaram levantamento fitossociológico de plantas herbáceas em área de cultivo de banana irrigada, destacando o gênero *Cyperus* como uma das principais espécies encontradas. Trata-se de espécies com grande capacidade de reprodução vegetativa e ampla adaptabilidade a ambientes distintos, o que acaba dificultando ainda mais seu controle (LIMA et al., 2012).

Ao longo dos 24 meses de avaliação, o maior número de espécies foi observado para as famílias Asteraceae (8 espécies), Fabaceae (6) e Poaceae (3), independentemente do método de controle utilizado, representando 44% das espécies registradas (Apêndice 1). Das espécies encontradas, 13 delas foram detectadas apenas nas amostragens realizadas em dezembro de 2018 e maio de 2019. Esse resultado pode ser explicado devido as alterações no microclima abaixo do dossel, ocasionado principalmente pelo crescimento (sombreamento) das espécies arbóreas, além das intervenções realizadas na área, o que favorece o surgimento de espécies que ocupam diferentes nichos ecológicos (LANZA et al., 2017).

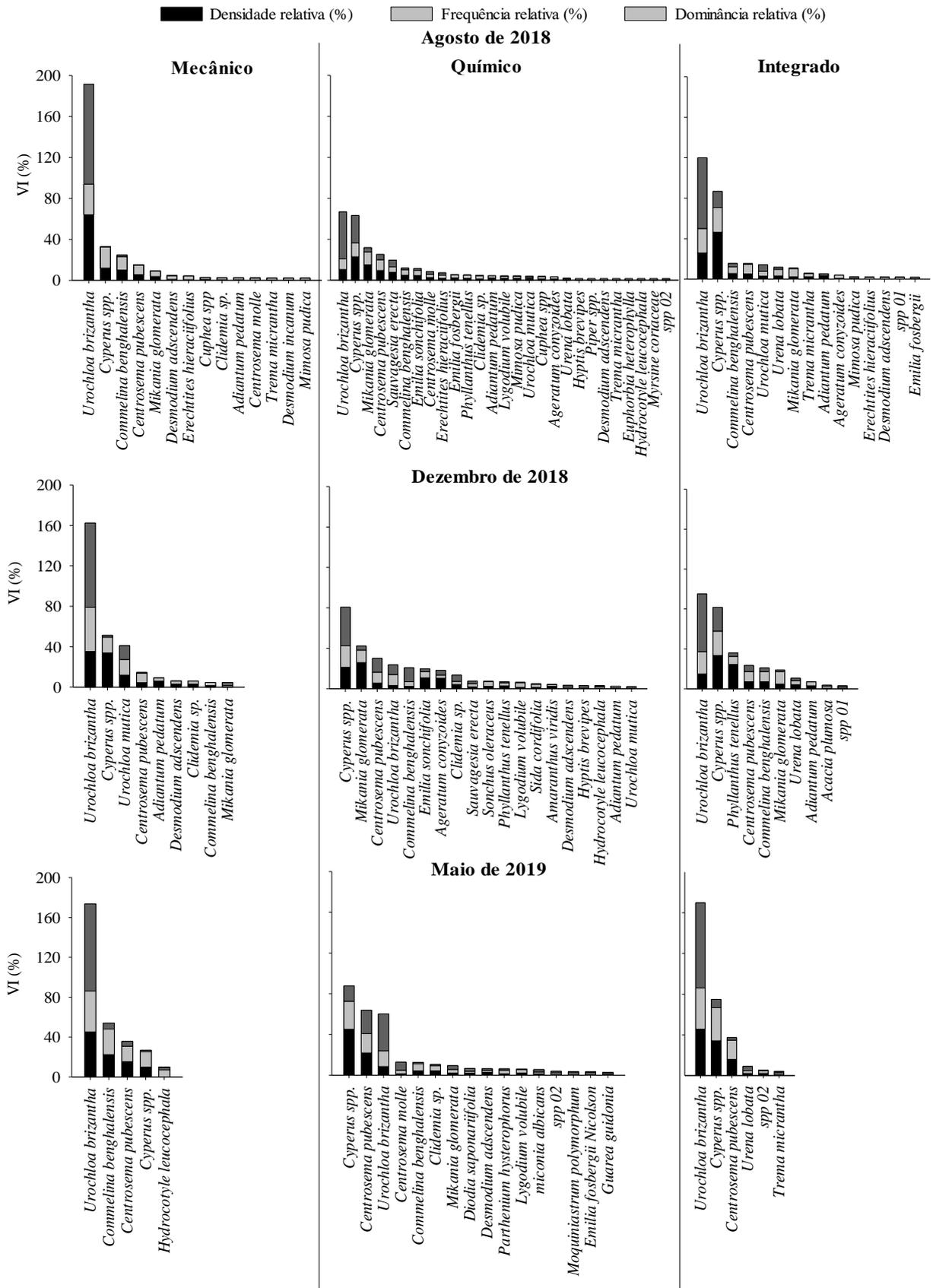


Figura 5: Fitossociologia de plantas herbáceas, em três épocas de coleta, após início da aplicação de três métodos de controle de plantas herbáceas, em área de formação de povoamento, município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, Brasil.

O método de controle mecânico apresentou 17 espécies correspondendo a 46% do total de espécies presentes na área experimental (Figura 3). A espécie *Urochloa brizantha* registrou VI de 191% em agosto de 2018, e 174 % em maio de 2019 (Figura 5). O menor número de espécies encontradas ao realizar este tipo de controle pode ser explicado uma vez que este método promove a poda de toda a comunidade de plantas. Além disso, a roçada possui capacidade reduzida em limitar o crescimento das gramíneas, que posteriormente brotam, se restabelecem na área e prejudicam o crescimento de outras espécies (Figura 4). Esse fato justifica o aumento de gramíneas na área e também o baixo número de indivíduos de espécies arbóreas encontrados na regeneração natural (Tabela 3), devido as atividades de roçadas em intervalo inferior a 3 meses que foram e estão sendo realizadas nas unidades deste método de controle (SANTANA, 2019).

O tratamento químico apresentou total de 34 espécies, abrangendo 22 famílias e representando 90% do total de espécies registradas (Figura 3). No tratamento químico, a aplicação de glyphosate promoveu maior controle de espécies de *Urochloa* (Figura 5), o que reduziu a abundância do gênero, facilitando o estabelecimento e persistência de outras espécies na área. Resultados referentes as amostragens realizadas mostram que houve alteração na comunidade de plantas herbáceas (Figura 5).

Observa-se que com estratégia de controle químico, a *Urochloa brizantha* apresentou redução significativa do VI, obtendo 66 % em agosto de 2018 para 23 % em dezembro de 2018 e aumentando para 60% em maio de 2019 (Figura 5). Nesse período as espécies arbóreas já apresentavam maior porte, o que pode ter favorecido as espécies C₃, já que estas são mais tolerantes a baixa irradiação (LANZA et al., 2017). Também, favoreceu o estabelecimento da regeneração natural das espécies arbustivas e arbóreas (Tabela 3), com estimativa de mais de 2.000 indivíduos por hectare. Já o aumento do VI de *Urochloa brizantha* no período de dezembro para maio pode ser explicado pela alta precipitação e elevadas temperaturas registradas nos primeiros meses do ano, contudo, o aumento do VI não ultrapassou o índice registrado na primeira avaliação.

Segundo Brighenti et al. (2011), o glyphosate costuma ser eficaz no controle de espécies de *Urochloa*, uma vez que a aplicação desse herbicida proporciona morte das populações da espécie na área, há redução da dominância dessa espécie, permitindo maior incidência de luz sobre o solo e, conseqüentemente, favorecendo a germinação de sementes presentes no solo e aumentando a riqueza das espécies.

O tratamento integrado obteve total de 19 espécies (50% do total de espécies identificadas), distribuídas em 12 famílias (Figura 3). Observa-se que ao longo do período de avaliação a diversidade de espécies apresentou redução, promovendo mudanças na dinâmica dessas espécies (Figura 5). Também foi observado aumento de VI de 119 % em agosto de 2018 e 170 % em maio de 2019, para a espécie *Urochloa brizantha*, que ocorreu provavelmente, devido as duas últimas atividades de manutenção realizadas nas unidades experimentais deste tratamento que, segundo Santana (2019) foram a roçada de *Canavalia ensiformis* juntamente com as demais plantas herbáceas, em abril de 2018 e depois poda a 1 m da superfície do solo das plantas de *Cajanus cajan* (Tabela 1). As duas atividades, aliada ao crescimento intermediário das plantas arbóreas, em relação as dos tratamentos químico e mecânico, proporcionaram condições para o crescimento das plantas de *Urochloa sp.* (SANTANA, 2019), evidenciando, que para a região onde foi conduzido o experimento, é necessário mais intervenções após 24 meses da implantação do experimento. O menor número de espécies herbáceas observado no tratamento integrado, tanto das plantas herbáceas, quanto da regeneração natural de espécies arbustivas e arbóreas, quando comparado com o tratamento químico, pode ser explicado devido ao rápido crescimento da *Canavalia*

ensiformis que dificulta a incidência de radiação solar no solo, impedindo a germinação de outras espécies no local.

No levantamento realizado aos 24 meses após o plantio das mudas arbóreas, observou-se que no tratamento mecânico praticamente não existe plantas das espécies arbustivas e arbóreas regenerantes (Tabela 3). O controle químico foi o que proporcionou a maior riqueza de espécies com 2.077 indivíduos, sendo 1.653 com altura inferior a 1 m, com destaque para *Guarea guidonia* e *Trema micrantha*, com aproximadamente 70% dos indivíduos arbóreos por hectare. Já nas unidades do tratamento de controle integrado, foram estimados 847 indivíduos por hectare, com destaque para *Trema micrantha*, com 396 indivíduos e *Guarea guidonia* com 164 indivíduos. Segundo Martins et al. (2018), *Trema micrantha* é espécie com grande potencial de regeneração natural, sendo necessário diminuir a incidência de gramíneas no solo, para que as plântulas possam crescer. No mecânico, as atividades de roçadas realizadas com intervalos inferiores a 3 meses, possibilitaram a regeneração com estimativa de apenas 55 indivíduos por hectare, envolvendo duas espécies arbóreas. Nesta idade, após implantação do povoamento florestal, mais de 80% dos indivíduos arbóreos apresentaram altura inferior a 1 m, indicando uma maior incerteza de estabelecimento ao longo do tempo (Tabela 3).

Tabela 3: Estimativa de regeneração natural, por classe de altura, aos 24 meses após plantio de mudas das espécies arbóreas, por hectare, em área em formação de povoamento, Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro, Brasil

Tratamento	Espécie	Nº indivíduos (classe altura)			Total
		< 1 m	> 1 e < 3 m	> 3 m	
Mecânico	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	41	0	0	41
	Fabaceae sp. 1	14	0	0	14
	Total	55	0	0	55
Químico	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	42	164	82	738
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	615	0	0	615
	<i>Cecropia</i> sp.	96	96	41	232
	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	150	14	0	164
	spp.	137	0	0	137
	<i>Croton</i> sp.	55	0	0	55
	<i>Vernonia polyanthes</i> (Spreng.) Less.	41	14	0	55
	<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	27	0	0	27
	<i>Psidium guajava</i> L.	27	0	0	27
	<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	14	0	0	14
	<i>Solanum lycocarpum</i> A. St. Hil.	0	14	0	14
	Total	1653	301	123	2077
Integrado	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	246	82	68	396
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	150	14	0	164
	<i>Cecropia</i> sp.	0	27	55	82
	spp.	68	0	0	68
	<i>Croton</i> sp.	55	0	0	55
	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	27	14	0	41
	<i>Vernonia polyanthes</i> (Spreng.) Less.	14	14	0	27
	<i>Inga edulis</i> Mart.	14	0	0	14
Total	574	150	123	847	

4. CONCLUSÃO

Nas unidades experimentais em que foi empregado o controle químico para o controle das plantas herbáceas, houve o maior número de espécies espontâneas, já nas áreas de controle mecânico e integrado foram encontradas menor número de espécies, com grande dominância da família Cyperaceae e Poaceae. O tratamento químico além de apresentar maior número de espécies de plantas espontâneas, também favoreceu o recrutamento de plantas de espécies arbustivas e arbóreas, em comparação com os demais tratamentos, auxiliando a restauração ecológica e facilitando os processos ecológicos em função da maior diversidade de espécies.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao utilizar herbicidas é importante respeitar a dose indicada, de acordo com as características de cada ambiente associando com as espécies de maior importância na área que a ser controlada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, A. D.; FRANCELINO, M. R.; CAMARA, R.; PEREIRA, M. G.; LELES, P. S. S. Estoque de carbono em áreas de restauração florestal da Mata Atlântica. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 183-194, 2018.

BRIGHENTI, A. M.; SOBRINHO, F. S.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; DEMARTINI, D.; COSTA, T. R. Suscetibilidade diferencial de espécies de braquiária ao herbicida glifosato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1241-1246, 2011.

CÉSAR, R. G.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; OLIVEIRA, A. M. S.; ALVES, M. C. Does crotalaria (*Crotalaria breviflora*) or pumpkin (*Cucurbita moschata*) inter-row cultivation in restoration plantings control invasive grasses? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 268-273, 2013.

COSTA, N. V.; RODRIGUES-COSTA, A. C.P.; COELHO, E. M. P.; FERREIRA, S. D.; BARBOSA, J. A. Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 25-44, 2018.

DIAS, M. M. M.; SANTANA, J. E. S.; LELES, P. S. S.; RESENDE, A. S.; RIBEIRO, J. G. Coroamento com papelão para controle de braquiária na formação de povoamento para restauração florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 39, p. 1-6, 2019.

DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. **InfoStat version 2015 [online]**. Córdoba: Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba. 2011 [cited 2016 out. 1]. Available from: [http:// www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar) DíazFederal Rio Grande do Sul, 1992.

GONÇALVES, F. L. A.; RESENDE, A. S.; LIMA, I. S. S.; CHAER, G. M. Manual crowning versus cardboard in forest restoration: costs and effect on seedling development. **Planta Daninha**, v. 36, e018167569, 2018.

- HALING, R. E.; CAMPBELL, C. D.; TIGHE, M. K.; GUPPY, C. N. Effect of competition from a C4 grass on the phosphorus response of a subtropical legume. **Crop and Pasture Science**, v. 64, n. 10, p. 985-992, 2013. <https://doi.org/10.1071/CP13275>.
- LANZA, T. R.; MACHADO, A. F. L.; MARTELLETO, L. A. P. Effect of planting densities of “BRS Princess” banana tree in the suppression of weeds. **Planta Daninha**, v. 35:e017162958, 2017.
- LELES, P. S. S.; MORAIS, L. F. D.; SANTOS, F. A. M.; NASCIMENTO, D. F. Plantas companheiras para controle de plantas espontâneas na restauração florestal. *In*: RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S. (Org.). **Controle de plantas espontâneas em restauração florestal**. 1ª ed. Brasília: Ed. Embrapa, 2017. p. 63-84.
- LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; ALONSO, J. M. Influências do espaçamento de plantio na restauração florestal. *In*: LELES, P.S. S.; OLIVEIRA NETO, S.N. (Ed.). **Restauração florestal e a Bacia do Rio Guandu**. Seropédica: Edur, 2015.
- Lemessa F.; Wakjira M. Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 18, n. 2, p. 133-145, 2017.
- LIMA, L. K. S.; BARBOSA, A. J. S.; SILVA, R.T.L.; ARAÚJO, R. C. Distribuição fitossociológica da comunidade de plantas espontâneas na bananicultura. **Revista Verde**; v. 7, n. 2, p. 59-68, 2012.
- MARQUES, L. J. P.; SILVA, M. R. M.; LOPES, G. S.; CORRÊA, M. J. P.; ARAUJO, M.S.; COSTA, E. A.; MUNIZ, F. H. Dinâmica de populações e fitossociologia de plantas daninhas no cultivo do feijão-caupi e mandioca no sistema corte e queima com o uso de arado. **Planta Daninha**, v. 29, p. 981-989, 2011.
- MARTINS, S. V.; BALESTRIN, D.; LOPES, A. T. *Trema micrantha* (L.) Blume, espécie chave na restauração de áreas degradadas. **MG BIOTA**, v.10, n.4, p. 61-68, 2018.
- MOURA FILHO, E. R.; MACEDO, L. P. M.; SILVA, A. R. S. Levantamento Fitossociológico de plantas daninhas em cultivo de banana irrigada. **Holos** (Natal. Online), 2:92-97, 2015.
- SANTANA, J. E. S. **Estratégias de controle e convivência de *Urochloa spp.* em restauração florestal**. 2019, 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019.
- SANTOS, F. A. M.; LELES, P. S. S.; SANTANA, J. E. S.; NASCIMENTO, D. F.; MACHADO, A. F. L. Controle químico de plantas espontâneas em povoamentos de restauração florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p. 1-9. 2018.
- SANTOS, T. A.; RESENDE, A. S.; FERREIRA, F.; MACHADO, A. F. L.; CHAER, G. M. Weed interference factors that affect the growth of an atlantic forest tree species. **Bioscience Journal**, v. 35, p. 485-494, 2019a.

SANTOS, F. A. M.; LELES, P. S. S.; SANTANA, J. E. S.; RIBEIRO, J. G.; RESENDE, A. S. Consórcio de espécies arbóreas com leguminosas herbáceas como estratégia para restauração florestal. *ADVANCES IN FORESTRY SCIENCE*, v. 6, p. 589-593, 2019b.

SCERVINO, R. P.; TOREZAN, J. M. D. Factors affecting the genesis of vegetation patches in anthropogenic pastures in the Atlantic forest domain in Brazil. *Plant Ecology and Diversity*, v. 8, p. 1-8, 2015.

SILVA, A. P.; RESENDE, A. S.; CHAER, G. M.; FERNANDO, L. A. G.; CAMPELLO, E. F. C. Influência da forma e posição da encosta nas características do solo e na regeneração natural em áreas de pastagem abandonadas. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 3, p. 1239-1252, 2018.

VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S. Ácido aconítico em sementes de espécies de plantas daninhas de diferentes locais. *Planta Daninha*, v. 28, n. 1, p. 13-22, 2010.

ZHONG, J.; ROBBETT, M.; POIRE, A.; PRESTON, J. C. Successive evolutionary steps drove Pooideae grasses from tropical to temperate regions. *New Phytologist*, v. 217, n. 2, p. 925 – 938, 2018.

Capítulo II

RESPOSTA DE *Inga edulis* A ADUBAÇÃO E CONVIVÊNCIA COM BRAQUIÁRIA

RESUMO

A fertilização das espécies arbóreas visa aumentar a disponibilidade de nutrientes, principalmente na fase inicial de crescimento das plantas. Além do fornecimento de nutrientes, para o crescimento adequado das espécies, é fundamental o controle da comunidade herbácea infestante, pois estas podem limitar o crescimento das espécies arbóreas devido à competição pelos recursos essenciais para seu crescimento. Este trabalho objetivou avaliar o desempenho de *Inga edulis* na presença de *Urochloa brizantha*, utilizando solos com e sem adubação. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado formado por seis tratamentos: T1 - Sem braquiária + sem adubação; T2 - Sem braquiária + 3 litros de biossólido; T3 - Sem braquiária + adubação de plantio e adubação de cobertura; T4 - Com duas plantas de braquiária por vaso + sem adubação; T5 - Com duas plantas de braquiária por vaso + 3 litros de biossólido; T6 - Com duas plantas de braquiária por vaso + adubação de plantio e adubação de cobertura. Foram oito repetições de um indivíduo por tratamento, totalizando 48 vasos de 18L. Em cada vaso foi plantado uma muda de *Inga edulis* com 22 cm de altura. Ao longo de 100 dias de convivência foram avaliados incrementos em altura e diâmetro, peso seco da parte aérea e sistema radicular, área foliar e clorofila. A convivência com *Urochloa brizantha* provocou efeito negativo para as plantas de *Inga edulis*, ao final do período de avaliação. O tratamento contendo biossólido apresentou melhor desempenho das variáveis avaliadas quando comparado ao tratamento que recebeu adubação química, apresentando potencial para fertilização de mudas florestais.

Palavras-chave: biossólido, competição, fertilização, *Inga edulis*, *Urochloa brizantha*

ABSTRACT

The fertilization of tree species aims to increase the availability of nutrients, especially in the initial phase of plant growth. In addition to the supply of nutrients, for the adequate growth of species, it is essential to control the weed herbaceous community, as they can limit the growth of tree species due to competition for essential resources for their growth. This work aimed to evaluate the performance of *Inga edulis* in the presence of *Urochloa brizantha*, using soils with and without fertilization. The experiment was carried out in a completely randomized design formed by six treatments: T1 - Without brachiaria + without fertilization; T2 - Without brachiaria + 3 liters of biosolids; T3 - Without brachiaria + planting fertilization and cover fertilization; T4 - With two brachiaria plants per pot + without fertilization; T5 - With two brachiaria plants per pot + 3 liters of biosolid; T6 - With two brachiaria plants per pot + planting fertilization and cover fertilization. There were eight repetitions of an individual per treatment, totaling 48 vessels of 18L. A 22 cm tall *Inga edulis* seedling was planted in each pot. Over 100 days of living together, increases in height and diameter, dry weight of the aerial part and root system, leaf area and chlorophyll were evaluated. Living with *Urochloa brizantha* had a negative effect on *Inga edulis* plants at the end of the evaluation period. The treatment containing biosolids showed better performance of the evaluated variables when compared to the treatment that received chemical fertilization, presenting potential for fertilization of forest seedlings.

Key words: biosolid, competition, fertilization, *Inga edulis*, *Urochloa brizantha*

1. INTRODUÇÃO

As perdas de fragmentação da Mata Atlântica e a conseqüente redução dos serviços ecossistêmicos tem incentivado a adoção de políticas públicas para projetos de restauração de ecossistemas florestais. Um dos métodos mais empregados para a restauração dessas áreas consiste na formação de povoamentos com o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas (MAGNAGO et al., 2015). Normalmente, as áreas destinadas para este fim são pobres em nutrientes, pois as melhores são usadas para agropecuária e apresentam predominância de gramíneas, como as do gênero *Urochloa* (RESENDE; LELES et al., 2017), sendo necessário eficiente controle das plantas daninhas e muitas vezes é recomendado realizar adubação de plantio. Segundo Gonçalves (1995), o solo nem sempre é capaz de fornecer todos os nutrientes necessários para o crescimento das plantas, o que torna a adubação uma ação necessária.

Uma possibilidade para adubação de plantio das espécies arbóreas é a utilização de materiais orgânicos. Entre estes, encontra-se o material sólido originário de estações de tratamento de esgoto (ETE), como o lodo de esgoto, que após tratamento e compostagem, passa a ser denominado biossólido. Segundo Berton e Nogueira (2010) e Abreu et al. (2017; 2019) este material é relativamente rico em nutrientes e matéria orgânica e tem grande potencial para ser usado em atividades agrícolas e florestais. Na área florestal, o biossólido vem sendo usado como componente de substrato ou material único para produção de mudas arbóreas (ABREU et al., 2017; CABREIRA et al., 2017; ALONSO et al., 2018), e tem potencial para uso na recuperação de áreas degradadas (GUERRINI et al., 2017; CAMPOS et al., 2019).

Trabalhos utilizando biossólido como adubação de plantio na formação de povoamentos visando a restauração florestal são escassos. Este resíduo além de apresentar potencial para suprir as demandas nutricionais das espécies nativas utilizadas na restauração florestal, pode também melhorar as condições do solo, pelo efeito direto e indireto da matéria orgânica. A utilização deste material em áreas florestais possibilita sua melhor destinação, uma vez que são gerados milhões de toneladas de lodo de esgoto todos os anos e os custos com sua disposição final podem chegar a 60% dos custos de operação de uma ETE (ANDREOLI e VON, 2014). A utilização do biossólido pode reduzir de forma significativa os custos na destinação deste resíduo, reduzindo ainda, riscos de contaminação humana, visto que o mesmo não tem o consumo direto do homem (CALDEIRA et al., 2000). Além disso, estudos de Campos et al. (2019) mostraram ainda que o biossólido na dose utilizada, não causou problemas de lixiviação de metais pesados nas camadas do solo.

Além do fornecimento de nutrientes para o crescimento adequado das espécies arbóreas, é fundamental o controle da comunidade herbácea infestante. Em boa parte das áreas florestais, as plantas daninhas apresentam elevadas densidades populacionais, sendo a intensidade da competição, um dos fatores que mais limitam o crescimento das plantas arbóreas devido à competição pelos recursos essenciais (MEDEIROS et al., 2016; PEREIRA et al., 2016).

Dentre as diversas espécies florestais arbóreas de ocorrência na Mata Atlântica utilizadas para formação de povoamento na restauração florestal, encontra-se o *Inga edulis* Mart. Esta espécie apresenta características desejáveis para os plantios com essa finalidade, por apresentar rápido crescimento e seus frutos serem atrativos à fauna. Trata-se de uma espécie que pode chegar até 25 m de altura, apresenta copa ampla e baixa, com tronco claro de 30 a 60 cm de diâmetro, folhas compostas paripinadas, semidecídua, heliófita e pioneira (LORENZI, 2002).

Em virtude das interferências ocasionadas pelas plantas daninhas e possibilidades de adubação mais eficazes para as espécies arbóreas, o presente trabalho objetivou avaliar o crescimento de *Inga edulis* na presença de *Urochloa brizantha* (Stapf) Webster cv. Marandu, recebendo adubação mineral ou biofóssido de lodo de esgoto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido a pleno sol, em vasos com capacidade volumétrica de 18 litros, com diâmetro inferior de 25 cm, diâmetro superior de 30 cm e altura de 28 cm, simulando dimensões médias de covas de plantio. O clima da região de estudo é do tipo Aw, segundo classificação de Köppen. De acordo com dados coletados na estação meteorológica do INMET Seropédica – Ecologia Agrícola, durante a condução do estudo (julho a novembro de 2018) a precipitação acumulada foi de 189,4 mm, temperatura máxima de 37,6 °C registrada no início de novembro e temperatura mínima de 11,9 °C no início de julho.

2.2 Caracterização do experimento

O solo utilizado foi retirado da camada de 0-80 cm de uma encosta, e classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, de textura argilosa. A análise de fertilidade do solo apresentou os seguintes resultados: pH (H₂O) = 5,8; P e K⁺ = 4,2 e 12 mg.dm⁻³ respectivamente (extrator Mehlich-1); Ca²⁺; Mg²⁺; Al³⁺ (extrator de KCl 1,0 N); H + Al e CTC(t) = 0,77; 0,3; 0,7; 2,3 e 1,8 cmolc.dm⁻³, respectivamente. Índice de saturação de bases de 32,4% e de alumínio de 38,9% e teor de matéria orgânica de 0,94 dag/ kg.

Foi adotado delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3, sendo o primeiro fator ausência ou presença de duas plantas de *U. brizantha* por vaso e três fatores de adubação: tratamento testemunha (sem adubação), adubação com 3 litros de biofóssido, e adubação mineral de plantio e de cobertura, totalizando seis tratamentos: T1 - sem braquiária + sem adubação; T2 - sem braquiária + 3 litros de biofóssido; T3 - sem braquiária + adubação de plantio e adubação de cobertura; T4 - duas plantas de braquiária por vaso + sem adubação; T5 - duas plantas de braquiária por vaso + 3 litros de biofóssido; T6 - duas plantas braquiária por vaso + adubação de plantio e adubação de cobertura. Cada tratamento foi formado por oito repetições (vasos com plantas), totalizando 48 plantas.

O biofóssido usado foi proveniente da Estação de tratamento de esgoto da Ilha do Governador, cidade do Rio de Janeiro, cedido pela Companhia Estadual de Tratamento de Água e Esgotos (CEDAE), e apresentou teores totais, determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico) de N, P, K, Ca, Mg e S iguais respectivamente a 17,6; 7,6; 2,4; 18,4; 3,2 e 10,9 g Kg⁻¹. Também, teor carbono orgânico = 18,1%, relação C/N de 10,3 e pH (H₂O) = 5,7. Em relação a micronutrientes / metais pesados os valores em ppm foram: Zn = 841, Fe = 24764, Mn = 197, Cu = 218 e B = 11,2. Segundo informações da CEDAE, esta estação realiza tratamento de esgoto a nível primário e secundário, pelo sistema de lodos ativados, onde o efluente passa por tanque de aeração e depois por decantador. O lodo de esgoto é gerado nos decantadores de ambas as fases do tratamento. O lodo proveniente do processo de tratamento primário é adensado por gravidade, enquanto o do tratamento secundário é adensado por meio de centrífuga. Depois do adensamento, o lodo de ambos os tratamentos é misturado e levado para estabilização da matéria orgânica em digestor

anaeróbio, após esse processo o material passa por centrifuga para desidratação e são colocados em leito a pleno sol para secagem.

A dose de 3,0 litros de biossólido por vaso utilizada foi com base em trabalho de Lima Filho (2015) e de Silva (2017), que trabalharam com adubação de plantio para espécies arbóreas de ocorrência da Mata Atlântica, recomendando valores entre 1,6 a 5,0 litros de biossólido por cova, dependendo da(s) espécie(s) arbórea(s) estudada e das condições do solo. Considerando densidade do biossólido de $0,56 \text{ g / cm}^3$, nos dois tratamentos com biossólido foi adicionado em torno de 1,7 kg deste material por vaso.

Nos dois tratamentos de adubação mineral utilizou-se 150 g de fosfato natural reativo, que apresenta teor de 20% P_2O_5 + 22 % Ca. Esta dose equivale a quantidade de P presente em 1,7 kg de biossólido. Na adubação de cobertura foi aplicado 7,5 g de cloreto de potássio e 100 g de calcário dolomítico, 15 dias após o plantio das mudas. Também foi aplicado 35 g de ureia por vaso, 20 dias após o plantio das mudas. Esta dose foi baseada nas informações de recomendações de Furtini Neto (2000) para espécies nativas, característica do solo e experiência da equipe envolvida no trabalho sobre nutrição florestal.

Na montagem do experimento, foi adicionado pedra brita no fundo do balde para garantir boa drenagem da água. As misturas, exceto os dois tratamentos testemunha, foram devidamente preparadas e, em seguida, realizado o preenchimento dos vasos. As mudas foram produzidas por meio de sementes em tubetes com capacidade volumétrica de 280 cm^3 . Após o preparo do material nos vasos, estes foram colocados em linhas distanciadas em torno de 1 metro, à pleno sol, realizando o plantio das mudas de *I. edulis*, que apresentavam altura de 22 cm. Vinte dias após o plantio, sementes de *U. brizantha* foram semeadas e 20 dias após a semeadura duas plântulas foram deixadas em cada vaso. Para evitar a mortalidade e garantir melhor crescimento, os vasos foram irrigados diariamente ou dependendo da ocorrência de chuvas e temperatura máxima. O objetivo da irrigação foi manter o solo úmido próximo à capacidade de campo, para que o fator água não fosse limitante ao crescimento das plantas.

2.3 Avaliações

Os dados de altura da parte aérea e de diâmetro de coleto das plantas de *I. edulis* foram coletados imediatamente após o plantio e aos 120 dias, utilizando régua graduada e paquímetro digital, respectivamente, com os dados de crescimento obtidos ao longo do período de avaliação foram determinados incremento em altura e diâmetro.

Foram realizadas avaliações dos teores de clorofila a, b e total (a + b) das plantas de ingá aos 120 dias após o plantio das mudas, empregando-se o clorofilômetro ótico portátil, selecionando uma folha por planta (localizada no terço médio da planta).

Após medição da altura da parte aérea e diâmetro de coleto, a parte aérea das plantas arbóreas e da braquiária foram cortadas, a 2 cm do solo, e separadas do sistema radicular. Em seguida, a parte aérea foi levada para o laboratório, onde de cada planta arbórea retirou-se todas as folhas e estas foram passadas em medidor de área foliar de bancada LICOR-3600. Em seguida, acondicionou-se em sacos de papel a parte aérea das arbóreas, formada por caule, galhos e folhas, bem como a parte aérea da braquiária. O sistema radicular, de *I. edulis* e da *U. brizantha*, foi lavado em água corrente, colocado para secar em bancada de laboratório à sombra e em seguida colocados em sacos de papel.

A parte aérea e o sistema radicular foram secos em estufa de circulação forçada de ar a $65 \text{ }^\circ\text{C}$, durante 72 horas. Após pesagem em balança analítica, foram obtidas as massas de matéria seca da parte aérea das plantas arbóreas e da braquiária, bem como as massas de matéria seca do sistema radicular de ambas.

Para atender às pressuposições da análise de variância, foi utilizado o programa estatístico R (R Core Team; 2018), as variâncias dos dados de crescimento em altura e diâmetro foram submetidas ao teste de homogeneidade de variâncias de Bartlett e os resíduos tiveram sua normalidade testada pelo teste de Shapiro-wilk. Quando os pressupostos não foram atendidos, empregou-se a metodologia Box-Cox (BOX; COX, 1964) pacote MASS, para encontrar a transformação adequada visando estabilizar ou reduzir a variabilidade existente e normalizar os resíduos, para que os dados pudessem apresentar uma distribuição aproximadamente normal. Os dados foram submetidos à análise de variância, e ao constatar diferença significativa, os dados foram submetidos ao teste de Scott-Knott ($P \geq 0,90$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar o incremento em altura das plantas de *I. edulis*, observa-se que a média de crescimento de todos os tratamentos com *U. brizantha* tiveram resultado inferior quando comparado com os tratamentos sem *U. brizantha* (Tabela 4). Em relação a adubação, observa-se que as plantas dos tratamentos que receberam biofósforo e adubação mineral, apresentaram maior incremento em altura, diferindo do tratamento sem adubação quando não receberam *U. brizantha*. Por outro lado, as plantas dos tratamentos sem adubação apresentaram médias significativamente inferiores, tanto na presença quanto na ausência de *U. brizantha*. Já a adubação mineral resultou em média próxima da adubação com biofósforo, não apresentando diferença na ausência de *U. brizantha* e média estatisticamente inferior na presença de *U. brizantha* comparando o tratamento com biofósforo.

Para a variável diâmetro do coleto, as plantas dos três tratamentos sem *U. brizantha* obtiveram maior incremento, apresentando diferença significativa ($P = 0,000144$) (Tabela 4). Contudo, os três tratamentos na ausência e na presença de *U. brizantha* não diferiram estatisticamente.

Para massa de matéria seca da parte aérea, em média, as plantas de *I. edulis* dos tratamentos sem *U. brizantha* tiveram melhor desempenho, exceto para o tratamento sem adubação, que não apresentou diferença significativa, tanto na presença quanto na ausência de *U. brizantha*. Em relação a adubação testada, o biofósforo e a adubação mineral foram estatisticamente iguais, na ausência de *U. brizantha*, e superiores ao tratamento sem adubação (Tabela 4). Já na presença de *U. brizantha*, não houve diferença entre os tratamentos. A competição por recursos essenciais para o crescimento das plantas pode ocasionar estresse, resultando em menor investimento em ramos e folhas. Segundo Medeiros et al. (2016), este menor investimento nos componentes da parte aérea pode comprometer a sobrevivência das plantas em campo, devido à redução significativa do aparato fotossintético.

Ao avaliar a massa de matéria seca da raiz, constatou-se que, em média, as plantas de *I. edulis* dos tratamentos com e sem *U. brizantha* não diferiram estatisticamente. Contudo, ao considerar a adubação empregada, nota-se que as plantas produzidas com biofósforo apresentaram, em média, maior peso seco de raiz, na ausência de *U. brizantha*. Na presença de *U. brizantha* foi constatado diferença significativa entre os tratamentos que receberam biofósforo e sem adubação, sendo estatisticamente maiores que a adubação mineral (Tabela 4).

Para a área foliar, as médias das plantas de *I. edulis* dos tratamentos sem *U. brizantha* tiveram melhor desempenho que os tratamentos com braquiária, exceto para o tratamento sem adubação, não resultando em diferença significativa tanto na presença, quanto na ausência de *U. brizantha*, após 120 dias de cultivo nos vasos de 18 litros. No entanto, as adubações com biofósforo e adubação mineral utilizada na ausência de *U. brizantha* apresentaram média

superior em relação ao tratamento sem adubação, resultando em diferença significativa, para esta característica. Já os tratamentos com *U. brizantha* foram estatisticamente iguais. Santana (2019) também constatou que a presença de *U. brizantha* refletiu na menor produção de matéria seca de galhos, folhas e área foliar de plantas de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert) durante 168 dias de convivência. Já os teores de clorofila a, b e total não apresentaram diferença significativa nas plantas de *I. edulis*, nas duas épocas avaliadas, tanto para as adubações testadas, quanto para a presença e ausência de *U. brizantha*.

Tabela 4: Crescimento de *Inga edulis*, sem e com *U. brizantha*, em solo sem adubação, com biossólido e com adubação mineral, aos 120 dias após plantio das mudas nos vasos

Adubação →	Sem adubação	Biossólido	Adubação mineral
Competição ↓	Incremento em altura (cm)		
Sem	6,1 (4,6) Ab	12,5 (7,9) Aa	11,2 (8,1) Aa
Com	5,0 (2,3) Bb	6,7 (3,8) Ba	5,0 (2,3) Bb
	Incremento em diâmetro (mm)		
Sem	3,4 (3,1) Aa	4,0 (1,0) Aa	4,2 (1,9) Aa
Com	1,9 (0,9) Ba	2,6 (0,9) Ba	1,6 (1,4) Ba
	Massa de matéria seca da parte aérea (g)		
Sem	17,2 (1,7) Ab	27,9 (3,5) Aa	25,8 (10,3) Aa
Com	16,7 (2,7) Aa	18,2 (2,8) Ba	14,7 (2,4) Ba
	Massa de matéria seca de raízes (g)		
Sem	16,3 (1,3) Ab	19,1 (2,5) Aa	17,5 (3,7) Ab
Com	17,1 (3,0) Aa	16,9 (1,6) Aa	14,6 (1,6) Ab
	Área foliar		
Sem	488,7 (123,4) Ab	1.705,3 (477,4) Aa	1.833,7 (1181,7) Aa
Com	418,5 (250,5) Aa	479,6 (211,3) Ba	297,7 (335,4) Ba

Para cada característica, médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas ou de letras minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey ($P \geq 0,90$). Números entre parênteses referem-se ao correspondente desvio padrão.

Para todas as variáveis mensuradas, nota-se que a adubação com biossólido resultou em médias significativamente superior quando comparado com a adubação mineral, sendo que as plantas de *I. edulis* cultivadas com biossólido, em média, obtiveram maior crescimento na presença e na ausência de *U. brizantha*, exceto para área foliar, que não apresentou diferença significativa (Tabela 4). Por outro lado, as plantas do tratamento testemunha apresentaram médias inferiores para todas as variáveis mensuradas, exceto para área foliar que também não apresentou diferença significativa, devido provavelmente ao solo utilizado ser considerado de baixa fertilidade para as plantas arbóreas e por este não ter recebido adubação. Fertilizantes ou compostos que possibilitem maior velocidade do crescimento inicial, são de grande importância para projetos de restauração, buscando evitar que as espécies florestais fiquem menos susceptíveis a competição com plantas daninhas (NASCIMENTO et al., 2012).

Diversos autores atribuem o maior crescimento das espécies produzidas em substratos contendo biossólido, em função dos teores de nutrientes encontrados neste componente (ROCHA et al., 2013; ABREU et al., 2017). Além disso, segundo Caldeira et al. (2012), este material apresenta nutrientes na forma orgânica, que são liberados gradativamente, suprindo de maneira mais adequada as exigências nutricionais ao longo do crescimento das plantas, possibilitando assim, melhor aproveitamento de nutrientes, quando comparado à adubação mineral.

Constata-se pela Figura 6, que nos tratamentos adubados, a massa seca produzida de *U. brizantha* com adubação mineral foi maior que a massa seca dos demais tratamentos, com grande ocupação do sistema radicular. Isto provavelmente ocorreu na adubação mineral, devido os nutrientes encontrarem-se prontamente disponíveis para as plantas, indicando que as gramíneas apresentaram maior capacidade competitiva na absorção de nutrientes, afetando de forma negativa o crescimento das espécies arbóreas. Estas informações são consideradas importantes, tendo em vista que grande parte dos processos competitivos entre plantas ocorre abaixo da superfície do solo (ZANINE; SANTOS, 2004). Quando as plantas se encontram sob alta competição, suas características fisiológicas geralmente são modificadas, ocasionando alterações no aproveitamento dos recursos do ambiente, que compromete a eficiência da planta (CONCENÇO et al., 2007).

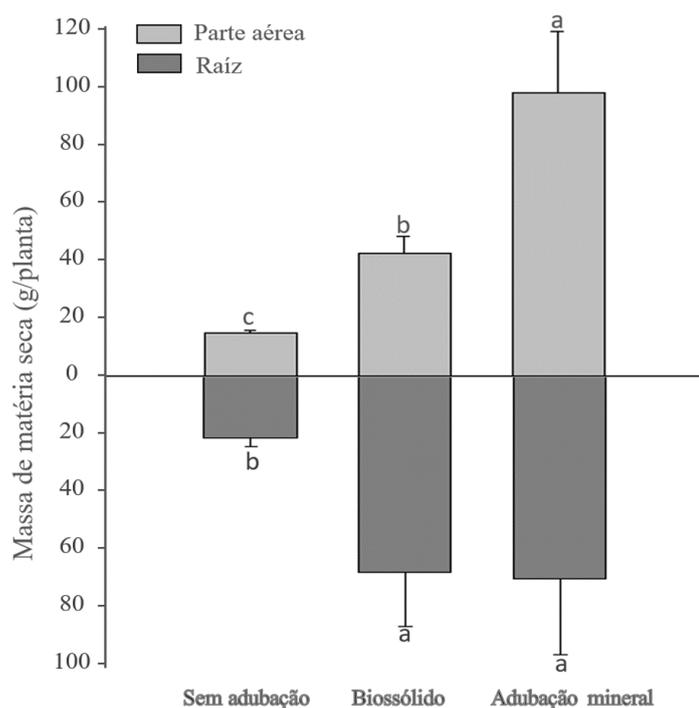


Figura 6: Massa de matéria seca da raiz e da parte aérea de *Urochloa brizantha* em vasos de 18 litros, sem adubação, com biossólido e com adubação mineral, aos 120 dias após o plantio de *Inga edulis*. Para cada componente, média seguidas de letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0,95$).

Braquiárias normalmente apresentam rápido crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular (BATISTA et al., 2011), o que faz com que as plantas desse gênero sejam grandes competidoras pelos recursos ambientais essenciais para o crescimento das culturas de interesse, conforme observado pela Figura 7 que apresenta plantas médias de *I. edulis* de cada

tratamento. Estudos apontam efeitos negativos no crescimento das espécies arbóreas ocasionados pela competição com espécies de braquiária (MEDEIROS et al., 2016; PEREIRA et al., 2016; MENEZES et al., 2019). Observa-se também pela Figura 7 que no tratamento que recebeu adubação química, a braquiária está apresentando, aparentemente, maior crescimento e coloração mais verde, indicando que está prejudicando as plantas de *I. edulis*.



Figura 7: Crescimento de *Inga edulis* em convivência com *U. brizantha* durante 100 dias, em condições de vaso. T1 - sem braquiária e sem adubação; T2 - sem braquiária + 3 litros de biossólido; T3 - sem braquiária + adubação de plantio e adubação de cobertura; T4 - duas plantas de braquiária por vaso + sem adubação; T5 - duas plantas de braquiária por vaso + 3 litros de biossólido; T6 - duas plantas braquiária por vaso + adubação de plantio e adubação de cobertura.

Pereira et al. (2011) avaliaram a convivência de plantas de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D Webster no crescimento inicial de plantas de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson observando altas reduções no incremento em altura das plantas submetidas aos tratamentos que receberam braquiária. Constataram que a população de plantas infestantes influenciou o crescimento das plantas de eucalipto, apresentando efeito mais acentuado com o aumento da densidade de plantas de braquiária. Pereira et al. (2016) avaliaram os efeitos da convivência de plantas de *Pinus elliottii* Engelm com diferentes densidades de plantas de *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donell, *Urochloa plantaginea* (Link) R.D.Webster e *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga durante 210 dias de convivência, em condições de vasos com capacidade volumétrica de 60 litros. Os autores observaram que as plantas herbáceas influenciaram significativamente o crescimento das plantas de *P. elliottii*, provocando redução de 84,5% da massa de matéria seca das plantas em convivência com *U. humidicola* e de 81,5% no incremento em altura, quando em convivência com *U. plantaginea*.

Maciel et al. (2011), em condições de campo, concluíram que o controle de plantas daninhas, formado principalmente por gramíneas, utilizando coroamento das mudas em diâmetro de 2,0 m possibilitou o melhor crescimento inicial das espécies *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Inga fagifolia* Willd, comparado ao coroamento de 0,5 m. Resultados destas pesquisas, como deste trabalho indicam a alta sensibilidade à competição pelos recursos disponíveis no meio, evidenciando a necessidade de controle das plantas herbáceas, nas fases iniciais de crescimento para plantas arbóreas, para a formação de povoamentos visando a restauração florestal.

4. CONCLUSÃO

Após 100 dias de convivência, os tratamentos que receberam *Urochloa brizantha* apresentaram redução no incremento em altura e diâmetro das plantas. O tratamento contendo biossólido apresentou melhor desempenho das variáveis avaliadas quando comparado ao tratamento que recebeu adubação mineral, apresentando potencial para a utilização como adubação de plantio, favorecendo o crescimento de *Inga edulis* e possibilitando destinação mais adequada para o resíduo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H. M.; ALONSO, J. M.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S.; SANTOS, G. R. Caracterização de biossólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 591-599, 2019.

ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; OLIVEIRA, R. R., FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1179-1190, 2017a.

ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S.; CABREIRA, G. V. Biosolids as substrate for the production of *Ceiba speciosa* seedlings. **Cerne**. v. 24, p. 420-429, 2018.

ANDREOLI, C. V.; VON, M. S.; FERNANDES, F. **Lodo de Esgotos: tratamento e disposição final**, 2º ed., Vol. 6. Belo Horizonte: UFMG 2014.

BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; MARIA, I. C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2011.

BERTON, R. S.; NOGUEIRA T. A. R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a resolução nº 375 do CONAMA**. Botucatu: FEPAF, 2010, 407 p.

CABREIRA, G. V.; LELES, P. S. S.; ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M.; LOPES, N. F.; SANTOS, G. R. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, v. 47, n. 2, p. 165-176, 2017.

CALDEIRA, M. V. W.; PERONI, L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M.; TRAZZI, P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2012.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 161-170, 2000.

CAMPOS, T. O.; CHAER, G. M.; LELES, P. S. S.; SILVA, M. V.; SANTOS, F. A. M. Leaching of Heavy Metals in Soils Conditioned with Biosolids from Sewage Sludge. **Floresta e Ambiente**, v. 26, p. 1-10, 2019.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; D'ANTONINO, L.; VARGAS, L.; FIALHO, C. M. T. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**. v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S. Fertilização em reflorestamentos com espécies nativas. In: GONÇALVES J. L. M.; BENEDETTI V. (Eds). **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, p.351-383, 2000.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para Eucalyptus, Pinus e espécies típicas da Mata Atlântica**. Documentos Florestais, Piracicaba; 1995, 23p.

GUERRINI, I. A.; CROCE, C. G. G.; BUENO, O. DE C.; JACON, C. P. R. P.; NOGUEIRA, T. A. R.; FERNANDES, D. M.; GANGA, A.; CAPRA, G. F. Composted sewage sludge and steel mill slag as potential amendments for urban soils involved in afforestation programs. **Urban Forestry and Urban Greening**, v.22, p. 93–104, 2017.

LIMA FILHO, P. **Biossólido na restauração florestal: produção de mudas e adubação de plantio**. 2015. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2015.

LORENZI H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 2º ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

MACIEL, C. D. G.; POLETINE, J. P.; ALVES, I. M.; RAIMONDI, M. A.; RODRIGUES, M.; BUENO, R. R.; COSTA, R. S. Coroamento no controle de plantas daninhas e desenvolvimento inicial de espécies florestais nativas. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 32, n. 1, p. 119-128, 2011.

MAGNAGO, L. F. S.; KUNZ, S. H.; MARTINS, S. V. Modelos de restauração florestal. In: LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. (Eds.) **Restauração florestal e a Bacia do Rio Guandu**. Seropédica: Editora Rural, p. 65-87, 2015.

MEDEIROS, W. N.; MELO, C. A. D.; TIBURCIO, R. A. S.; SILVA, G. S.; MACHADO, A. F. L.; SANTOS, L. D. T.; FERREIRA, F. A. Crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob interferência de plantas daninhas. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p.147-157, 2016.

MENEZES, E. S.; SANTOS, A. R.; MASSAD, M. D.; DUTRA, T. R.; AGUIAR, M. V. M.; MUCIDA, D. P. Crescimento de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. sob interferência de plantas espontâneas e forrageiras. **BIOFIX Scientific Journal** v. 4 n. 2 p. 153-159, 2019.

NASCIMENTO, D. F.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; MOREIRA, R. T. S.; ALONSO, J. M. Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 159-165, 2012.

PEREIRA, M. R. R.; SOUZA, G. S. F.; SILVA, J. I. C.; MATINS D. Densidades de plantas de *Urochloa decumbens* em convivência com *Corymbia citriodora*. **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p.1803-1812, 2011.

PEREIRA, M. R. R.; SOUZA, G. S. F.; SILVA JUNIOR, A. C.; MARTINS, D. M. Desenvolvimento de plantas de pinus em convivência com espécies de plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 59, n. 2, p. 138-143, 2016.

RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S. O problema do controle de plantas espontâneas na restauração florestal. In: RESENDE, A. S.; LELES, P. S. S (Org.). **Controle de plantas espontâneas em áreas florestais**. Brasília: Ed. Embrapa, 2017, p.13 - 27.

ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; DIOGO, F. A.; PASCOTTO, C. B.; BORELLI, K. Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.33, n.73, p. 27–36, 2013.

SANTANA, J. E. S. **Estratégias de controle e convivência de *Urochloa* spp. em restauração florestal**. 73 f. 2019. Dissertação (Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; CURY, J. P.; CARVALHO, F. P.; SILVA, E. B.; FERNANDES, J. S. C.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G. Competitive capacity of cassava with weeds: implications on accumulation of dry matter. **African Journal of Agricultural Research**. v. 8, n. 6, p. 525-531, 2013.

SILVA, M. V. **Uso de biossólido de lodo de esgoto em plantios de espécies da Mata Atlântica**. 2017. 41f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da FZVA**. v. 11, n. 1, p. 10-30, 2004.

Apêndice 1: Lista de espécies agrupadas por família, após início da aplicação de três métodos de controle de plantas herbáceas, em área de formação de povoamento florestal, na Reserva Ecológica de Guapiaçu, em Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro

Família	Espécie
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i> L.
Araliaceae	<i>Hydrocotyle leucocephala</i> Cham. & Schltld.
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.
	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson
	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight
	<i>Erechtites hieracifolius</i> (L.) Raf. ex DC.
	<i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Less.) G. Sancho
	<i>Mikania glomerata</i> Spreng.
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> spp.
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.
Fabaceae	<i>Acacia plumosa</i> Martius ex Colla
	<i>Centrosema molle</i> Mart. ex Benth.
	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.
	<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.
	<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.
	<i>Mimosa pudica</i> L.
Lamiaceae	<i>Hyptis brevipes</i> Poit.
Lygodiaceae	<i>Lygodium volubile</i> Sw.
Lythraceae	<i>Cuphea</i> spp.
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i> L.
	<i>Urena lobata</i> L.
Melastomataceae	<i>Clidemia</i> sp.
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.
Ochnaceae	<i>Sauvagesia erecta</i> L.
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.
Piperaceae	<i>Piper</i> spp.
	<i>Paspalum mandiocanum</i> Trin.
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.)
	<i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) T.Q. Nguyen
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.
Pteridaceae	<i>Adiantum pedatum</i> L.
Rubiaceae	<i>Diodia saponariifolia</i> (Cham. & Schltld.) K.Schum.
Solanaceae	<i>Solanum viarum</i> Dunal
	spp 01
	spp 02