

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

DISSERTAÇÃO

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE E CONVIVÊNCIA DE *Urochloa* spp.
EM RESTAURAÇÃO FLORESTAL

JOÃO ELVES DA SILVA SANTANA

Seropédica - RJ
Fevereiro – 2019



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

**ESTRATÉGIAS DE CONTROLE E CONVIVÊNCIA DE *Urochloa* spp.
EM RESTAURAÇÃO FLORESTAL**

JOÃO ELVES DA SILVA SANTANA

Sob a Orientação do Professor
Paulo Sérgio dos Santos Leles

e Co-orientação do Pesquisador
Alexander Silva de Resende

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 – 2019

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

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

S232e SANTANA, JOÃO ELVES DA SILVA, 1994-
Estratégias de controle e convivência de *Urochloa*
spp. em restauração florestal / JOÃO ELVES DA SILVA
SANTANA. - 2019.
60 f.

Orientador: Paulo Sérgio dos Santos LELES.
Coorientador: Alexander Silva de RESENDE.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Ciências
Ambientais e Florestais, 2019.

1. controle de plantas espontâneas. 2. restauração
florestal. 3. conservação da Mata Atlântica. 4. planta
daninha. I. LELES, Paulo Sérgio dos Santos, 1966-,
orient. II. RESENDE, Alexander Silva de, 1974-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Pós-Graduação em Ciências Ambientais e
Florestais. IV. 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

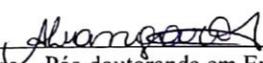
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

JOÃO ELVES DA SILVA SANTANA

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.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14/02/2019


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


Ana Claudia Langare – Pós-doutoranda em Eng. Agrícola e Ambiental -UFRRJ
(Membro)


Haroldo Nogueira de Paiva - Prof. Dr. UFV
(Membro)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minhas avós (*in memoriam*)
Maria das Graças e Nereide Santana

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida, dos meus familiares e amigos.

À todos os meus familiares, em especial a minha mãe Maria Graciene, meu Pai Francisco Juris e meu tio Jerry Carlos pela educação dada a mim e aos meus irmãos.

À todos os amigos de Antonina do Norte-CE, em especial aos professores e funcionários da Escola de Ensino Fundamental e Médio Antônio Mota, que contribuíram para minha formação.

Agradeço a minha namorada Ana Caroline e toda sua família, pelo apoio, companhia e paciência.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por ter me possibilitado cursar Engenharia Florestal e realizar este Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Toda turma 2012-II pelos inúmeros momentos nessa caminhada de RURAL.

Ao meu orientador Paulo Leles e meu co-orientador Alexander Resende, pelo apoio em todo o processo de criação e conclusão do presente trabalho, e principalmente pela amizade e ensinamentos.

À toda equipe da Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA), pela amizade, por ceder a área e mão de obra para realização desse estudo, além do comprometimento com a conservação da Mata Atlântica.

Aos funcionários do Terraço da Embrapa Agrobiologia por ceder o espaço e ajudar conduzir e cuidar trabalhos do capítulo III desta dissertação.

À equipe do Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamento (LAPER), pela companhia, sempre muito divertida, durante os trabalhos.

Aos membros da banca, Ana Claudia e Haroldo Nogueira, por aceitarem em me avaliar neste trabalho, pelas sugestões e ensinamentos.

À Associação Pró-gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), por custar parte desse estudo.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que contribuíram na realização deste estudo,
Muito obrigado.

*Por ser de lá
Do sertão, lá do cerrado
Lá do interior do mato
Da caatinga do roçado
Eu quase não saio
Eu quase não tenho amigos
Eu quase que não consigo
Ficar na cidade sem viver contrariado (...)
(Dominginhos)*

RESUMO GERAL

SANTANA, João Elves da Silva. **Estratégias de controle e convivência de *Urochloa* spp. em restauração florestal**. 2019. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

A presença de plantas espontâneas em povoamentos de restauração florestal pode ocasionar prejuízos, pois reduz a eficiência no aproveitamento dos recursos de crescimento pelas espécies arbóreas, sendo necessárias estratégias de controle. Nesse contexto, o presente trabalho foi dividido em três capítulos, relacionados ao estudo de plantas espontâneas em restauração florestal. O primeiro e o segundo capítulos avaliaram a eficácia e o custo de cinco estratégias de controle de plantas espontâneas na formação de povoamentos com espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica. Foram adotados cinco tratamentos: Mecânico - apenas com coroamento manual e roçadas; Químico - aplicação de herbicida a base de glyphosate em área total; Quím_cultural - aplicação de herbicida, cultivo e manejo de leguminosas herbáceas; Quím_mecânico - aplicação de herbicida na linha de plantio e roçada nas entrelinhas; Papelão - coroamento das mudas com papelão após o plantio, coroamento manual e roçadas. Constatou-se que após 18 meses a aplicação de herbicida em área total apresentou o maior efeito na redução das populações de plantas espontâneas e maior crescimento em altura, diâmetro e área de copa das espécies arbóreas. O controle mecânico foi o que apresentou a maior necessidade de intervenções, devido à rápida rebrota das plantas espontâneas, contribuindo para o menor crescimento das espécies arbóreas nesse tratamento. Nos controles Quím_cultural e Quím_mecânico, as plantas apresentaram crescimento e redução de vegetação herbácea intermediários. Com base nos resultados de baixa durabilidade das embalagens, o tratamento com o papelão não foi eficaz no controle de plantas espontâneas em reflorestamentos na região do estudo. Até os 19 meses após o plantio, as atividades mecânicas foram as que apresentaram maior necessidade e menor rendimento operacional, o que contribuiu para que o tratamento Mecânico apresentasse o maior custo no controle de plantas espontâneas. O controle com aplicação de herbicida em área total foi a estratégia com menor necessidade de insumos e número de intervenções. Além disso, essa operação apresentou o maior rendimento, contribuindo para o menor custo do tratamento Químico. O terceiro capítulo objetivou avaliar a influência da convivência de *Urochloa brizantha* var. Marandu sobre o crescimento e o acúmulo de macronutrientes na parte aérea das espécies arbóreas *Cordia trichotoma*, *Guarea guidonia* e *Peltophorum dubium*. Para isso, as mudas das espécies arbóreas foram transplantadas em vasos de 18 litros e mantidas livres da braquiária durante três meses. Após esse período, foram adotados três tratamentos, que consistiram em: testemunha, duas plantas de braquiária e quatro plantas de braquiária, por vaso. Foram avaliados o crescimento e o acúmulo de nutrientes das três espécies arbóreas. O incremento em diâmetro de *C. trichotoma* e *G. guidonia*, área foliar e massa de matéria seca da parte aérea de *G. guidonia* e acúmulo de potássio e magnésio nas folhas de *C. trichotoma* foram afetados de maneira significativa pela presença de *U. brizantha*, em relação à testemunha. Já para *P. dubium*, mantida por maior período de tempo, constatou-se que *U. brizantha* afetou negativamente o acúmulo de matéria seca e de macronutrientes de *P. dubium*. Plantas livres de convivência, apresentaram maior produção de raízes, galhos, folhas, área foliar, peso médio por folha e teores de nitrogênio e cálcio radicular. Conclui-se que a presença de *Urochloa brizantha* limita o crescimento das espécies arbóreas nativas estudadas.

Palavras-chave: formação povoamentos florestais, controle de braquiária e reflorestamento.

ABSTRACT

SANTANA, João Elves da Silva. **Strategies of control and coexistence of *Urochloa* spp. in forest restoration.** 2019. 60 p. Dissertation (Master Science in Environmental and Forestry Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

The presence of spontaneous plants in forest restoration stands can cause damages, because it reduces the efficiency in the use of the growth resources by the arboreal species, being necessary to have control strategies. In this context, the present work was divided in three chapters, related to the study of spontaneous plants in forest restoration. The first and second chapters evaluated the efficacy and cost of five spontaneous plant control strategies for the formation of stands with native Atlantic Forest tree species. Five treatments were adopted: Mechanical - only with manual crowning and brushing; Chemical - herbicide application based on glyphosate in total area; Chemical_cultural - herbicide application, cultivation and management of herbaceous legumes; Chemical_mechanical - application of herbicide in the planting line and cropping between the lines; Cardboard - crowning of seedlings with cardboard after planting, manual crowning and brushing. It was verified that after 18 months of herbicide application in total area showed the greatest effect on the reduction of spontaneous plant populations and highest growth in height, diameter and crown area of the tree species. The mechanical treatment was the one that presented the greatest need of interventions, due to the rapid regrowth of the spontaneous plants which contributed to the lower growth of the tree species in this treatment. Chemical_cultural treatment and quim_bands plants showed growth and reduction of herbaceous vegetation intermediates. Based on the results of low durability of the packages, the Cardboard treatment was not effective in the control of spontaneous plants in reforestation in the study region. Up to 19 months after planting, the mechanical activities were the ones that presented the greatest need and lower operating income, which contributed to the fact that the mechanical treatment presented the highest cost in the control of spontaneous plants. The control with herbicide application in total area was the strategy with less need of inputs and number of interventions. In addition, this operation presented the highest yield, contributing to the lower cost of the chemical treatment. The third chapter aimed to evaluate the influence of the coexistence of *Urochloa brizantha* var. Marandu on the growth and accumulation of macronutrients in the aerial part of the tree species *Cordia trichotoma*, *Guarea guidonia* and *Peltophorum dubium*. For this, tree species changes were transplanted in 18-liter pots and kept free of the brachiaria for three months. After this period, three treatments consisted of the control, two brachiaria plants and four brachiaria plants per pot. The growth and nutrient accumulation of the three tree species were evaluated. The increase in diameter of *C. trichotoma* and *G. guidonia*, leaf area and dry matter mass of *G. guidonia* aerial part and accumulation of potassium and magnesium in leaves of *C. trichotoma* were significantly affected by the presence of *U. brizantha*, in relation to the control. For *P. dubium*, which was maintained for a longer period, it was verified that *U. brizantha* negatively affected the accumulation of dry matter and macronutrients of *Peltophorum dubium*. Plants free of coexistence, showed higher production of roots, branches, leaves, leaf area, average weight per leaf and nitrogen and root calcium contents. It is concluded that the presence of *Urochloa brizantha* limits the growth of native tree species studied.

Key words: forest stands, brachiaria control and e reforestation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Localização da área experimental, Cachoeiras de Macacu, RJ	07
Figura 2:	Arranjo da distribuição de unidades amostrais de experimento sob cinco estratégias de controle de plantas espontâneas na formação de povoamentos para restauração florestal	09
Figura 3:	Embalagens de papelão sendo preparadas, tratadas (solução de sulfato de cobre) e utilizadas para coroamento de mudas em áreas de reflorestamento, Município de Cachoeiras de Macacu, RJ	10
Figura 4:	Detalhe da metodologia empregada para determinação do grau de cobertura do solo das plantas de feijão-de-porco	12
Figura 5:	Massa de matéria seca de plantas espontâneas antes e 19 meses após o plantio das mudas das espécies arbóreas e redução de infestação, em área de reflorestamento sob estratégias de controle de plantas espontâneas, Município de Cachoeiras de Macacu, RJ	16
Figura 6:	Sobrevivência – eixo da esquerda e crescimento em altura – eixo da direita, em épocas após o plantio, de oito espécies arbóreas, sob estratégias de controle de plantas espontâneas em área de reflorestamento, município de Cachoeiras de Macacu, RJ	18
Figura 7:	Diâmetro a 5 cm do solo – eixo esquerda, aos 12 e 18 meses após o plantio e área de copa – eixo direita, aos 18 meses, de oito espécies arbóreas sob quatro estratégias de controle de plantas espontâneas em área de reflorestamento, município de Cachoeiras de Macacu, RJ. Para cada variável, aos 18 meses, letras diferentes significam que os tratamentos diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. Barras verticais representam o desvio padrão	19
Figura 8:	Plantas de <i>Canavalia ensiformis</i> (A) e de <i>Cajanus cajan</i> (B) em área de reflorestamento, aos 8 e aos 15 meses, respectivamente, após o plantio das espécies arbóreas, município de Cachoeiras de Macacu, RJ	21
Figura 9:	Cobertura do solo pela copa do conjunto de oito espécies arbóreas, segundo dois métodos de avaliação, aos 18 meses após o plantio, sob quatro estratégias de controle de plantas espontâneas, em área de reflorestamento, município de Cachoeiras de Macacu, RJ	22
Figura 10:	Contribuição percentual (%) de itens relativos aos custos de implantação e de manutenção de cinco estratégias de controle de plantas espontâneas para formação de povoamentos para restauração florestal até 19 meses após plantio, município de Cachoeiras de Macacu, RJ	40
Figura 11:	Valores médios de altura da parte aérea de duas espécies arbóreas, em convivência com <i>Urochloa brizantha</i>	50

Figura 12: Crescimento em altura em diferentes idades (A) e acúmulo de massa de matéria seca em diferentes compartimentos (B), de plantas de *Peltophorum dubium* em convivência com *Urochloa brizantha* durante 168 dias, em condições de vaso

54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Número de intervenções e épocas das atividades de manutenção realizadas em experimento envolvendo estratégias de controle de <i>Urochloa</i> spp., até 19 meses após o plantio de mudas de espécies arbóreas no município de Cachoeiras de Macacu, RJ	14
Tabela 2:	Valores médios e desvio padrão de crescimento e cobertura do solo de plantas de <i>Canavalia ensiformis</i> e <i>Cajanus cajan</i> aos sete meses após a semeadura, em área de formação de reflorestamento, Município de Cachoeira de Macacu, RJ	20
Tabela 3:	Acréscimo de descanso do trabalhador e manutenção de maquinários utilizados para cálculo dos custos operacionais das atividades de controle de plantas espontâneas, na formação de povoamento visando restauração florestal, município de Cachoeiras de Macacu, RJ	32
Tabela 4:	Rendimento, custo de insumos e de atividades para implantação de povoamento de restauração florestal, município de Cachoeiras de Macacu, RJ	33
Tabela 5:	Gastos com equipamentos e insumos em cinco estratégias de controle de plantas espontâneas para formação de povoamento de restauração florestal, município Cachoeiras de Macacu, RJ	34
Tabela 6:	Atividades, número de intervenções, datas, rendimentos e custos de cinco estratégias de controle de plantas espontâneas nos primeiros 19 meses de povoamento de restauração florestal, município de Cachoeiras de Macacu, RJ	37
Tabela 7:	Incremento em diâmetro do coleto (ID), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) de duas espécies arbóreas e de <i>Urochloa brizantha</i> (MSPA.B e MSR.B), 84 dias após transplântio da braquiária para os vasos, sob três tratamentos de convivência	52
Tabela 8:	Teor (g kg^{-1}) foliar de nutrientes de duas espécies arbóreas e de <i>Urochloa brizantha</i> na ausência e em convivência com duas densidades da gramínea	53
Tabela 9:	Crescimento de plantas de <i>Peltophorum dubium</i> e <i>Urochloa brizantha</i> em convivência durante 168 dias	55
Tabela 10:	Teor (%) e estoque (mg) de nutrientes de plantas de <i>Peltophorum dubium</i> , em duas partes da planta, em convivência com <i>Urochloa brizantha</i> durante 168 dias. TEOR – teor de nutrientes; EST – estoque de nutrientes	56
Tabela 11:	Teor (g kg^{-1}) e estoque (mg) de nutrientes de plantas de <i>Urochloa brizantha</i> , em duas partes da planta, em convivência com <i>Peltophorum dubium</i> durante 168 dias	56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIAS	2
CAPÍTULO I: ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE GRAMÍNEAS NA FORMAÇÃO DE POVOAMENTO PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL	3
RESUMO	4
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
2.1. Caracterização da região e da área experimental	7
2.2. Caracterização do experimento	8
2.3. Avaliações	11
2.3.1. Crescimento das espécies arbóreas	11
2.3.2. Redução da infestação	11
2.3.3. Crescimento de espécies leguminosas herbáceas	12
2.3.4 Avaliação da massa remanescente do papelão	12
2.3.4. Análises estatísticas	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4. CONCLUSÕES	23
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
CAPÍTULO II: RENDIMENTOS OPERACIONAIS E CUSTOS DE CINCO ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE PLANTAS ESPONTÂNEAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL	27
RESUMO	28
1. INTRODUÇÃO.....	30
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
2.1. Descrição da área experimental e do experimento	30
2.2. Coleta e análise dos dados.....	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4. CONCLUSÕES	41
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
CAPÍTULO III: CRESCIMENTO E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM CONVIVÊNCIA COM <i>Urochloa brizantha</i> ...	44
RESUMO	45
1. INTRODUÇÃO.....	47
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	48
2.1. Caracterização do experimento	48
2.2. Avaliações	49

2.3. Análises estatísticas	49
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
3.1. Crescimento e acúmulo de nutrientes de <i>C. trichotoma</i> e <i>G. guidonia</i>	50
3.2. Crescimento e acúmulo de nutrientes de <i>Peltophorum dubium</i>	53
4. CONCLUSÕES	57
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS	60

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Mata Atlântica apresenta rica diversidade de espécies arbóreas capazes de promoverem diversos usos, tanto madeireiros como não-madeireiros. Durante anos a exploração de muitas dessas espécies foi conduzida de maneira insustentável, o que resultou na diminuição das populações de plantas e de muitas áreas de vegetação nativa.

Diante desse cenário, muitas funções ecossistêmicas oferecidas pelos ambientes naturais foram comprometidas. Esses locais, além de assegurarem a sobrevivência de espécies da fauna e flora, são fontes de diversos produtos alimentícios e medicinais (KARJALAINEN et al., 2010), atuam no armazenamento de parte do carbono produzido por atividades humanas, na produção de oxigênio, na regulação do ciclo hidrológico e na minimização dos efeitos das mudanças climáticas (PAWAR & ROTHKAR, 2015).

Esse histórico de degradação do bioma e redução da oferta de serviços ecossistêmicos tem motivado a adoção de políticas públicas de incentivo à restauração de ecossistemas florestais. Entre as técnicas disponíveis, a restauração, por meio da formação de povoamentos com espécies arbóreas nativas, tem sido um dos mais empregados (MAGNAGO et al., 2015).

A formação desses povoamentos, apresenta algumas dificuldades que podem aumentar os custos do projeto, como o crescimento relativamente lento das espécies arbóreas nativas e a ocorrência de plantas indesejadas nas áreas de formação (KLIPPEL et al., 2015), dentre outros. Entre esses fatores que afetam os custos dos povoamentos de restauração florestal, o manejo de plantas espontâneas parece ser preponderante (RESENDE & LELES, 2017).

Muitas áreas, onde será realizado o plantio, apresentam histórico de pastagens, com predominância de gramíneas, como as do gênero *Urochloa*, conhecidas como braquiárias. Essas espécies, quando comparadas as espécies arbóreas, apresentam maior eficiência no uso de água, alto desempenho fotossintético, mesmo em condições de altas temperaturas e luminosidade (PEREIRA et al., 2014). Possuem também, elevada capacidade de extrair nutrientes do solo (MEDEIROS et al., 2016), o que lhes conferem maior potencial competitivo.

Dependendo da condição de infestação e das técnicas silviculturais empregadas na implantação e manutenção, os custos com controle de plantas espontâneas podem representar até 60% dos gastos do projeto de restauração florestal (LELES et al., 2015), devido à necessidade constante de intervenções para controle dessas plantas. Tais fatos ressaltam a necessidade de estudos sobre métodos de controle adequados, como o emprego de técnicas mecânicas, químicas e culturais, visando minimizar a competição de plantas espontâneas, e reduzir os custos de manutenção do projeto.

Para otimizar as estratégias de controle, é importante entender como as espécies arbóreas se comportam na presença de espécies espontâneas. Contudo, as informações de como as espécies arbóreas da Mata Atlântica respondem à competição com plantas espontâneas ainda são incipientes. Estes estudos são importantes para gerar informações que permitam realizar o controle de plantas espontâneas de maneira mais eficiente, com práticas de controle adequadas e empregadas no momento apropriado para cada situação (SWANTON et al., 2015), inclusive com identificação de espécies arbóreas nativas com maior potencial de competição com as espécies do gênero *Urochloa*.

Nesse contexto, o presente trabalho foi dividido em três capítulos, todos relacionados ao estudo de plantas espontâneas em restauração florestal. Os dois primeiros tiveram como objetivo avaliar a eficácia e o custo de cinco estratégias de controle de *Urochloa* spp. na formação de povoamentos de restauração florestal na Mata Atlântica, quanto ao crescimento das espécies arbóreas, redução da infestação de plantas

espontâneas e os custos de manutenção. O terceiro capítulo objetivou avaliar o crescimento e concentração de nutrientes de três espécies arbóreas nativas na presença de *Urochloa brizantha* var. Marandu.

2. REFERÊNCIAS

KARJALAINEN, E.; SARJALA, T.; RAITIO, H. Promoting human health through forests: overview and major challenges. **Environmental Health and Preventive Medicine**, v.15, n.1, p.1–8, 2010.

KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; SILVA, G. F.; CALDEIRA, M. V. W.; PIMENTA, L. R.; TOLEDO, J.V. Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata de Tabuleiros-ES. **Revista Árvore**, v.39, n.1, p.69-79, 2015.

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, p.101-153, 2015.

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 espontâneas. **Ciência Florestal**, v.26, n.1, p.147-157, 2016.

KARJALAINEN, E.; SARJALA, T.; RAITIO, H. Promoting human health through forests: overview and major challenges. **Environmental Health and Preventive Medicine**, v.15, n.1, p.1–8, 2010.

PAWAR, K. V.; ROTHKAR, R. V. Forest Conservation & Environmental Awareness. **Procedia Earth and Planetary Science**, v.11, p.212-215, 2015.

PEREIRA, F. C. M.; BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; ALVES, P. L. C. A. Inter-ferência de plantas infestante: conceitos e exemplos na cultura do eucalipto. **Journal of Agro-nomic Sciences**, v.3, p.236-255, 2014.

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 restauração florestal**. Brasília: Ed. Embrapa, 2017, p.13-27.

SWANTON, C. J.; NKOA, R.; BLACKSHAW, R. E. experimental methods for crop-weed competition studies. **Weed Science**, v.63, n.1, p.2–11, 2015.

CAPÍTULO I

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE GRAMÍNEAS NA FORMAÇÃO DE POVOAMENTO PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL

RESUMO

A presença de espécies de gramíneas é uma das principais limitações ao sucesso na formação de povoamentos para restauração da Mata Atlântica. Objetivou-se avaliar a eficácia de cinco estratégias de controle de plantas espontâneas na formação de povoamentos com espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica. Foram empregados cinco tratamentos: Controle Mecânico - com coroamento manual e roçadas; controle Químico - aplicação de herbicida a base de glyphosate em área total; controle Quím_cultural - aplicação de herbicida, cultivo e manejo de leguminosas herbáceas; controle Quím_mecânico - aplicação de herbicida na linha de plantio (faixas de 1,4 m) e roçada nas entrelinhas; controle físico (Papelão) - coroamento das mudas com papelão após o plantio, coroamento e roçadas. Foi avaliado o efeito dos tratamentos na redução da infestação por plantas espontâneas após 19 meses, na sobrevivência e crescimento em altura aos 6, 9, 12, 15 e 18 meses, diâmetro, área de copa e cobertura do solo aos 18 meses após o plantio, de oito espécies arbóreas. Com aplicação de herbicida em área total houve maior redução das populações de plantas espontâneas e maior crescimento em altura, diâmetro e área de copa das espécies arbóreas. Ao fazer o controle mecânico das plantas espontâneas houve maior necessidade de intervenções, devido a sua rápida rebrota, o que contribuiu para o menor crescimento das espécies arbóreas ao aplicar este tratamento. Com a aplicação dos tratamentos Quím_cultural e Quím_mecânico as plantas apresentaram crescimento e redução de vegetação herbácea intermediários. Com a baixa durabilidade das embalagens, o tratamento Papelão não foi eficaz no controle de plantas espontâneas em reflorestamentos na região do estudo.

Palavras-chave: controle de plantas espontâneas, controle mecânico e controle químico.

ABSTRACT

The presence of grass species is one of the main limitations to success in the formation of stands for Atlantic Forest restorations. The objective of this study was to evaluate the efficacy of five strategies of control of spontaneous plants in the formation of stands with native tree species of the Atlantic Forest. Five treatments were used: Mechanical - with manual crowning and brushing; Chemical - herbicide application based on glyphosate in total area; Chemical_cultural - herbicide application, cultivation and management of herbaceous legumes; Chemical_mechanical - application of herbicide in the planting line (1.4 m bands) and cropping between the lines; Cardboard - crowning of seedlings with cardboard after planting, crowning and brushing. The effect of treatments on the reduction of spontaneous plants infestation after 19 months, on survival and growth in height at 6, 9, 12, 15 and 18 months, diameter, crown area and soil cover at 18 months after planting were evaluated, of eight tree species. With application of herbicide in total area there was a greater reduction of spontaneous plants population and greater growth in height, diameter and crown area of the tree species. In the mechanical control of spontaneous plants there was a greater need for interventions due to the rapid regrowth of the spontaneous plants, which contributed to the lower growth of the tree species when applying this treatment. With the application of the treatments Chemical_cultural and Chemical_mechanical the plants presented growth and reduction of herbaceous vegetation intermediates. With the low durability of the packages, Cardboard treatment was not effective in the control of spontaneous plants in reforestation in the study region.

Key words: spontaneous plants control, mechanical control and chemical control.

1. INTRODUÇÃO

Em várias partes do mundo, as áreas naturais foram reduzidas para atender diversas atividades humanas. Somente durante o período de 1990 a 2015, segundo [Morales-Hidalgo et al. \(2015\)](#), as áreas de florestas primárias diminuíram em 2,5% globalmente e em 10% nos trópicos. Nesse contexto, a Mata Atlântica brasileira se insere como uma paisagem amplamente desmatada, com remanescentes florestais, em sua maioria, dominado por pequenos fragmentos ([HADDAD et al., 2015](#)).

Reconhecida a importância de recuperar essas áreas, muitos países têm buscado medidas que assegurem a recuperação e manutenção das áreas naturais. Para alcançar esse objetivo, a restauração florestal surge como uma das principais estratégias. Como destaca [Martin \(2017\)](#), a restauração é um processo que visa auxiliar a recuperação de um ecossistema degradado, danificado ou destruído, para garantir a sobrevivência de organismos e para fornecer bens e serviços humanos.

Comumente, a restauração florestal tem sido conduzida a partir da formação de povoamentos com plantio de mudas de espécies arbóreas nativas, entre outras questões, isso ocorre por ser possível alcançar mais rapidamente uma maior porcentagem de cobertura do dossel, menor porcentagem de cobertura de gramíneas e maior densidade de espécies nativas ([BRANCALION et al., 2016](#)). Contudo, esse método apresenta custos relativamente elevados, em relação a outros ([TRETIN et al., 2018](#)), por exigir várias atividades na implantação e na manutenção do povoamento florestal.

Alguns fatores locais podem contribuir para aumentar a necessidade de intervenções na condução de povoamentos de restauração florestal. No sudeste brasileiro se destaca a competição com espécies de gramíneas, tendo em vista que muitas áreas destinadas a restauração florestal apresentam histórico de pastagens com a presença dessas plantas, principalmente as espécies do gênero *Urochloa* ([RESENDE & LELES, 2017](#)), as chamadas braquiárias. Essas espécies são altamente 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](#)). Com isso, essas plantas podem prejudicar o sucesso da restauração florestal ([SILVA et al., 2018a](#)) tornando-se um importante grupo de “plantas espontâneas” ou daninhas, caso não sejam empregadas técnicas de controle eficazes.

Geralmente, o controle de plantas espontâneas na restauração florestal é feito com emprego de técnicas mecânicas, como roçadas e coroamentos. No entanto, como destacam [Vasic et al. \(2009\)](#) em área com espécies espontâneas com alto poder de regeneração, como ocorre com as braquiárias, o método mecânico tende a não ser eficaz, além de apresentar alto custo operacional e exigir muita mão de obra em uma atividade fisicamente exaustiva ([GONÇALVES et al., 2018](#); [SANTOS et al., 2018](#)). Desta forma, é importante buscar alternativas para o controle de espécies espontâneas na formação dos povoamentos, visando a restauração da mata atlântica.

Vários métodos de controle de plantas espontâneas, e a combinação destes, possuem potencial para serem empregados na restauração florestal. Uma possibilidade é a substituição do coroamento manual, pelo coroamento com papelão. Segundo [Silva et al. \(2018b\)](#) a técnica de colocação de embalagens de papelão ao redor das mudas pode favorecer o controle, por inibir a germinação de sementes de plantas espontâneas ou suprimir as plantas já pré-existentes. Com isso, as demais intervenções podem ser feitas apenas com roçadas nas entrelinhas de plantio.

Uma alternativa que tem tido destaque em áreas florestais é o controle químico, com emprego de herbicidas. Ao contrário do método mecânico, o uso de herbicida a base

de glyphosate causa a morte das plantas espontâneas, sendo mais eficaz no controle e promovendo maior crescimento das plantas arbóreas (SANTOS et al., 2018).

Outra estratégia é o emprego do controle cultural, com cultivo de leguminosas herbáceas nas entrelinhas de plantio. Como destacam Leles et al. (2017) as espécies de leguminosas apresentam vantagens competitivas em relação às plantas infestantes locais, reduzindo sua população, ajudando a recuperação dos solos e beneficiando, em última instância, as plantas das espécies florestais.

O objetivo do trabalho foi avaliar a eficácia de cinco estratégias de controle de plantas espontâneas no crescimento de oito espécies arbóreas e na redução de plantas espontâneas, para a formação de povoamentos visando a restauração da Mata Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da região e da área experimental

O experimento foi conduzido em área pertencente a Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA), município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro ($22^{\circ}27'32,26''S$, $43^{\circ}45'53,72''O$) (Figura 1). A área apresenta relevo plano a suave ondulado (5 a 15°) e altitude média de 35 m.

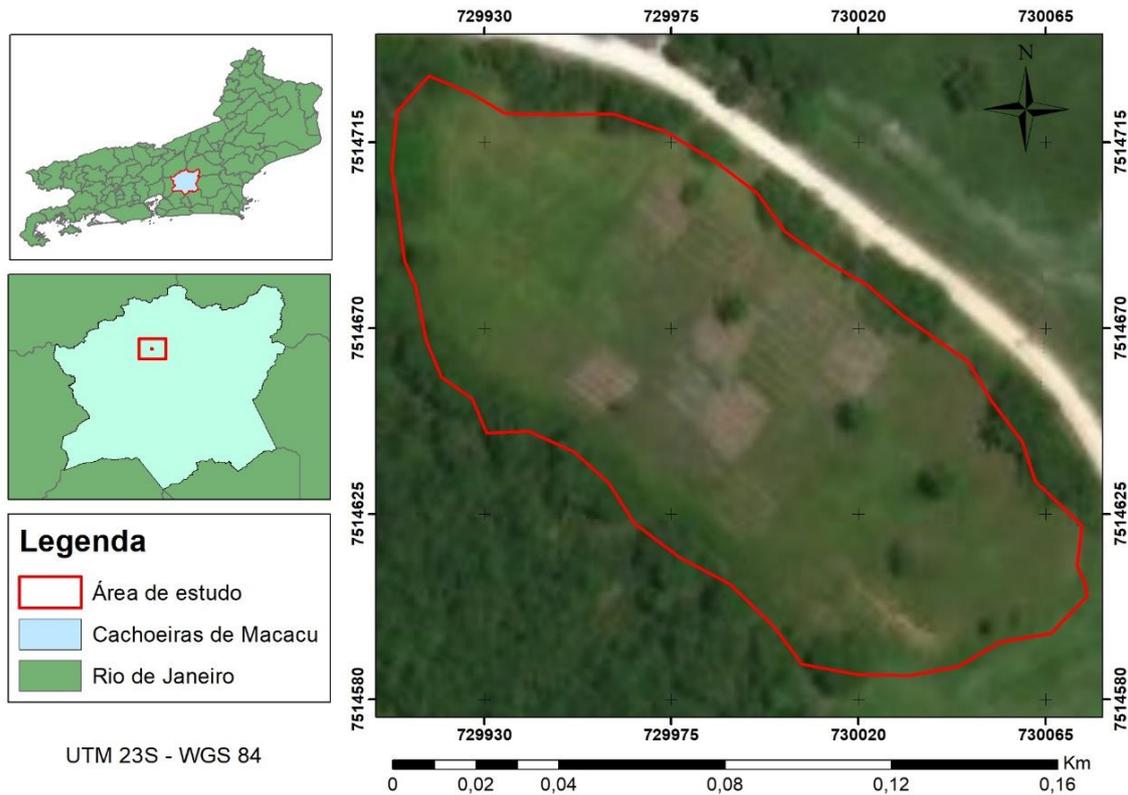


Figura 1: Localização da área experimental, Cachoeiras de Macacu, RJ.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Af, ou seja, tropical com verão chuvoso e inverno seco, sem apresentar estação marcadamente seca. Segundo Azevedo et al. (2018), a precipitação média anual na região é de 2.050 mm e a média mensal varia de $337,8$ mm (fevereiro) a $59,3$ mm (julho). 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).

O local originalmente era ocupado por pastagem para pecuária de corte. A partir do levantamento fitossociológico, realizado um mês antes da implantação do estudo, constatou-se que mais de 95% da massa de matéria seca de plantas espontâneas, por m², eram de espécies de braquiária (*Urochloa* sp.), principalmente *U. brizantha* cv. Marandu e *U. mutica* (Forssk.) T. Q. Nguyen. Um mês antes de iniciar o estudo, o gado foi retirado e a área foi cercada.

O solo da área foi classificado como 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 cmol_c dm⁻³ e com teor de matéria orgânica de 3,7 dag kg⁻¹.

2.2. Caracterização do experimento

O experimento foi formado por cinco tratamentos, que são estratégias de controle de braquiária para formação de povoamentos visando restauração florestal, sendo estes: T1 (Mecânico) – apenas coroamento manual das mudas, em raio de 30 cm e roçada nas entrelinhas, sempre que o capim braquiária atingiu altura superior a 35 cm; T2 (Químico) - aplicação de herbicida à base de glyphosate (Roundup NA), na dose de 1,44 kg ha⁻¹ e.a.) (formulação de sal de isopropilamina de glyphosate 480 g L⁻¹ e 360 g L⁻¹ de equivalente ácido) antes do plantio das mudas arbóreas e sempre que o capim braquiária atingiu altura superior a 35 cm, e uma capina de moitas de braquiária; T3 (Quím_cultural) - aplicação de herbicida à base de glyphosate, em área total, antes do plantio das mudas arbóreas, cultivo de espécies leguminosas herbáceas, que se associam com bactérias fixadoras de nitrogênio, nas entrelinhas de plantio e manejo (com capina, roçada e podas); T4 (Quím_mecânico) - aplicação de herbicida à base de glyphosate na linha de plantio (1,4 m de largura) e roçada nas entrelinhas, sempre que a braquiária atingiu 35 cm de parte aérea; T5 (Papelão) - coroamento das mudas com colocação do papelão após o plantio, em raio de 30 cm, e roçada nas entrelinhas, sempre que o capim braquiária atingiu altura superior a 35 cm.

Foi adotado o delineamento em blocos casualizados, com quatro blocos e cinco tratamentos, totalizando 20 unidades amostrais, conforme esquema da Figura 2. Cada unidade amostral foi formada por aproximadamente 214 m² e nestas foram plantadas cinco mudas de oito espécies arbóreas: *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* (Springer.) Taub. (Farinha-seca), *Piptadenia paniculata* Benth. (unha-de-gato) e *Sparattosperma leucanthum* (Vell.) K. Schum. (ipê-cinco-folhas), totalizando 40 plantas por unidade amostral. As mudas foram produzidas no viveiro florestal da REGUA, em sacos plásticos de 9 cm x 20 cm (diâmetro x altura).

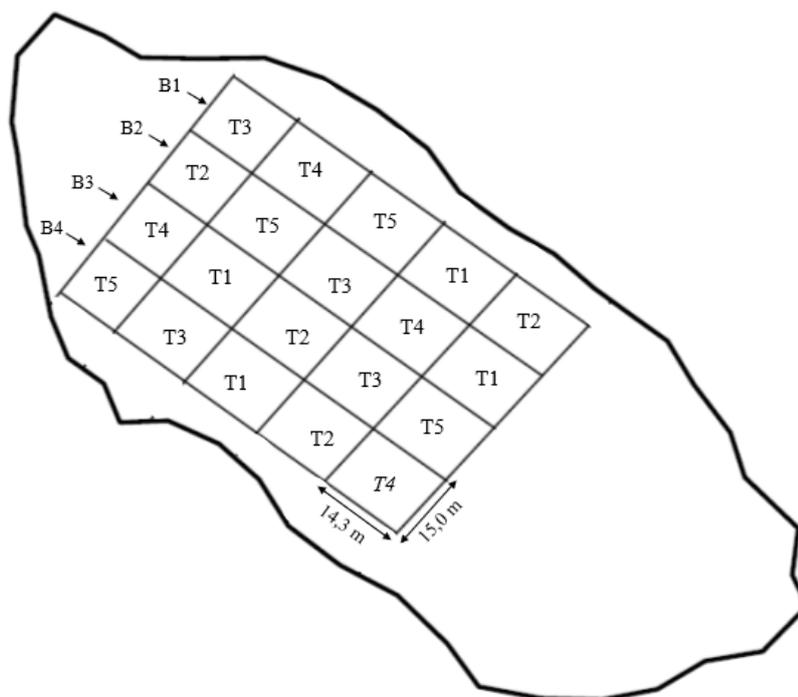


Figura 2: Arranjo da distribuição de unidades amostrais de experimento sob cinco estratégias de controle de plantas espontâneas na formação de povoamentos para restauração florestal. B - blocos; T - tratamentos.

Quinze dias antes do plantio, foi realizada aplicação de herbicida em área total, na dose de 4 L ha^{-1} de solução, nas unidades amostrais dos tratamentos Químico e Quim_Cultural e nas faixas de plantio do tratamento Quím_mecânico.

No tratamento com papelão foram usados papelões tipo Kraft, em forma hexagonal, com diâmetro de 56 cm, com duas camadas e com espessura de 0,5 cm. Para o preparo do papelão, realizou-se um furo no centro de cada unidade, com auxílio de um cano de alumínio de 1" e martelo, e um corte do centro até a extremidade (dimensão do raio da embalagem). Com o objetivo de aumentar a vida útil no campo, os papelões foram tratados com solução de sulfato de cobre (SILVA et al., 2018b), que foi aplicada com pulverizador costal nos dois lados do papelão, até o umedecimento total da embalagem. Em seguida, estas foram deixadas secando à sombra por 2 dias.

Adotou-se o espaçamento entre as mudas de $3,0 \text{ m} \times 1,7 \text{ m}$. No dia do plantio, as unidades amostrais dos tratamentos Mecânico e Papelão foram coroadas com enxada, em diâmetro de 60 cm. Foram abertas covas de plantio, manualmente, com dimensões de $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ (comprimento x largura x profundidade) e estas foram adubadas com 150 gramas de fertilizante organomineral N-P-K (03-13-06). Segundo especificações do rótulo, este adubo apresenta CTC de $80 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$, carbono orgânico com 8%, 4% de Ca, 4% de S e formado por matéria orgânica, sulfato de amônio, cloreto de potássio, fosfato monoamônico, superfosfato simples e triplo e turfa. O plantio foi realizado nos dias 25 e 26 de maio de 2017. As mudas foram distribuídas e plantadas, mantendo o mesmo arranjo de plantio em todas as unidades amostrais.

O replantio foi realizado aos 30 dias após o plantio, utilizando indivíduos da mesma espécie. Durante o estudo, foi necessário o controle das formigas cortadeiras apenas em três ocasiões e em uma unidade amostral.

Nas unidades amostrais do tratamento Papelão, logo após o plantio, as embalagens foram fixadas no local do coroamento realizado com enxada, usando quatro espetos de bambu de 12 cm de altura, equidistantes, ao longo da borda dos mesmos. A Figura 3 apresenta detalhes do tratamento e colocação do papelão.

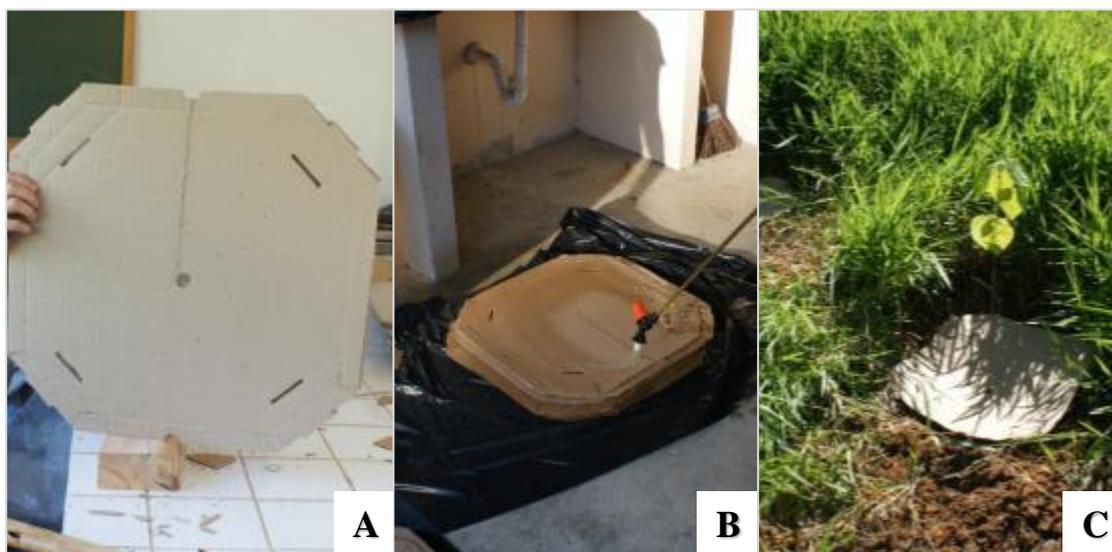


Figura 3: Embalagens de papelão sendo preparadas, tratadas (solução de sulfato de cobre) e utilizadas para coroamento de mudas em áreas de reflorestamento, Município de Cachoeiras de Macacu, RJ.

Um mês após o plantio, nas unidades amostrais dos tratamentos Quím_mecânico, Mecânico e Papelão foi realizada a primeira roçada. Novas roçadas foram realizadas sempre que o capim braquiária atingiu altura de 35 cm. As operações de roçada foram realizadas com roçadeira lateral à gasolina.

As aplicações de herbicida foram realizadas com pulverizador costal com capacidade de 20 litros, com ponta de pulverização SF-110-015 e operando à pressão de 200 kPa. A dose foi recomendada com base nas informações presentes na bula para as espécies de braquiárias presentes na área. Todas as aplicações foram realizadas por aplicador previamente treinado, entre 8 e 10 horas, em dias sem previsão de chuvas, com umidade relativa do ar em torno de 80% e velocidade do vento inferior a 10 km h⁻¹, para garantir que as aplicações fossem realizadas de maneira adequada (uniformidade de aplicação, evitar deriva da calda de herbicida, etc).

Nas unidades do tratamento Quím_cultural, após a decomposição total da palhada de capim braquiária (cinco meses após aplicação de herbicida), foi realizada a semeadura de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (feijão-de-porco) e *Cajanus cajan* (L) Hunth (feijão-guandu). Para isso, entre as linhas de plantio das espécies arbóreas (a 1,5 m da linha de plantio) foi aberto um 'sulco', onde foram semeadas em torno de 12 sementes de feijão-guandu por metro linear, totalizando cinco linhas semeadas por parcela. Para semeadura do feijão-de-porco foram abertas covas de plantio, espaçadas de 0,4 m x 0,4 m, em que foram semeadas três sementes por cova, totalizando 16 linhas em cada unidade amostral. As demais atividades de controle de plantas espontâneas foram realizadas de acordo com a necessidade de cada tratamento. Nas unidades deste tratamento, também foi realizada uma capina da braquiária um mês após a semeadura das leguminosas, podas de leguminosas aos três e aos dez meses após a semeadura e no final do ciclo do feijão-de-porco (seis meses após a sua semeadura), foi realizada roçada das plantas de feijão-de-porco e as plantas espontâneas da área.

2.3. Avaliações

2.3.1. Crescimento das espécies arbóreas

Foram realizadas avaliações de sobrevivência e crescimento em altura das oito espécies arbóreas aos 6, 9, 12, 15 e 18 meses após o plantio. A altura foi mensurada com régua graduada. Aos 12 e 18 meses foi medido também o diâmetro à 5 cm do solo (DNS), com auxílio de paquímetro digital. Além disso, aos 18 meses foi medido os comprimentos de copa longitudinal (D_1) e transversal à linha de plantio (D_2), com auxílio de trenas. Com os dados de comprimento de copa, foi determinada a área de copa de cada indivíduo (AC_i) e a cobertura do solo pela projeção perpendicular da copa das espécies arbóreas.

Para o cálculo da cobertura do solo foram empregados os métodos de "grau de cobertura (GC)", que consiste na relação entre a área de copa dos indivíduos arbóreas e a área total da unidade experimental (MÜELLER-DOMBOIS & ELLEMBERG, 1974) e o método de "intercessão de linhas (IL)" que relaciona o comprimento das copas das plantas arbóreas com o comprimento da linha de plantio (MELO et al., 2007), conforme utilizado por Santos (2016). A seguir são apresentadas as equações utilizadas:

$$\text{- Área de copa: } AC_i = \frac{\pi * D_1 * D_2}{4}$$

$$\text{- Grau de cobertura: } GC = \left(\frac{\sum AC_i}{S} \right) * 100$$

$$\text{- Intercessão de linhas: } IL = \left(\frac{\sum D_1}{C} \right)$$

Em que: AC_i = área de copa de cada indivíduo arbóreo (m^2); D_1 e D_2 = comprimentos de copa longitudinal e transversal à linha de plantio (m); S = área da unidade amostral (m^2); C = comprimento da linha de plantio (m).

2.3.2. Redução da infestação

Para avaliação do efeito dos tratamentos na redução das populações de espécies espontâneas, foi determinada a massa de matéria seca dessas plantas antes da implantação do experimento e aos 19 meses após o plantio das mudas arbóreas. Para isto, em cada ocasião, foram alocados aleatoriamente, gabarito de 1 m x 1 m em dois locais de cada unidade amostral e toda a parte aérea das plantas espontâneas foi cortada rente ao solo e coletada.

Após a coleta, o material foi triado em laboratório para retirada de restos de vegetação morta e outros materiais e colocados em sacos de papel e levados para estufa de circulação de ar, para secar a $65^\circ C$, durante 72 horas, obtendo-se a massa de matéria seca. A redução de infestação em cada tratamento foi calculado pela fórmula:

$$RI = \frac{(M_0 - M_{19})}{M_0} * 100$$

Em que: RI = redução da infestação (%); M_0 = massa de matéria seca de plantas espontâneas por m^2 antes do plantio das mudas de espécies arbóreas; M_{19} = massa de matéria seca de plantas espontâneas por m^2 , 19 meses após o plantio.

2.3.3. Crescimento de espécies leguminosas herbáceas

Aos 12 meses após o plantio das espécies arbóreas, período em que ocorreu a floração do feijão-guandu e frutificação do feijão-de-porco, foi mensurado o crescimento e cobertura do solo de ambas as espécies leguminosas.

Para o cálculo do número médio de plantas de feijão-guandu por metro linear, foram tomadas duas linhas de semeadura por unidade amostral. Nessas linhas foi esticada uma trena e contado o número de plantas da espécie leguminosa. Em cada uma dessas linhas foram tomadas, aleatoriamente, duas plantas para medição da altura, sendo estas, em seguida, coletadas para determinação da massa de matéria seca por planta. Também foi mensurado o grau de cobertura do solo, multiplicando o comprimento longitudinal e transversal à linha de plantio do feijão-guandu.

Para determinação da cobertura do solo pelas plantas de feijão-de-porco, foi empregado o método do número de interseções (ALVARENGA, 1993), que consiste na colocação de um quadrado de madeira com 1 m de lado e uma rede de barbantes espaçados regularmente sobre a área em que determinará a cobertura (Figura 4), adotando duas repetições por unidade amostral. A interseção entre os dois barbantes perpendiculares define um ponto e representa uma área, conforme o espaçamento adotado. Conta-se, então, o número de interseções que estão sobre a vegetação. O somatório desses pontos, que significa o somatório das áreas que esses pontos representam, em relação à área total dos pontos do conjunto, fornece a porcentagem de cobertura do solo.



Figura 4: Detalhe da metodologia empregada para determinação do grau de cobertura do solo pelas plantas de feijão-de-porco.

Posteriormente, as plantas de feijão-de-porco dentro do quadrado foram contadas, obtendo-se o número de plantas por m^2 e cortadas rente ao solo. Por fim, o material foi colocado em sacos de papel e levado para estufa de circulação de ar, para secar a $65^\circ C$, durante 72 horas, obtendo-se a massa de matéria seca por m^2 .

2.3.4. Avaliação da massa remanescente do papelão

Nove meses após plantio das mudas das espécies arbóreas, observou-se, visualmente, que os papelões estavam em estágio relativamente avançado de

decomposição. Assim, o tratamento foi encerrado e determinou-se a massa remanescente do papelão. Para isso, realizou-se a coleta de três embalagens por unidade amostral, as quais foram levadas ao laboratório, limpas, para retirada de solo e material vegetal, e colocados em estufa a 65°C, durante 72 horas, juntamente com embalagens que não foram para o campo. Em seguida, os materiais foram pesados em balança analítica e a porcentagem de massa remanescente foi determinada pela equação:

$$MR = \left(\frac{MF}{MI} \right) * 100$$

Em que: MR = porcentagem de massa remanescente das embalagens de papelão (%); MF = massa (g) do papelão após nove meses no campo e MI = massa de embalagens que não foram ao campo (g).

2.3.4. Análises estatísticas

Para atender às pressuposições da análise de variância, as variâncias dos dados de crescimento em altura, diâmetro e área de copa das espécies arbóreas aos 18 meses e cobertura do solo de cada tratamento, além da massa de matéria seca das plantas espontâneas após 19 meses, foram submetidas ao teste de homogeneidade de variâncias de Bartlett e os resíduos tiveram sua normalidade testadas pelo teste de Shapiro-wilk.

Quando os pressupostos não foram atendidos, empregou-se a metodologia Box-Cox (BOX & COX, 1964), para que os dados pudessem apresentar uma distribuição aproximadamente normal. Posteriormente, realizou-se a análise de variância e em caso de significância ($p \geq 0,05$) aplicou-se teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa seca remanescente do papelão aos nove meses após o plantio das mudas de espécies arbóreas, demonstraram redução de 77%. Como a presença de plantas espontâneas nos povoamentos florestais tende a durar por período superior a dois anos (RESENDE & LELES, 2017), principalmente as formadas por braquiária (SANTOS et al., 2018), conclui-se que o papelão teve pouca eficiência.

Tendo em vista que este papelão foi previamente tratado com solução de CuSO_4 , acredita-se que sua rápida decomposição esteve principalmente associada às condições climáticas da região, principalmente precipitação elevada. Segundo dados das estações meteorológicas automáticas Nova Friburgo-Salinas e Silva Jardim, mais próximas da área experimental, durante os meses de novembro de 2017 a fevereiro de 2018, período em que ocorreu a maior precipitação na região, o acúmulo foi de 820 mm, com média mensal de 205 mm.

Silva et al. (2018b) avaliaram diferentes tratamentos químicos contra degradação de papelão. O estudo foi realizado no município de Seropédica - RJ, que apresenta precipitação média anual de 1.354 mm. Nessa condição, os autores observaram que após um ano no campo o tratamento com solução de CuSO_4 promoveu maior integridade física das embalagens, com apenas 25% de perda de massa. Esses resultados reforçam a tese de que a rápida degradação do papelão, observada nesse estudo, ocorreu devido às condições climáticas na região do experimento. Com isso, optou-se por encerrar a avaliação relativa ao controle com papelão, aos nove meses após o plantio. A seguir são apresentadas apenas o número e épocas das intervenções realizadas ao aplicar este tratamento.

Considerando todas as atividades realizadas até os 19 meses após o plantio, o tratamento mecânico foi o que apresentou a maior necessidade de controle, com total de 13 intervenções, seguido do tratamento Quím_mecânico (10), Quím_cultural (8), Químico (6) e Papelão (6) (Tabela 1).

Tabela 1: Número de intervenções e épocas de atividades de manutenção realizadas em experimento envolvendo estratégias de controle de *Urochloa* spp., até 19 meses após o plantio de mudas de espécies arbóreas, município de Cachoeiras de Macacu, RJ

Tratamento	Atividade	Nº de intervenções	Épocas (mês/ano)
T1 Mecânico	Coroamento *	5	Mai e set / 2017; fev, jul e dez / 2018.
	Roçada em área total **	8	Jun, set e nov / 2017; fev, abr, jul, out e dez / 2018.
T2 Químico	Aplicação de herbicida em área total ***	4	Abr e nov / 2017; fev e ago / 2018.
	Aplicação de herbicida localizada	1	Ago / 2017.
	Capina de moitas de braquiária*	1	Out / 2017.
T3 Quím_cultural	Aplicação de herbicida em área total	2	Abr / 2017 e ago / 2018.
	Aplicação de herbicida localizada	1	Ago / 2017.
	Semeadura de leguminosas herbáceas	1	Out / 2017.
	Capina da braquiária *	1	Nov / 2017.
	Roçada em área total	1	Abr / 2018.
	Podas de leguminosas	2	Jan e ago / 2018.
T4 Quím_mecânico	Aplicação de herbicida em faixas ***	4	Abr / 2017; jan, jul e dez / 2018.
	Roçada nas entrelinhas **	5	Ago e dez / 2017; fev, jul e dez / 2018.
	Capina de moitas de braquiária	1	Out / 2017.
T5 Papelão #	Coroamento	1	Mai / 2017.
	Colocação do papelão	1	Mai / 2017.
	Roçada em área total	4	Jun, set e nov / 2017; fev / 2018.

* com enxada em diâmetro de 60 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. # - para o tratamento 5 são apresentados os dados até nove meses após o plantio.

A roçada foi a operação mais constante durante o estudo. No tratamento Mecânico, em média, foram necessárias roçadas a cada 2,57 meses, enquanto no tratamento Quím_mecânico essa operação foi realizada a cada 3,81 meses. Mesmo sendo

encerrado aos nove meses após o plantio, no tratamento com emprego do Papelão foram feitas roçadas, em média, a cada 1,8 meses. Ressalta-se que, essa diferença entre a necessidade média de intervenções nos tratamentos 1 e 5, deveu-se ao curto período que o papelão ficou no campo, sendo realizadas cinco roçadas em nove meses, enquanto que no Mecânico foram oito roçadas em 19 meses.

É esperado maior necessidade de intervenções, quando o controle de plantas espontâneas é feito mecanicamente, em relação ao controle químico (SANTOS et al., 2018). Como destacam Vasic et al. (2009), o método mecânico tende a ser pouco eficaz em área com espécies com alto poder de regeneração, como as áreas com predominância de braquiária, conforme observado neste estudo. Isso pode ocorrer principalmente em áreas de Mata Atlântica com espécies de gramíneas, pois são plantas altamente adaptadas às condições de alta luminosidade e temperatura encontradas nos trópicos (ZHONG et al., 2018), além de que, muitas espécies do gênero *Urochloa* spp. foram melhoradas para apresentarem crescimento vigoroso após o corte pelo pastejo dos animais (ARAÚJO et al., 2008).

Eloy et al. (2014) avaliaram a frequência de atividades de coroamento e roçada em povoamentos puros de *Acacia mearnsii* Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Mimosa scabrella* Benth e *Ateleia glazioviana* Baill, no sul do Brasil. Mesmo para essas espécies, que apresentam crescimento relativamente rápido quando comparadas as espécies arbóreas usadas nesse estudo, os autores observaram que nos seis primeiros meses, as operações de roçada e coroamento foram necessárias a cada dois meses, para que fosse mantido o controle da vegetação indesejada. Quanto ao coroamento, por ter apresentado efeito de controle por maior período, no nosso estudo foi dispensado em três ocasiões, sendo realizadas cinco operações durante os 19 meses do estudo (Tabela 1).

As aplicações de herbicida ocorreram em menor número que as operações de roçada (Tabela 1), conforme, também, relatado no trabalho de Santos et al. (2018). Para o tratamento Químico, em que houve o maior número de aplicações, foram realizadas intervenções em média a cada 3,8 meses, considerando todo o período experimental. Nesse tratamento, a última aplicação foi aos 15 meses após o plantio das mudas das espécies arbóreas, uma vez que estas plantas já apresentavam crescimento para proporcionar sombreamento, dificultando o crescimento das plantas espontâneas.

No tratamento Químico, observou-se a necessidade de uma operação adicional de capina de moitas (Tabela 1), para remoção da vegetação infestante próximo a muda, onde a aplicação de herbicida não é indicada, devido a possibilidade de prejudicar as plantas arbóreas. Outra operação necessária, foi a aplicação localizada de herbicida, realizada no Quím_cultural e Químico, para corrigir falhas da aplicação em área total efetuada antes do plantio.

Devido ao cultivo e manejo das espécies leguminosas, o tratamento Quím_cultural foi o que apresentou a maior diversidade de atividades de controle (Tabela 1). Além das aplicações de herbicida e semeadura do feijão-de-porco e feijão-guandu, foram realizadas uma capina no início do crescimento das leguminosas, uma roçada com foice do feijão-de-porco, que estava próximo às linhas das plantas arbóreas, uma roçada de plantas herbáceas (formada basicamente por feijão-de-porco e braquiária), e por último uma poda do feijão-guandu.

O tratamento Químico foi o que apresentou o maior efeito na redução das populações de plantas espontâneas. Aos 19 meses após o plantio das mudas das espécies arbóreas, a produção de biomassa de plantas espontâneas era 97% inferior ao encontrado no início do experimento (Figura 5). Por outro lado, constatou-se que, mesmo com menor intervalo de intervenções de roçada (Tabela 1), o tratamento Mecânico apresentou menor efeito em reduzir a infestação (60%), quando comparado aos tratamentos Quím_cultural

e Químico. Considerando a média de infestação nas linhas e entrelinhas de plantio, o tratamento Quím_mecânico, apresentou a menor redução, com 45%.

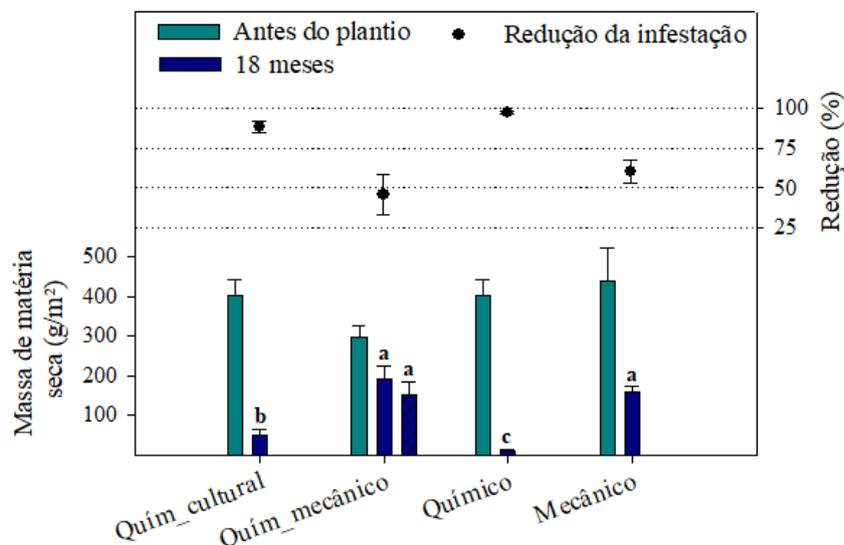


Figura 5: Massa de matéria seca de plantas espontâneas antes e 19 meses após o plantio das mudas das espécies arbóreas e redução de infestação, em área de reflorestamento, sob estratégias de controle de plantas espontâneas, Município de Cachoeiras de Macacu, RJ. Para o tratamento Quím_mecânico é apresentada a produção de massa de matéria seca na linha (barra tracejada) e na entrelinha de plantio. Letras diferentes entres as barras, significam que os tratamentos diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey aos 18 meses. As barras verticais representam o desvio padrão.

A maior capacidade do controle químico em reduzir a população de plantas espontâneas ocorreu porque, o glyphosate normalmente controla as plantas herbáceas espontâneas, inibindo a produção de aminoácidos aromáticos na via do chiquimato (AMRHEIN et al., 1980), o que causa a morte das plantas. Com isso, diminui a possibilidade de rebrota e há maior efeito do controle e maior intervalo entre as intervenções (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram observados por Vasic et al. (2014) avaliando a eficácia dos herbicidas pós-emergentes nicosulfuron, bentazon, imazamox e tribenuron-metil na supressão de plantas espontâneas em povoamentos de *Quercus robur* L. na América do Norte. Os autores observaram que em áreas sem controle com herbicida ou que houve o controle mecânico, a abundância e produção de biomassa de plantas espontâneas foi superior quando comparado as áreas com aplicação de herbicida, o que resultou em diminuição do crescimento das plantas em altura e diâmetro.

A maior redução da infestação observada nos tratamentos Quím_cultural e Químico (Figura 5), contribuiu para a maior sobrevivência, crescimento em altura (Figura 6), diâmetro e área de copa (Figura 7) das plantas das espécies arbóreas. Com emprego do controle predominante químico houve a maior taxa de sobrevivência média após 18 meses (95,8%) enquanto que o Quím_mecânico obteve a menor sobrevivência (82,5%) (Figura 6), considerando a média das oito espécies. Ao final do estudo, a aplicação de todas as estratégias de controle proporcionaram taxa de sobrevivência, das espécies arbóreas, acima de 80 % estando de acordo com o mencionado pelo item 4.2, Art. 8º, da Resolução 89, do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA, 2014), que

estabelece os critérios para avaliação dos projetos de restauração florestal no estado do Rio de Janeiro.

Quando se analisa a sobrevivência por espécie, observa-se que *Inga edulis* foi a única que não apresentou mortalidade durante o estudo e apresentou crescimento em altura estatisticamente igual entre os tratamentos (Figura 6). Isso indica que a espécie é adaptada à região onde foi conduzido o experimento e foi menos sensível a competição com as plantas espontâneas. Por outro lado, constatou-se que as plantas de *Piptadenia paniculata* no controle Mecânico apresentaram o menor índice de sobrevivência entre as espécies (50%). Considerando que nos tratamentos Quím_cultural e Químico a espécie apresentou altas taxas de sobrevivência e crescimento em altura (Figura 6), acredita-se que esta foi muito sensível a competição com as plantas espontâneas e exige uma condição com menor infestação para seu estabelecimento.

A maioria das espécies arbóreas apresentou maior crescimento em altura (Figura 6) diâmetro e área de copa (Figura 7) quando submetidas ao tratamento Quím_cultural e Químico. Nesse segundo, aos 18 meses após o plantio, houve crescimento médio na ordem de 78% em altura, de 91% em diâmetro e 250% em área de copa em comparação aos observados no tratamento apenas mecânico, que apresentou menor crescimento. Além disso, observa-se pela Figura 7 que o crescimento em diâmetro aos 12 meses onde houve aplicação dos tratamentos Químico e Quím_cultural foi numericamente superior aos observados no tratamento Mecânico aos 18 meses, indicando o rápido crescimento das plantas nesses tratamentos. Considerando as três variáveis, os tratamentos seguiram a ordem decrescente de crescimento: Químico, Quím_cultural, Quím_mecânico e Mecânico.

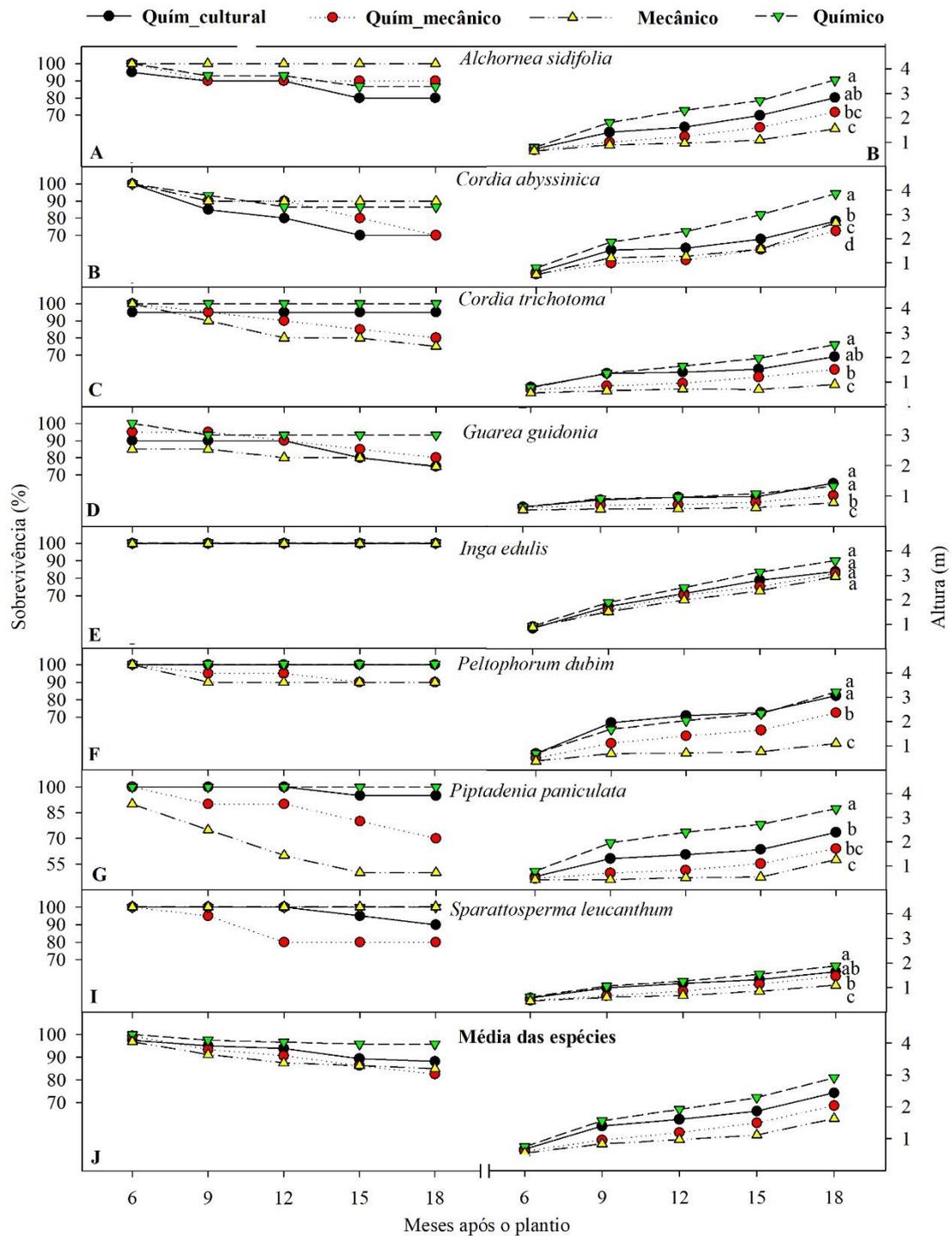


Figura 6: Sobrevivência – eixo da esquerda, e crescimento em altura – eixo da direita, em épocas após o plantio, de oito espécies arbóreas, sob quatro estratégias de controle de plantas espontâneas em área de reflorestamento, município de Cachoeiras de Macacu, RJ. Para cada espécie, letras diferentes entre as barras, significam que os tratamentos diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey, na última avaliação.

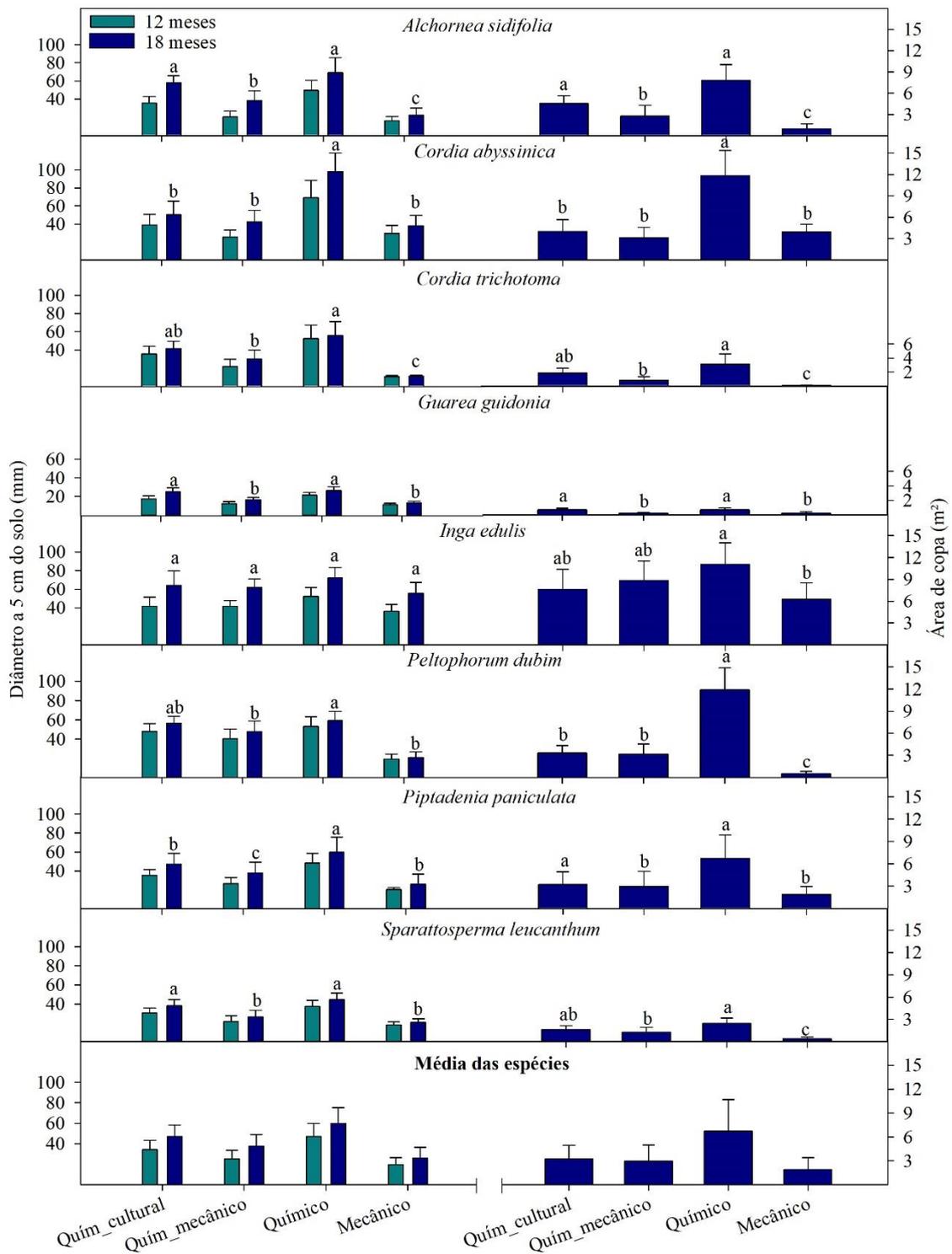


Figura 7: Diâmetro a 5 cm do solo – eixo esquerda, aos 12 e 18 meses após o plantio e área de copa – eixo direita, aos 18 meses, de oito espécies arbóreas sob quatro estratégias de controle de plantas espontâneas em área de reflorestamento, município de Cachoeiras de Macacu, RJ. Para cada variável, aos 18 meses letras diferentes significam que os tratamentos diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. Barras verticais representam o desvio padrão.

Pelos valores de infestação (Figura 5) e crescimento das espécies arbóreas (Figuras 6 e 7), as plantas do tratamento Quím_cultural foram as que apresentaram crescimento mais próximo ao observado no tratamento Químico. Além das aplicações de herbicida em área total, que, provavelmente, diminuíram a competição por recursos do ambiente e favoreceram o crescimento das plantas arbóreas, no tratamento Quím_cultural houve o cultivo e o manejo das leguminosas *Cajanus cajan* e *Canavalia ensiformis*.

Observa-se, pela Tabela 2, que após sete meses da sementeira das espécies leguminosas (12 meses após o plantio das espécies arbóreas), as plantas de *Cajanus cajan* apresentaram crescimento em altura superior a 3 metros e cobertura das unidades amostrais de 33%. Por outro lado, as plantas de *Canavalia ensiformis* apresentaram média de cobertura do solo de 45% e produção de biomassa de aproximadamente 134 g m⁻². Esta cobertura de solo também dificulta a germinação de sementes e o crescimento das plantas de braquiária.

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão de crescimento e cobertura do solo de plantas de *Canavalia ensiformis* e *Cajanus cajan* aos sete meses após a sementeira, em área de formação de reflorestamento, município de Cachoeiras de Macacu, RJ

- <i>Canavalia ensiformis</i> (feijão-de-porco) -		---- <i>Cajanus cajan</i> (feijão-guandu) ----	
Característica avaliada	Valor	Característica avaliada	Valor
Número de plantas (m fileira)	6,75 (1,58)	Número de plantas (m ²)	4,33 (0,33)
Matéria seca (g/planta)	399,7 (39,8)	Matéria seca (g/m ²)	133,8 (29,8)
Altura das plantas (m)	3,14 (0,08)	-----	---
Cobertura do solo (%)	45,2 (3,8)	Cobertura do solo (%)	33,1 (3,2)

O cultivo das espécies leguminosas herbáceas de rápido crescimento, como destacam Santos et al. (2013), normalmente ajuda a promover a rápida cobertura do solo, diminuindo a disponibilidade de luz para o crescimento das plantas espontâneas e favorecendo o estabelecimento e o crescimento das plantas arbóreas implantadas. O sombreamento proporcionado pelas plantas leguminosas (Figura 8), segundo Silva et al. (2016) também contribui para a diminuição da temperatura e para manutenção da umidade do solo.

Além do efeito direto com sombreamento da área, essas espécies leguminosas podem contribuir com a melhoria das condições do solo. A poda e deposição do material vegetal dessas plantas sobre o solo (Tabela 1) pode favorecer a incorporação de material rico em nutrientes (AKINGBOLA & DAYO-OLAGBENDE, 2017), aumentando a concentração destes perto da superfície do solo, beneficiando as espécies implantadas e o estabelecimento de plantas da regeneração natural.

Pelos resultados obtidos até os 19 meses, acredita-se que essa estratégia de controle, com maior diversidade de técnicas, é uma boa opção para substituir o controle predominantemente mecânico, que, comumente, é empregado na restauração florestal. Nesse tratamento Quím_cultural, a escolha da técnica de controle foi definida a fim de um melhor crescimento das plantas arbóreas, direcionando à um controle integrado, ou seja, quando era mais adequado, realizou-se aplicações de herbicida, roçadas e capinas.



Figura 8: Plantas de *Canavalia ensiformis* (A) e de *Cajanus cajan* (B) em área de reflorestamento, aos 8 e aos 15 meses, respectivamente, após o plantio das espécies arbóreas, município de Cachoeiras de Macacu, RJ

Na última avaliação, o crescimento das plantas nas parcelas submetidas ao tratamento Químico foi estatisticamente superior à do tratamento Quím_mecânico (Figura 6; Figura 7). A partir desses resultados, acredita-se que, a estratégia de controle com herbicidas em faixas de 1,4 m na linha de plantio e roçadas nas entrelinhas, para este local, com solo relativamente de boa qualidade, precipitação bem distribuída e superior à média da região sudeste do Brasil, não foi suficiente para controlar as plantas espontâneas, reduzir a competição (Figura 5) e favorecer o crescimento das plantas arbóreas.

É possível que a faixa de controle tenha sido estreita, para as condições onde o experimento foi instalado. Maciel et al. (2011) avaliaram o controle de plantas espontâneas na forma de coroamento manual e químico, de plantas de três espécies arbóreas. Os autores concluíram que, a aplicação única de herbicida à base de glyphosate ($0,72 \text{ kg e.a. ha}^{-1}$), na forma de coroamento de 1,0 m de diâmetro, não foi eficiente para o crescimento inicial das espécies nativas florestais estudadas. Toledo et al. (2003) avaliaram os efeitos de diferentes larguras de faixas capinadas no crescimento de *E. grandis* x *E. urophylla* e observaram que, após 49 meses do plantio da espécie arbórea, a faixa de 1,0 m não foi suficiente para eliminar a competição em área com presença de braquiária. Essas observações, aliadas aos resultados deste estudo, sugerem a necessidade da investigação de novas larguras de faixas de controle de braquiária com herbicidas para a formação de povoamentos visando restauração florestal, em diferentes condições edafoclimáticas.

Avaliando a relação da interceptação da radiação luminosa com a necessidade de manejo de plantas espontâneas em povoamentos puros de *Acacia mearnsii* De Wild., *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Mimosa scabrella* Benth e *Ateleia glazioviana* Baill., Caron et al. (2012) observaram que, à medida que aumenta a interceptação pelo dossel das espécies arbóreas, a necessidade de controle das espécies espontâneas diminui. Constatou-se que os maiores valores de área de copa nas parcelas do tratamento Químico (Figura 7) refletiram valores de cobertura de solo superiores a 100% aos 18 meses (Figura

9), indicando que nas unidades amostrais desse tratamento ocorreu a sobreposição de copas.

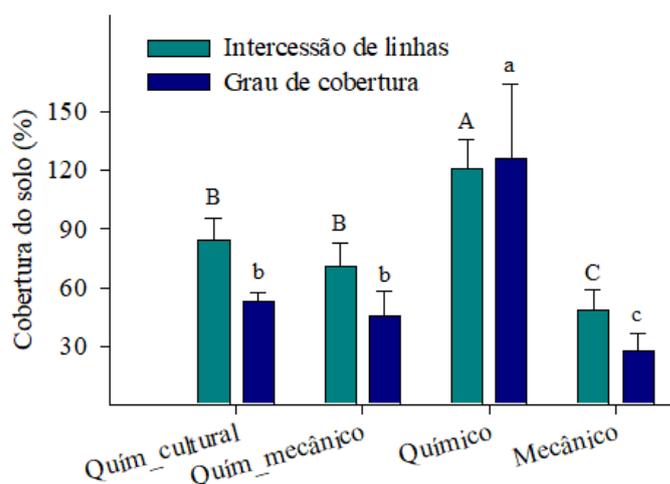


Figura 9: Cobertura do solo pela copa do conjunto de oito espécies arbóreas, segundo dois métodos de avaliação, aos 18 meses após o plantio, sob quatro estratégias de controle de plantas espontâneas, em área de reflorestamento, município de Cachoeiras de Macacu, RJ. Para cada variável, letras diferentes significam que os tratamentos diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. Barras verticais representam o desvio padrão

Provavelmente, a eliminação das espécies espontâneas, promovida pelo herbicida em área total no período inicial de crescimento das mudas, favoreceu o rápido crescimento das espécies arbóreas (Figuras 6 e 7) e maior cobertura do solo (Figura 9) com diminuição da disponibilidade de luz. Com isso, houve menor crescimento das espécies espontâneas (Figura 5) e, conseqüentemente, eliminou a necessidade de intervenções de controle por maior período de tempo (Tabela 1).

Os resultados indicam que a aplicação de herbicida em área total é mais eficaz que as demais estratégias adotadas nesse estudo e deve ser levada em consideração no planejamento de projetos de restauração florestal. Santos et al. (2018) avaliaram o emprego de tratamento com predominância de uso de herbicida a base de glyphosate e tratamento apenas mecânico na formação de povoamentos de restauração florestal em áreas com predominância de braquiária e observaram resultados semelhantes aos desse estudo. Os autores observaram que as aplicações foram necessárias até os 13 meses e que aos 30 meses o crescimento em altura e diâmetro foi significativamente superior no tratamento químico, além dos custos quase três vezes superior do método mecânico.

Ao contrário das demais técnicas de controle, o herbicida pode ser empregado por curto período de tempo. Como destacam Kogan & Alister (2010) as aplicações de glyphosate em áreas florestais podem ser necessárias apenas nos primeiros dois anos de formação do povoamento, para garantir o crescimento das plantas, obter uma cobertura rápida do solo e contribuir para regeneração natural. Após esse período, ainda é possível que, para as espécies arbóreas de crescimento mais lento, ocorra a competição da vegetação espontânea. No entanto, é provável que esse efeito seja localizado, sendo necessárias apenas aplicações localizadas ou capinas de moitas.

Diante do exposto, torna-se necessário o aumento das discussões sobre emprego de herbicida a base de glyphosate em formação de povoamento visando restauração da Mata Atlântica. É necessário o aumento de estudos, que avaliem principalmente os contrapontos do uso dessa técnica, como por exemplo, possibilidade de contaminação do solo, corpos hídricos e efeito sobre organismos não-alvo.

Entre os contrapontos ao emprego de glyphosate em áreas de restauração florestal, está a possibilidade de deriva do produto, tendo em vista que o mesmo é não-seletivo. Durante a condução do estudo constatou-se que apenas 0,04% das plantas dos tratamentos em que houve a aplicação de glyphosate sofreram algum tipo de sintomas que pode ser devido a aplicação de herbicida. Os sintomas de contaminação ocorreram após aplicações realizadas até os nove meses após o plantio e se caracterizaram por clorose, enrolamento das folhas dos ápices das plantas e ápices deformados, conforme também observações de [Tuffi Santos et al. \(2006\)](#) para eucalipto. O baixo número de plantas com sintomas de intoxicação indicou que a tecnologia e os cuidados adotados durante as aplicações podem evitar a deriva do herbicida em área com espécies arbóreas nativas.

A baixa cobertura do solo no tratamento Mecânico após 19 meses, resultado do menor crescimento das espécies arbóreas ([Figura 6 e 7](#)), sugere a necessidade de buscar alternativas para esse método de controle. A presença de plantas espontâneas é um dos principais fatores que dificultam o estabelecimento e sobrevivência de espécies nativas ([RUWANZA et al., 2013](#); [SILVA et al., 2018a](#)). Em uma situação com alta infestação de plantas espontâneas, o emprego de técnicas que não sejam eficazes pode comprometer o sucesso da restauração da área, além de encarecer o projeto de restauração.

4. CONCLUSÃO

O tratamento com emprego de herbicida em área total apresentou o maior efeito na redução das populações de plantas espontâneas e proporcionou maior crescimento em altura, diâmetro, área de copa e cobertura do solo das espécies plantadas, aos 18 meses após o plantio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKINGBOLA, O. O.; DAYO-OLAGBENDE, G. O. Green manuring to a better soil physical condition. **Agricultural Research & Technology: Open Access Journal**, v.11, n.3, p.1-2, 2017.

ALVARENGA, R.C. **Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993. 112p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AMRHEIN, N.; DEUS, B.; GEHRKE, P.; STEINRÜCKEN, H. C. The Site of the Inhibition of the Shikimate Pathway by Glyphosate. **Plant Physiology**, v.66, n.830-834, 1980.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B.; CAMPOS P. R. S. S.; Melhoramento genético de plantas forrageiras tropicais no Brasil. **Archivos de Zootecnia**. v.57, p.61-76, 2008.

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.

BRANCALION, P. H. S.; SCHWEIZER, D.; GAUDARE, U.; MANGUEIRA, J. R.; LAMONATO, F.; FARAH, F. T.; NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. **Biotropica**, v.48, n.6, p.856–867, 2016.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society*, v.26, n.2, p.211-252, 1964.

CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; COSTA, E. C.; ELOY, E.; BEHLING, A.; TREVISAN, R. Interceptação da radiação luminosa pelo dossel de espécies florestais e sua relação com o manejo das plantas espontâneas. **Ciência Rural**, v.42, n.1, p.75-82, 2012.

ELOY, E.; CARON, B.O.; TREVISAN, R.; MONTEIRO, G.C.; ELLI, E.F. Período adequado de controle de plantas invasoras em plantios florestais. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**. v.5, n.2, p.80-84, 2014.

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**, v36, e018167569, 2018.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; LOVEJOY, T. E.; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D.; COOK, W. M.; DAMSCHEN, E. I.; EWERS, R. M.; FOSTER, B. L.; JENKINS, C. N.; KING, A. J.; LAURANCE, W. F.; LEVEY, D. J.; MARGULES, C. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v.1, n.2, p.1-9, 2015.

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.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Resolução INEA nº 89, de 03 de junho de 2014. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 5 jun. 2014.

KOGAN, M.; ALISTER, C. Glyphosate use in forest plantations. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.70, n.4, p.652-666, 2010.

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**. Brasília: Ed. Embrapa, 2017, p.63-84.

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

MARTIN, D. M. Ecological restoration should be redefined for the twentyfirst century. **Restoration Ecology**, v.25, n.5, p.668–673, 2017.

MELO, A. C. G.; MIRANDA, D. L. C.; DURIGAN, G. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no médio vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Árvore**, v.31, n.2, p.321-328, 2007.

MORALES-HIDALGO, D.; OSWALT, S. N.; SOMANATHAN, E. Status and trends in global primary forest, protected areas, and areas designated for conservation of biodiversity from the Global Forest Resources Assessment 2015. **Forest Ecology and Management**, v.352, p.68–77, 2015.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley e Sons, 1974. 547p.

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.

RUWANZA, S.; GAERTNER, M.; ESLER, K. J.; RICHARDSON, D. M. The effectiveness of active and passive restoration on recovery of indigenous vegetation in riparian zones in the Western Cape, South Africa: a preliminary assessment. **South African Journal of Botany** v.88, p.132–141, 2013.

SANTOS, F. A. M. **Formação de povoamento para restauração florestal sob estratégias de controle de *Urochloa* spp.** 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

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, J. C. F.; CUNHA, A. J.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, R. H. S.; SAKIYAMA, N. S.; LIMA, P. C. Cultivation of perennial herbaceous legumes in weed management in coffee plantation on the Cerrado. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.3, p. 420-428, 2013.

SILVA, D. M. N.; OLIVEIRA, F. L.; TEODORO, R. B.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Temperature and humidity of soil covered with perennial herbaceous legumes in the semiarid region of Minas Gerais state, Brazil. **Bioscience Journal**, v.32, n.1, p.11-19, 2016.

SILVA, A. P.; RESENDE, A. S.; CHAER, G. M.; GONÇALVES, F. L. A.; 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, 2018a.

SILVA, F. F.; RESENDE, A. S.; SANTOS, T. A.; CHAER, G. M. Use of Cardboard Disks for Crowning Seedlings in Reforestation. **Floresta e Ambiente**, v.25, n.3, e20160261, 2018b.

TRENTIN, B. E.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F. S.; GORENSTEIN, M. R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, v.28, n.1, p.160-174, 2018.

TOLEDO, R. E. B.; VICTORIA FILHO, R.; ALVES, P. L. C. A.; PITELLI, R. A.; LOPES, M. A. F. Faixas de controle de plantas espontâneas e seus reflexos no crescimento de plantas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v.64, p.78-92, 2003.

TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; DUARTE, W. M.; TIBURCIO, R. A. S.; SANTOS, M. V. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do Glyphosate. **Planta Daninha**, v.24, n.2, p.359-364, 2006.

VASIC, V.; KONSTANTINOVIC, B.; ORLOVIC, S. Application of post-emergence herbicides in the regeneration of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) forests. **Forestry**, v.87, n.3, p.407–415, 2014.

VASIC, V.; ORLOVIC, S.; GALIC, Z. Forest vegetation and management –Serbia. In: WILLOUGHBY, I.; BALANDIER, P.; BENTSEN, N.S.; MC CARTHY, N.; CLARIDGE, J. (org). **Forest vegetation management in Europe**. COST Office, 2009, p.117–122.

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

RENDIMENTOS OPERACIONAIS E CUSTOS DE CINCO ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE PLANTAS ESPONTÂNEAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL

RESUMO

Comumente, os locais de implantação de povoamentos visando restauração florestal são áreas agrícolas e pastagens abandonadas, que apresentam gramíneas na matriz de vegetação predominante. Assim, o controle de plantas espontâneas é fator importante que pode aumentar os custos do projeto de restauração. Objetivou-se avaliar os custos e rendimentos operacionais de estratégias de controle de plantas espontâneas para formação de povoamentos visando restauração da Mata Atlântica. Foram avaliados cinco tratamentos: Mecânico - apenas com coroamento manual e roçadas; Químico - aplicação de herbicida a base de glyphosate em área total; Quím_cultural - aplicação de herbicida, cultivo e manejo de leguminosas herbáceas; Quím_mecânico - aplicação de herbicida na linha de plantio e roçada nas entrelinhas; Papelão - coroamento das mudas com papelão após o plantio e roçada. Foi avaliado os custos de insumos e atividades de manutenção até os 19 meses após o plantio. As atividades mecânicas foram as que demandaram maior mão de obra e apresentaram menor rendimento operacional, o que contribuiu para que o tratamento mecânico apresentasse o maior custo no controle de plantas espontâneas. Já a aplicação de herbicida em área total foi a estratégia com menor necessidade de insumos e número de intervenções, além de maior rendimento, contribuindo para o menor custo do controle de plantas espontâneas.

Palavras-chave: reflorestamento, controle mecânico e controle químico.

ABSTRACT

Commonly, the place of stands implantation for forest restoration are agricultural areas and abandoned pastures, which present grasses in the predominant vegetation matrix. Thus, the control of spontaneous plants is an important factor that can increase the costs of the restoration project. The objective of this work was to evaluate the costs and operational income of control strategies of spontaneous plants for the stands formation aiming at restoration of the Atlantic Forest. Five treatments were evaluated: Mechanical - only with manual crowning and brushing; Chemical - herbicide application based on glyphosate in total area; Chemical_cultural - herbicide application, cultivation and management of herbaceous legumes; Chemical_mechanical - application of herbicide in the planting line and cropping between the lines; Cardboard - crowning of the seedlings with cardboard after planting and mowing. The costs of inputs and maintenance activities were evaluated up to 19 months after planting. The mechanical activities were those that demanded higher labor and presented lower operating income, which contributed to the mechanical treatment presenting the highest cost in the control of spontaneous plants. Control with application of herbicide in total area was the strategy with less need of inputs and number of interventions, besides higher yield, contributing to the lower cost of the control of spontaneous plants.

Key words: reforestation, mechanical control and chemical control.

1. INTRODUÇÃO

Com aumento da pressão sobre as áreas naturais, cada vez mais tem crescido a preocupação com a recuperação das funções ecossistêmicas de muitas dessas áreas. A restauração de florestas nativas é reconhecida como uma das maneiras mais importantes para assegurar a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, mas ainda assim são necessárias mais informações sobre os custos e benefícios do processo de restauração (PEH et al., 2014).

Quando a restauração florestal é conduzida pelo método de plantio de mudas, umas das principais limitações é o custo econômico do projeto (TRETIN et al., 2018). Por envolver a formação de povoamentos florestais, são necessárias ações de implantação e manutenção destes, que demandam mão de obra e insumos, principalmente nos primeiros anos do povoamento.

Esses custos podem variar significativamente de acordo com a região onde será implantado o povoamento florestal. No entanto, há fatores locais que podem exigir um maior número de intervenções de manutenção e aumento dos gastos, como a escolha inadequada de espécies, áreas com solos de baixa qualidade e a presença de plantas indesejadas (KLIPPEL et al., 2015).

Comumente, os locais de implantação de povoamentos florestais, seja produtivo ou visando restauração, são áreas agrícolas e pastagens abandonadas, que apresentam gramíneas na matriz de vegetação predominante (SEIFERT et al., 2011). Com isso, o controle dessas plantas torna-se fator importante, que pode representar até 60% dos gastos do projeto, dependendo do método de controle empregado e da condição de infestação (LELES et al., 2015).

Alguns trabalhos têm mostrado que o controle mecânico, geralmente, adotado na restauração florestal, é um dos métodos menos eficaz e que apresentam maior custo (VASIC et al., 2009; SANTOS et al., 2018). Gonçalves et al. (2018) mencionam que as técnicas mecânicas apresentam custo operacional relativamente alto por exigir muita mão de obra, sendo importante desenvolver alternativas para o controle de plantas espontâneas.

Objetivou-se avaliar os custos e rendimentos operacionais de cinco estratégias de controle de plantas espontâneas para formação de povoamentos visando a restauração florestal da Mata Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área experimental e do experimento

A pesquisa foi desenvolvida em área de formação de povoamento florestal visando a restauração florestal, sob cinco estratégias de controle de plantas espontâneas, localizada na Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA), município de Cachoeiras de Macacu, estado do Rio de Janeiro.

Foram avaliados os rendimentos e custos de cinco tratamentos: T1 (Mecânico) - coroamento manual, em raio de 30 cm das mudas, e roçada nas entrelinhas, sempre que o capim braquiária atingiu altura superior a 35 cm; T2 (Químico) - aplicação de herbicida à base de glyphosate (Roundup NA) na dose de 1,44 kg ha⁻¹ e.a. (formulação de sal de isopropilamina de glyphosate 480 g L⁻¹ e 360 g L⁻¹ de equivalente ácido) antes do plantio das mudas das espécies arbóreas e sempre que o capim braquiária atingiu altura superior a 35 cm; T3 (Quím_cultural) - aplicação de herbicida em área total antes do plantio das mudas arbóreas, cultivo e manejo (com capinas, roçadas e podas) de espécies leguminosas

herbáceas, que se associam com bactérias fixadoras de nitrogênio, nas entrelinhas de plantio; T4 (Quím_mecânico) - aplicação de herbicida glyphosate na linha de plantio (1,4 m de largura) e roçada nas entrelinhas sempre que a braquiária atingiu 35 cm de parte aérea; T5 (Papelo) - coroamento das mudas com papelo após o plantio, em raio de 30 cm, e roçada nas entrelinhas, sempre que o capim braquiária atingiu altura superior a 35 cm.

A metodologia de implantação e condução do experimento está descrita no [capítulo I](#) desta dissertação.

2.2. Coleta e análise dos dados

A coleta de dados teve início na implantação do experimento, em maio de 2017 e término aos 19 meses após o plantio, em dezembro de 2018. Para o custo das atividades foram cronometrados o tempo de realização das atividades em cada tratamento e para os gastos com insumos e equipamentos foram levantados preços de aquisição de insumos necessários para todas as atividades na implantação e manutenção do experimento.

O custo de implantação considerou a aquisição de mudas, marcação e abertura de covas, transporte até ponto central do experimento e distribuição das mudas, adubação e plantio. Nestes não estão incluídos custos de controle de formigas cortadeiras, construção e manutenção de aceiros e cercas, tendo em vista que a primeira foi necessária em apenas três ocasiões em uma das unidades amostrais.

Os custos de coroamento de 60 cm de diâmetro, antes do plantio, foram considerados como atividades de primeira manutenção dos tratamentos Mecânico e Papelo, portanto não foram computadas nos custos de implantação. O mesmo ocorreu com a aplicação de herbicida antes do plantio nos demais tratamentos.

Para os gastos com insumos, tanto para a implantação do povoamento como para controle de plantas espontâneas, foi realizada pesquisa de preço, em outubro e novembro de 2018, em lojas de produtos agrícolas de Cachoeiras de Macacu, Miguel Pereira e Volta Redonda, RJ. Optou-se por considerar a média dos preços praticados nos estabelecimentos. O preço médio de mudas arbóreas foi obtido em janeiro de 2019, com a média de dois viveiros de mudas para restauração florestal do município de Seropédica. Para estimar o consumo de combustível para roçadeira e herbicida, em cada intervenção, foi coletada a quantidade gasta por unidade amostral, que posteriormente foi extrapolada para hectare. Os resultados foram expressos em quantidade do insumo necessária por hectare e custos por tratamento.

Para o cálculo de custo de aquisição de roçadeira lateral modelo FS e acessórios inicialmente utilizou-se o valor médio de aquisição de R\$ 2.760,00. Em seguida, com base na informação de tempo médio (considerando as oito roçadas) para roçar uma unidade amostral estimou-se o tempo (dias) necessário para roçar 1 hectare. Neste foi acrescido o valor de 25% (Tabela 3) para descanso e manutenção. Posteriormente foi calculado a quantidade área (hectares) roçada em um mês, considerando 22 dias de trabalhos mensais. Em média, as roçadas foram realizadas a cada 2,5 meses, então foi possível estimar, com base nesse valor, a área roçada entre cada intervalo. Por último, o valor de aquisição de R\$ 2.760,00 foi dividido por essa área roçada, permitindo estimar o custo do equipamento por hectare.

Para pulverizador costal de 20 litros e acessórios a pesquisa de preço indicou valor de R\$ 370,00. Para estimar o custo por hectare, empregou-se o mesmo raciocínio do custo e uso da roçadeira lateral.

O cálculo do custo operacional foi feito com base no valor gasto esperado de cada atividade em 1 hectare. Para isso, o tempo necessário para realização da atividade

em cada unidade amostral foi cronometrado com relógio digital. Foi utilizado como parâmetro o custo de homem-hora de R\$ 12,50 (R\$ 100,00 por dia), considerando uma jornada de trabalho de oito horas diárias. Esse é o valor médio praticado na região por produtores rurais, que inclui também os custos de transporte, alimentação, encargos sociais, impostos, taxas administrativas, etc. Após a coleta dos tempos médios de realização das atividades, o cálculo do custo foi realizado pela equação:

$$CO = \frac{TE * HR * 10000}{AA} * k$$

Em que:

CO - Custo da operação (R\$/hectare);

TE - Tempo médio de execução da operação por unidade amostral (horas);

HR - Custo homem-hora = R\$ 12,50;

AA - Área da unidade amostral (214 m²);

k – Constante, considerando um acréscimo dos custos como tempo de descanso do funcionário e manutenção de equipamentos, conforme a Tabela 4.

Tabela 3: Acréscimo de descanso de trabalhador e manutenção de maquinários utilizados para cálculo dos custos operacionais de atividades de controle de plantas espontâneas, na formação de povoamento visando restauração florestal, município de Cachoeiras de Macacu, RJ

Operação	Acréscimo de descanso	Acréscimo manutenção	Justificativa de manutenção
Aplicação de herbicida	10%	15%	Treinamento do aplicador, preparo e transporte de calda e limpeza de ponta pulverização e EPI
Coroamento e capina de moitas de braquiária	10%	5%	Manutenção de ferramenta
Poda de leguminosas	10%	5%	Manutenção de ferramenta
Roçada	10%	15%	Manutenção de máquina
Demais atividades	10%	-	-

Após o cálculo, todos os custos foram descapitalizados para o tempo presente através da seguinte equação:

$$CO_d = CO * (1 + t_x)^n$$

CO_d – custo operacional descapitalizado (R\$/ha);

CO - custo operacional (R\$/ha);

t_x – média da taxa mensal de juros Selic durante o estudo = 0,6042%;

n – data de realização das atividades (meses após o plantio).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as atividades de implantação do povoamento constante entre os tratamentos, obteve-se custo estimado de R\$ 5.620,75 ha⁻¹. Segundo [Kimball et al. \(2015\)](#) os custos da restauração são muito influenciados por condições ambientais que variam no

espaço e no tempo e, segundo [Leles et al. \(2015\)](#), pelas técnicas silviculturais empregadas. Os valores obtidos no estudo foram semelhantes aos observados por [Santos \(2016\)](#), que foi de R\$ 6.542,93 ha⁻¹ em área de restauração florestal no município de Bom Jardim, RJ. Em estimativa feita por [Benini et al. \(2017\)](#) para os custos totais de formação de povoamentos de restauração florestal da Mata Atlântica foram encontrados valores entre R\$ 7.788 a R\$ 21.271 ha⁻¹, considerando cenários de condições ambientais favoráveis e desfavoráveis, respectivamente, e com atividades de manejo não mecanizadas.

A maior contribuição para os gastos de implantação ([Tabela 4](#)) foi a aquisição de mudas, que representou 69% do custo total. Não foi estimado o custo de transporte do viveiro até o local de plantio, pois as mudas foram produzidas no viveiro da REGUA. Considerando etapas de implantação semelhante as empregadas neste estudo, [Benine et al. \(2017\)](#) estimaram gasto médio de 41% com aquisição de mudas, demonstrando ser um dos insumos de maior custo na implantação de povoamentos para restauração no Brasil.

Tabela 4: Rendimento, custo de insumos e de atividades para implantação de povoamento de restauração florestal, município de Cachoeiras de Macacu, RJ

Insumo / atividade	Quantidade/ Rendimento*	Unidade	Custo (R\$)	
			Unitário	Total (R\$ ha ⁻¹)
Mudas	1.900	mudas/hectare	2,05	3.895,00
Marcação de covas	625	marcações/homem dia	-	304,00
Abertura de covas	330	covas/homem dia	-	575,76
Transporte ** e distribuição das mudas	565	mudas/homem dia	-	336,28
Adubo	6	sacos de 25 kg/hectare	44,00	264,00
Distribuição de adubo	1.400	covas/homem dia	-	135,71
Plantio	1,1	Homem dia	-	110,00
TOTAL				5.620,75

*rendimento = horas trabalhadas por hectare; ** da estrada até o centro do experimento (distância de 130 m, sendo 40 m de subida íngreme).

Uma das possibilidades para diminuição do custo das mudas seria o uso de tubetes plásticos, que permitem a mecanização das atividades de produção das mudas. Segundo [Alonso \(2013\)](#), a mão de obra na época do levantamento era um dos principais itens de custos de produção de mudas em viveiros florestais do estado do Rio de Janeiro. Também, conforme mencionado por [Carvalho \(2015\)](#), recipientes menores diminuem sensivelmente os custos de transporte das mudas até o local de plantio e aumentam o rendimento de transporte e distribuição das mudas.

É importante salientar que na [Tabela 4](#) não estão inclusas as atividades de preparo da área, tendo em vista que estas foram consideradas como intervenções de controle da vegetação espontânea que variaram entre tratamentos (aplicação prévia ou não de herbicida).

Quanto a necessidade de insumos para o controle de plantas espontâneas ([Tabela 5](#)), o tratamento Papelão foi o que apresentou o maior custo, mesmo sendo encerrado aos nove meses após o plantio das mudas das espécies arbóreas. O maior gasto com insumos neste tratamento, ocorreu principalmente pelo custo do papelão. Considerando a compra, preparo com solução de sulfato de cobre e transporte das embalagens até o campo, foi estimado o valor de R\$ 0,90 por embalagem, totalizando R\$ 1.701,50 ha⁻¹, que

representou 76% dos gastos com insumos, considerando o espaçamento de plantio adotado.

Cabe ressaltar que, pela necessidade de homogeneizar o experimento, foram usadas embalagens novas, adquiridas no mercado, o que elevou o custo de aquisição do papelão, encarecendo o tratamento. Do ponto de vista prático, acredita-se que o emprego de embalagens de papelão recicladas, como as de pizzas, com preço inferior ao adquirido em mercado ou sem custos de aquisição, possa compensar sua utilização.

Tabela 5: Gastos com equipamentos e insumos em cinco estratégias de controle de plantas espontâneas para formação de povoamento de restauração florestal, município Cachoeiras de Macacu, RJ

Trat.	Insumo	Quant.	Unidade	Custo (R\$)		
				unitário	Médio por atividade (ha)	Total (ha)
T1 - mecânico	Enxada	1	unidade	22,00	-	22,00
	Roçadeira lateral + EPI	1	unidade	2.760,00	-	160,10
	Combustível para roçadeira	34,1	L/ha	4,99	141,27	1.130,19
Total						1.312,29
T2 - Químico	Pulverizador costal 20 L + EPI	1	unidade	370,00	-	4,57
	Herbicida Roundup NA	2,6	L/ha	22,00	55,20	228,17
	Enxada	1	unidade	22,00	-	22,00
Total						254,74
T3- Quím_cultural	Pulverizador costal 20 L + EPI	1	unidade	370,00	-	4,57
	Herbicida Roundup NA	2,3	L/ha	22,00	66,54	139,46
	Enxadão	1	unidade	20,00	-	20,00
	Sementes de feijão-guandu	7,2	kg/ha	20,00	-	139,87
	Sementes feijão-de-porco	110,8	kg/ha	12,48	-	1.341,23
	Enxada	1	unidade	22,00	-	22,00
	Foice	1	unidade	17,00	-	17,00
	Roçadeira lateral + EPI	1	unidade	2.760,00	-	160,10
	Combustível para roçadeira	35,8	L/ha	4,99	147,89	147,89
Total						1.992,12
T4-	Pulverizador costal 20 L + EPI	1	unidade	370,00	-	4,57

	Herbicida NA	Roundup	1,4	L/ha	22,00	28,47	113,88
	Combustível para roçadeira		25,4	L/ha	4,99	105,96	529,80
	Roçadeira lateral + EPI		1	unidade	2.760,00	-	160,10
	Enxada		1	unidade	22,00	-	22,00
Total							830,35
T5 - Papelão	Papelão		1.900	unidades/ha	0,90*		1.701,50
	Enxada		1	unidade	22,00	-	22,00
	Roçadeira lateral + EPI		1	unidade	2.760,00	-	160,10
	Combustível para roçadeira		31,1	L/ha	4,99	127,62	510,50
Total							2.394,11

* Inclui custos de aquisição, preparo e transporte do papelão ao campo.

Contabilizando as oito roçadas realizadas durante os 19 meses do experimento, obteve-se o tempo médio de 27 minutos para roçar uma unidade amostral do tratamento Mecânico, ou 24,02 horas trabalhadas ha⁻¹. Com base no valor médio de 2,57 meses de intervalo entre as roçadas (Tabela 6), obteve-se, que em média entre uma roçada e outra, roça-se 17,2 hectares. Assim, o custo por hectare de aquisição deste equipamento e acessórios foi de R\$ 160,10, sendo considerado o período de 19 meses do experimento.

Para o pulverizador costal de 20 litros e acessórios, o rendimento médio das cinco aplicações foi 10 horas trabalhadas ha⁻¹ (considerando de tempo de parada e descanso de 25% –Tabela 3) e o intervalo entre as aplicações foi de 4,75 meses (Tabela 6). Obteve-se que entre os intervalos é possível a aplicação em 81 hectares, sendo custo do equipamento por hectare em torno de R\$ 4,57.

Os resultados mostram que o custo de aquisição de roçadeira foi 7,5 vezes superior ao custo do pulverizador costal de 20 litros. Por outro lado, o custo amortizado por hectare do equipamento para aplicação foi de 35 vezes inferior, devido ao rendimento, em termos de área, e do maior intervalo entre as aplicações. A partir desses resultados, destaca-se que em uma situação hipotética, em condições semelhantes ao que foi realizado este trabalho, em que será realizado a roçada em 50 hectares serão necessárias de no mínimo, três roçadeiras trabalhando 40 horas semanais, gerando um custo de aquisição por hectare entorno de R\$ 8.280,00. Para as operações de aplicação de herbicida, mesmo trabalhando apenas no período matutino (20 horas semanais) serão necessários apenas dois pulverizadores costais com os EPIs, o que gera um custo de aquisição por hectare entorno de R\$ 740,00, ou seja, 11 vezes inferior ao custo de aquisição das roçadeiras.

O controle Quím_cultural apresentou o segundo maior gasto com insumos. Esse tratamento teve a maior diversidade de atividades de controle, o que naturalmente, aumentou a necessidade de insumos. A maior parcela foi a aquisição de sementes de feijão-de-porco, que representou 67% do custo. Esse insumo apresentou alto consumo, cerca de 110 kg ha⁻¹. Uma possibilidade, não avaliada nesse estudo, é que seja realizada a venda das sementes para abater parte dos custos de implantação e manutenção das leguminosas. A espécie, além de ser utilizada como cobertura verde apresenta sementes de elevado valor nutricional, que podem ser empregadas na alimentação do gado (LÓPEZ, 2012), podendo ser comercializada de acordo com a demanda de mercado local.

Outra possibilidade é o cultivo e produção de sementes pelo próprio produtor ou reflorestador, uma vez que, observações de campo tem evidenciado o fácil cultivo dessa espécie e as sementes tem grande durabilidade nas vagens, além de apresentarem facilidade para serem colhidas e beneficiadas.

Constata-se também pela [Tabela 5](#) que os tratamentos que envolveram apenas três atividades, como Mecânico e Quím_mecânico, ou duas, no caso do tratamento Químico, foram os que apresentaram os menores gastos com insumos. Esse segundo apresentou custo de manutenção 6,6 vezes menor que o primeiro, já que pelo método mecânico gastou-se muita mão de obra de roçadeira e braçal.

De modo geral, o custo operacional aumentou com a intensidade do esforço para controle das espécies espontâneas ([Tabela 6](#)), ou seja, houve acréscimo do custo conforme o tratamento apresentou a maior frequência de intervenção e foram empregadas técnicas com menor rendimento operacional.

Nas parcelas do tratamento Mecânico ocorreu o maior custo de manutenção, totalizando R\$ 3.796,20 ha⁻¹. Somando as atividades de coroamento e roçada, neste tratamento foram realizadas 13 intervenções, até os 19 meses após o plantio das mudas das espécies arbóreas. Além disso, o coroamento e a roçada estiveram entre as operações com maior necessidade de mão de obra, totalizando em média, 24,1 e 25,0 horas trabalhadas ha⁻¹, respectivamente. Este custo tende a aumentar, pois conforme evidenciado pelo [capítulo I](#) desta dissertação, as unidades do tratamento mecânico apresentaram cobertura do solo pela copa das plantas arbóreas inferior a 50%, e precisam de roçadas provavelmente por mais 2 a 3 anos.

Nota-se, também pela [Tabela 6](#), que mesmo quando realizada apenas na entrelinha de plantio (Quím_mecânico), a roçada teve um rendimento de aproximadamente 18 horas trabalhadas ha⁻¹ e custo médio de R\$ 287,66 ha⁻¹. Por outro lado, a operação de capina quando realizada em área total (Quím_cultural) apresentou a maior necessidade de mão de obra, com aproximadamente 93 horas trabalhadas ha⁻¹. Esses resultados estão de acordo com as afirmações de [Gonçalves et al. \(2018\)](#), que mencionam que as técnicas mecânicas têm um alto custo operacional por exigirem muita mão de obra, em atividades fisicamente exaustivas.

Tabela 6: Atividades, número de intervenções, datas, rendimentos e custos de cinco estratégias de controle de plantas espontâneas nos primeiros 19 meses de povoamento de restauração florestal, município de Cachoeiras de Macacu, RJ

Trat.	Atividade	Nº	datas (mês(es) após o plantio das mudas espécies arbóreas)	Rendimento (horas trabalhadas/hectare)	Custo médio por atividade (R\$/ha)	Custo total (R\$/ha)
T1 Mecânico	Roçada em área total	8	jun (1), set (4) e nov (6) de 2017; fev (9), abr (11), jul (14), out (17) e dez (19) de 2018	24,10	286,20	2.289,60
	Coroamento	5	mai (0) e set (4) de 2017; fev (9), jul (14) e out (17) de 2018	25,10	337,10	1.506,60
Total						3.796,20
T2 Químico	Aplicações de herbicida em área total	4	abr(-1*) e nov (6) de 2017; fev (9) e ago (15) de 2018	8,30	99,20	396,90
	Aplicação de herbicida localizada	1	ago (3) de 2017	4,90	61,10	61,10
	Capina de moitas	1	out (5) de 2017	5,1	62,09	62,09
Total						520,10
T3 Quím_cultural	Aplicações de herbicida em área total	3	abr (-1*) de 2017 e ago (15) de 2018	7,1	84,20	168,30
	Aplicação de herbicida localizada	1	ago (3) de 2017	4,9	61,10	61,10
	Semeadura do feijão-de-porco	1	out (5) de 2017	20,5	248,91	248,91
	Semeadura do feijão-guandu	1	out (5) de 2017	15,6	189,72	189,72
	Capina da braquiária	1	nov (6) de 2017	92,7	1124,66	1.124,66
	Corte algumas fileiras de feijão-de-porco	1	jan (8) de 2018	11,8	140,86	140,86
	Roçada em área total	1	abr (11) de 2018	25,1	293,44	293,44

	Poda do feijão-guandu	1	ago (15) de 2018	10,3	117,90	117,90
	Total					2.344,89
T4	Quím_mecânico	Aplicações de herbicida em faixas	4	abr(-1*) de 2017; jan (8), jul (14) e dez (19) de 2018	6,4	297,88
		Capina de moitas	1	out (5) de 2017	5,1	62,09
		Roçadas nas entrelinhas	5	ago (3) e dez (7) de 2017; fev (9), jul (14) e dez (19) de 2018	17,9	1.062,50
	Total					1.422,47
T5	Papelão	Coroamento	1	mai (0) de 2017	36,89	614,89
		Fixação do papelão na muda	1	mai (0) de 2017	30,04	375,55
		Roçadas em área total	4	jun (1), set (4) e nov (6) de 2017 e fev (9) de 2018	23,70	1.150,65
	Total					2.141,08

* realizada 20 dias antes do plantio das mudas das espécies arbóreas.

Uma das vantagens do método químico de controle de plantas espontâneas é a menor dependência de mão de obra (SILVA et al., 2009). Observa-se que o maior rendimento da aplicação de herbicida (Tabela 6), tanto em área total, como na linha de plantio e localizada, contribuiu para que os tratamentos Químico e Quím_mecânico apresentassem o menor custo operacional de manutenção, com respectivamente R\$ 520,10 e R\$ 1.422,47 ha⁻¹.

Somando os custos de insumos (Tabela 5) e atividades de manutenção (Tabela 6) na formação do povoamento, o custo do método Químico foi cerca de 6,9 vezes inferior ao método Mecânico, até os 19 meses após o plantio das espécies arbóreas. Santos et al. (2018) avaliando o emprego do tratamento químico, com herbicida a base de glyphosate, em área de braquiária, observaram que o custo de manutenção com controle mecânico foi cerca de três vezes superior ao tratamento químico, aos 30 meses após o plantio. Mantoani et al. (2016) estimaram os custos econômicos do emprego das técnicas de roçada, e roçada seguida de aplicação de herbicida no controle de *Megathyrus maximus* Jacq. (capim colômbio). Os autores observaram que o custo para realização de novas aplicações de herbicida foi cerca de 48% menor que o custo de realização de novas roçadas.

O controle Quím_cultural teve custo operacional estimado em R\$ 2.344,89 ha⁻¹. Ao todo, nesse tratamento, foram empregadas sete atividades de controle, totalizando 10 intervenções. Em estudo realizado por Santos (2016), o consórcio com leguminosas apresentou maior custo de manutenção, quase seis vezes superior ao controle predominantemente químico e praticamente o dobro do controle com roçada nas entrelinhas e capina nas faixas de plantio. Este autor constatou que a grande contribuição para aumento do custo (38,3%) foram as capinas manuais para limpeza da área, por isso neste tratamento foi aplicado herbicida em área total antes do plantio das mudas das espécies arbóreas, para substituir a capina. Nota-se de fato que a capina em área total, realizada aos seis meses para facilitar o crescimento das leguminosas herbáceas, foi a operação com menor rendimento e conseqüentemente maior custo operacional (Tabela 6). Porém, essa atividade foi realizada em apenas uma ocasião, tendo em vista que o preparo da área, para semeadura de leguminosas, foi realizado com aplicação de herbicida em área total e localizado. Essas aplicações, com maior rendimento operacional, contribuíram para diminuir os custos do consórcio até os 19 meses após o plantio das mudas das espécies arbóreas.

A redução de custos no tratamento Quím_cultural, em relação ao método Mecânico (Tabela 6) e aos valores encontrados por Santos (2016), é importante para viabilizar o emprego de leguminosas como estratégia de controle de plantas espontâneas e permitir o emprego de maior diversidade de técnicas de controle. Como destacam Chauhan et al. (2017), é importante que o controle de plantas espontâneas, em qualquer sistema, busque técnicas inovadoras, ecologicamente corretas, econômicas e sustentáveis, que possam tornar o controle mais diversificado e evitar possíveis efeitos negativos no emprego de apenas uma técnica de controle.

Além do maior custo com insumos (Tabela 5), o tratamento Papelão apresentou terceiro maior custo operacional. Gonçalves et al. (2018) compararam o custo do coroamento manual com coroamento com papelão, na formação de povoamento para restauração florestal em espaçamento 2 m x 2 m, no município de Seropédica - RJ. Os autores concluíram que o coroamento com papelão foi cerca de 42% inferior ao coroamento manual, resultados que eram esperados nesse estudo. No entanto, como discutido no capítulo I, em razão da baixa durabilidade do papelão neste experimento, o tempo não foi suficiente para abater o custo de aquisição, preparo e transporte das embalagens (Tabela 5). Devido a demanda de novas estratégias de controle de plantas espontâneas e o potencial do uso do papelão, visto que em muitas situações é um resíduo,

considera-se que ainda são necessários estudos com objetivo de avaliar diferentes tratamentos das embalagens de papelão para emprego em regiões com condições climáticas semelhantes às encontradas nesse estudo.

Ao final de 19 meses, constatou-se que 46,8% dos gastos no tratamento Mecânico foram com intervenções de controle da vegetação espontânea (Figura 10). Valores semelhantes foram observados no tratamento Quím_cultural (43,4%) e Papelão (43,8%). Nos tratamentos que envolveram maior número de aplicações de herbicida, essa contribuição foi bem menor, com 12,2% no Químico e 28,5% no Quím_mecânico. Cabe ressaltar que há uma tendência no aumento da contribuição percentual do controle de plantas espontâneas, para o custo total após os 19 meses, tendo em vista que a maioria dos tratamentos ainda necessita de intervenções. Segundo Leles et al. (2015), dependendo das condições de infestação de espécie(s) espontânea(s) e do espaçamento de plantio, os custos com controle de plantas espontâneas podem representar até 60% dos custos com a formação de povoamentos para restauração florestal.

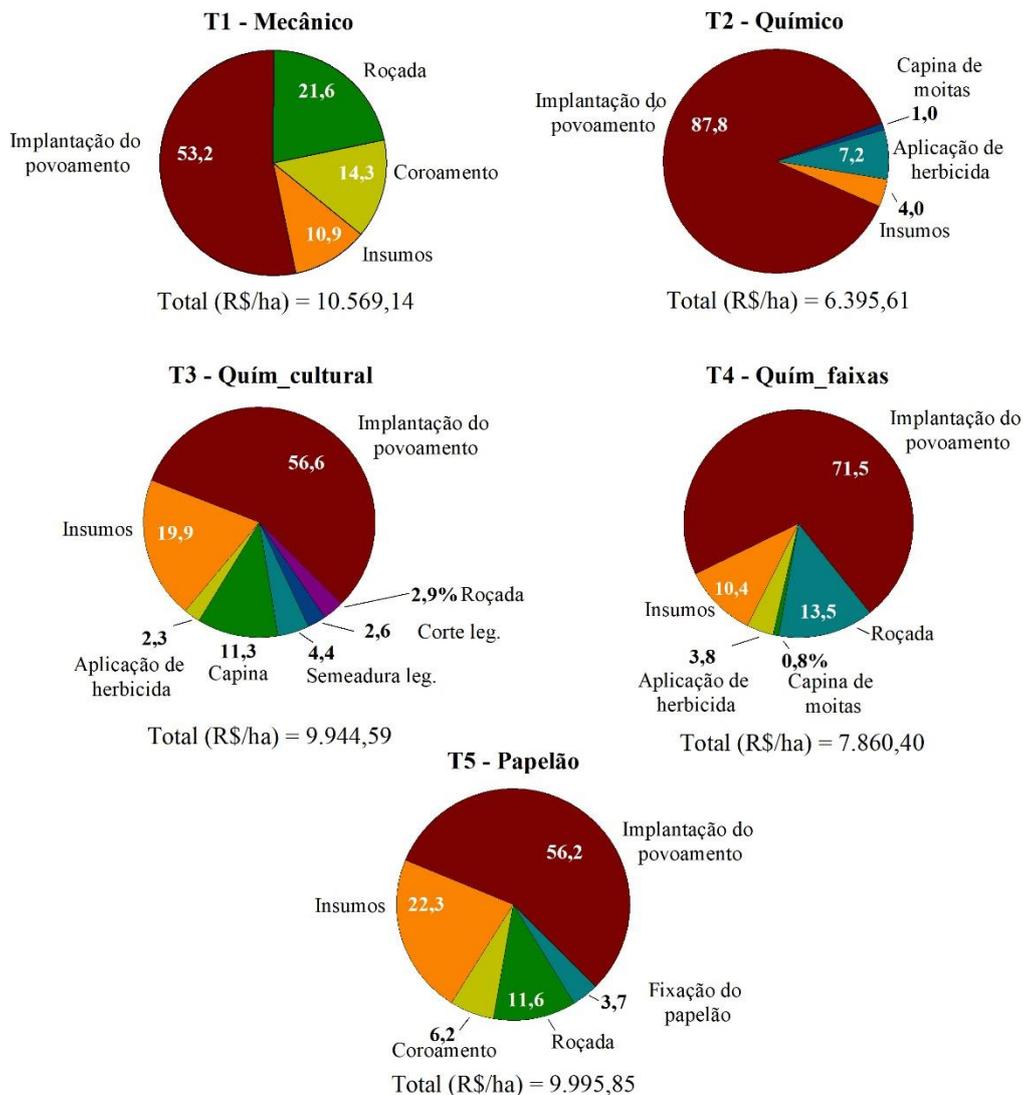


Figura 10: Contribuição percentual (%) de itens relativos aos custos de implantação e de manutenção de cinco estratégias de controle de plantas espontâneas para

formação de povoamentos para restauração florestal, até 19 meses após plantio, município de Cachoeiras de Macacu, RJ

Considerando os custos de insumos (Tabela 5) e custos operacionais (Tabela 6) todos os tratamentos se mostraram mais econômicos que o tratamento Mecânico. O tratamento Químico foi o mais barato, apresentando custo total cerca de 40% menor que tratamento Mecânico. Esta diferença tende a aumentar, pois o primeiro ainda necessita de manutenção pelo menos por mais um ano, conforme também mencionado por Santos et al. (2018) e o crescimento das plantas e a redução da infestação (capítulo I desta dissertação) indicam que para o químico não há mais necessidade de intervenção. Cabe destacar, que a escolha do melhor método de controle também está relacionada às condições da área. Kimball et al. (2015) em análise de custo-eficácia dos métodos de restauração, constataram que a variação ambiental influenciou fortemente o sucesso da restauração e a relação custo-efetividade. Nesse sentido, torna-se indispensável o diagnóstico prévio das condições locais na escolha do método de controle, pois em determinados locais, um método de controle pode apresentar custo inferior.

O percentual de contribuição do controle de plantas espontâneas para o custo total, principalmente no tratamento Mecânico (Figura 10), indica a importância do emprego de técnicas mais eficazes e baratas. O método de restauração florestal através do plantio de mudas é um dos mais utilizados e apresenta como uma das principais desvantagens os custos elevados (TRETIN et al., 2018) tornando indispensáveis as estratégias que minimizem esses custos.

4. CONCLUSÕES

As atividades mecânicas de controle de plantas espontâneas apresentaram menor eficácia e menor rendimento operacional, contribuindo para que o tratamento Mecânico apresente o maior custo no controle de plantas espontâneas.

O controle com aplicação de herbicida em área total é a estratégia com menor necessidade de insumos e número de intervenções. Além disso, essa operação apresenta o maior rendimento, contribuindo para o menor custo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, J. M. **Análise dos Viveiros e da Legislação Brasileira sobre Sementes e Mudas Florestais Nativas no Estado do Rio de Janeiro**. 2013. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BENINI, R. M.; LENTI, F. E. B.; TYMUS, J. R. C.; SILVA, A. P. M.; ISERNHAGEN, I. Custos de restauração da vegetação nativa no Brasil. In: BENINI, R. M.; ADEODATO, S. (org.). **Economia da Restauração Florestal**. São Paulo: The Nature Conservancy, p.20-37, 2017.

CARVALHO, R. G. S. **Recipientes na produção de mudas florestais, transporte, tempo e movimento na atividade de plantio e sobrevivência**. 2015. 23 p. Monografia (Conclusão de Curso Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

CHAUHAN, B. S.; MATLOOB, A.; MAHAJAN, G.; ASLAM, F.; FLORENTINE, S. K.; JHA, P. Emerging challenges and opportunities for education and research in weed Science. **Frontiers in Plant Science**, v.8, p.1-13, 2017.

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.

KIMBALL, S.; LULOW, M.; SORENSON, Q.; BALAZS, K.; FANG, Y.; DAVIS, S. J.; O'CONNELL, M.; HUXMAN, T. E. Cost effective ecological restoration. **Restoration Ecology**, v.23, n.6, p.800–810, 2015.

KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; SILVA, G. F.; CALDEIRA, M. V. W.; PIMENTA, L. R.; TOLEDO, J.V. Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata de Tabuleiros-ES. **Revista Árvore**, v.39, n.1, p.69-79, 2015.

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, p. 101-153, 2015.

LOPÉZ, R. E. S. *Canavalia ensiformis* (L.) DC (Fabaceae). **Revista Fitos**, v.7, n.3, 2012.

MANTOANI, M. C.; DIAS, J.; TOREZAN, J. M. D. Roçagem e aplicação de herbicida para controle de *Megathyrus maximus*: danos sobre a vegetação preexistente em um reflorestamento de 20 anos. **Ciência Florestal**, v.26, n.3, p 839-851, 2016.

PEH, K. S.; BALMFORD, A.; FIELD, R. H.; LAMB, A.; BIRCH, J. C.; BRADBURY, R. B.; BROWN, C.; BUTCHART, S. H. M.; LESTER, M.; MORRISON, R.; SEDGWICK, I.; SOANS, C.; STATTERSFIELD, A. J.; STROH, P. A.; SWETNAM, R. D.; THOMAS, D. H. L.; WALPOLE, M.; WARRINGTON, S.; HUGHES, F. M. R. Benefits and costs of ecological restoration: Rapid assessment of changing ecosystem service values at a U.K. wetland. **Ecology and Evolution**, v.20, n.4, p.3875–3886, 2014.

SANTOS, F. A. M. **Formação de povoamento para restauração florestal sob estratégias de controle de *Urochloa* sp.** 2016. 98p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

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.

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

SEIFERT J. R.; SELIG, M. F.; MORRISSEY, R. C. **Weed Competition Control in Hardwood Plantations**. West Lafayette: Purdue University Cooperative Extension, 2011. 8p.

TRENTIN, B. E.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F. S.; GORENSTEIN, M. R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, v.28, n.1, p.160-174, 2018.

VASIC, V.; ORLOVIC, S.; GALIC, Z. Forest vegetation and management –Serbia. In: WILLOUGHBY, I.; BALANDIER, P.; BENTSEN, N.S.; MC CARTHY, N.; CLARIDGE, J. (org). **Forest vegetation management in Europe**. COST Office, p.117–122, 2009.

CAPÍTULO III

CRESCIMENTO E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM CONVIVÊNCIA COM *Urochloa brizantha*

RESUMO

Muitos povoamentos visando restauração florestal são implantados em locais com presença de espécies de gramíneas, que dificulta a formação destes povoamentos. Objetivou-se avaliar a influência da convivência de *Urochloa brizantha* var. Marandu sobre o crescimento e concentração de macronutrientes na parte aérea das espécies arbóreas *Cordia trichotoma*, *Guarea guidonia* e *Peltophorum dubium*. Para isso, mudas das espécies arbóreas foram transplantadas em vasos com capacidade de 18 litros e mantidas livres da braquiária durante três meses. Após esse período, foram adotados três tratamentos que consistiram da testemunha, duas plantas de braquiária e quatro plantas de braquiária por vaso. Foi avaliada a altura, a cada 21 dias, até 84 dias de convivência. Nesta última avaliação, mediu-se também o diâmetro do coleto e a massa de matéria seca das plantas arbóreas e também coletou material para determinar o acúmulo de nutrientes de *Cordia trichotoma* e de *Guarea guidonia*. Já para *Peltophorum dubium*, o experimento não foi coletado aos 84 dias. Nessa ocasião as plantas de braquiária foram podadas à 2 cm do solo e o experimento seguiu-se até 168 dias. A média de incremento em diâmetro de *C. trichotoma* e *G. guidonia*, área foliar e massa de matéria seca da parte aérea de *G. guidonia*, e acúmulo de potássio e magnésio nas folhas de *C. trichotoma* foram afetados de maneira significativa pela presença de *U. brizantha*, em relação à testemunha. Para *P. dubium*, mantida por maior período de tempo, constatou-se que *U. brizantha* afetou negativamente o acúmulo de matéria seca e de macronutrientes da espécie. Plantas livres de convivência, apresentaram maior produção de raízes, galhos, folhas, área foliar, massa média por folha e teores de nitrogênio e cálcio radicular. Conclui-se que a presença de *Urochloa brizantha* apresenta limitação ao crescimento das espécies arbóreas.

Palavras-chave: competição, restauração florestal, espécies arbóreas nativa e *Urochloa brizantha*

ABSTRACT

Many stands aiming forest restoration are implanted in places with presence of grass species, which hinders the formation of these stands. The objective of this study was to evaluate the influence of the coexistence of *Urochloa brizantha* var. Marandu on the growth and concentration of macronutrients in the aerial part of the tree species *Cordia trichotoma*, *Guarea guidonia* and *Peltophorum dubium*. For this, tree species changes were transplanted in 18-liter pots and kept free of the brachiaria for three months. After this period, three treatments consisted of the control, two brachiaria plants and four brachiaria plants per pot. The height was evaluated every 21 days, up to 84 days of coexistence. In this last evaluation, the collecting diameter and dry matter mass of the tree plants were also measured and also collected material to determine the nutrient accumulation of *Cordia trichotoma* and *Guarea guidonia*. As for *Peltophorum dubium*, the experiment was not collected at 84 days. At that time, brachiaria plants were pruned 2 cm from the soil and the experiment was followed up to 168 days. The mean increase in diameter of *C. trichotoma* and *G. guidonia*, leaf area and dry matter mass of *G. guidonia* aerial part, and accumulation of potassium and magnesium in leaves of *C. trichotoma* were significantly affected by the presence of *U. brizantha*, relative to the control. For *P. dubium*, maintained for a longer period of time, it was verified that *U. brizantha* negatively affected the accumulation of dry matter and macronutrients of the species. Plants free of coexistence showed higher root production, roots, leaves, foliar area, average mass per leaf and nitrogen and root calcium contents. It is concluded that the presence of *Urochloa brizantha* presents limitation to the growth of the tree species.

Key words: competition, forest restoration, native tree species and *Urochloa brizantha*.

1. INTRODUÇÃO

A restauração florestal é uma etapa chave em programas de conservação e um passo essencial para a busca da sustentabilidade. Entre as técnicas disponíveis, a restauração ativa, com emprego de mudas ou sementes de espécies nativas da região onde será formado o povoamento, é uma das maneiras mais utilizadas em ambientes degradados (LU et al., 2017).

Os projetos de restauração com plantio de mudas, quando comparados aos projetos de regeneração passiva, muitas vezes apresentam custos elevados (CROUZEILLES et al., 2017; TRENTIN et al., 2018), sendo parte significativa destes, relacionada às atividades de manejo de plantas espontâneas. Na região Sudeste do Brasil, a maior parte das áreas degradadas é ocupada por pastagens abandonadas ou mal utilizadas, onde predominam espécies de gramíneas, como as braquiárias - *Urochloa* spp. (RESENDE & LELES, 2017), que são as espécies forrageiras mais cultivadas na América do Sul e suportam uma grande parte do rebanho bovino nacional (MARCHI et al., 2017). Estas são altamente adaptadas às condições de alta luminosidade (ZHONG et al., 2018), apresentando elevada capacidade em adquirir e converter recursos como luz, água e nutrientes (HALING et al., 2013).

Mesmo com espécies bem adaptadas às condições tropicais, o manejo inadequado de áreas de pastagens favorece a ocorrência de processos de degradação (FONTE et al., 2014), passando a não suportar a alimentação dos animais, e serem abandonadas. Assim, essas áreas acabam sendo os locais destinados a atender as exigências da legislação ambiental, como projetos de restauração florestal a partir da formação de povoamentos com espécies arbóreas nativas.

Devido ao espaçamento relativamente amplo entre as “linhas” de plantio e a pouca cobertura do solo pela copa das plantas, nas primeiras fases de estabelecimento do povoamento (VASIC, 2012), as áreas de plantio podem favorecer o crescimento e o desenvolvimento de gramíneas, como as braquiárias, dificultando o processo de restauração. Dessa forma, as espécies arbóreas que apresentam crescimento relativamente lento precisam competir por recursos com espécies que já estão adaptadas na área. Com isso, para otimizar estratégias de controle, como o emprego de técnicas mecânicas, químicas e culturais, faz-se necessário entender como as espécies arbóreas se comportam na presença de espécies espontâneas.

Estudos sobre a influência da matocompetição com plantas de eucalipto são bem relatados na literatura (SILVA et al., 2004; PEREIRA et al., 2011). Porém, informações sobre respostas de espécies arbóreas da Mata Atlântica à competição com plantas espontâneas ainda são incipientes. Estes estudos são importantes para gerar informações que permitam realizar o controle de plantas espontâneas de maneira mais eficiente, com práticas de controle mais adequadas e empregadas no momento mais adequado para cada situação (SWANTON et al., 2015), inclusive com identificação de espécies arbóreas nativas com maior potencial de competição com as espécies do gênero *Urochloa*.

Como destacam Medeiros et al. (2016), trabalhos que auxiliem na identificação de materiais genéticos menos sensíveis à interferência de plantas espontâneas tornam-se relevantes para a redução das perdas e dos custos com o manejo destas em reflorestamentos. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da interferência de *Urochloa brizantha* no crescimento inicial e na concentração de macronutrientes da parte aérea de três espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização do experimento

O estudo foi realizado no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Agrobiologia), localizada no município de Seropédica, RJ, coordenadas (22°45'18.42"S, 43°40'4.41"O). De acordo com dados coletados na estação meteorológica do INMET (Ecologia Agrícola), durante a condução do estudo (maio de 2017 a março de 2018) a precipitação acumulada foi de 860 mm, com maior incidência de chuvas entre dezembro e fevereiro e menor entre junho e agosto. A temperatura máxima foi de 38,3°C, registrada em janeiro, enquanto a mínima foi de 19,0°C, registrada em julho.

Foram utilizadas mudas de três espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica: *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. (louro-pardo), *Guarea guidonia* (L.) Sleumer (carrapeta) e *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (farinha-seca) produzidas em sacos plásticos de 9,7 x 20,0 cm (diâmetro x altura). A espécie competidora utilizada foi *Urochloa brizantha* (Stapf) Webster cv. Marandu, comumente encontrada em áreas destinadas a restauração florestal no estado do Rio de Janeiro.

O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 18 litros, com diâmetro superior de 30 cm, diâmetro inferior de 25 cm e altura de 28 cm. O substrato utilizado foi uma mistura de Argissolo Amarelo com biossólido de lodo de esgoto, na proporção volumétrica de 9:1. A análise de fertilidade do substrato utilizado apresentou os resultados: pH = 5,8; P = 146; K⁺ = 91 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 6,1 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,7 cmol_c dm⁻³; H + Al = 2,3 cmol_c dm⁻³; CTC = 10,4 cmol_c dm⁻³ e teor de matéria orgânica de 3,6 dag kg⁻¹.

O estudo teve início com o transplântio de 24 mudas de cada espécie para os vasos. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e oito repetições de uma planta cada. Os tratamentos foram definidos como: T0 - ausência de plantas de braquiária, T2 - duas plantas de braquiária por vaso, correspondente a densidade média de plantas de braquiária na área de pastagem e T4 - quatro plantas de braquiária por vaso, aproximadamente o dobro da densidade média. A definição do número de plantas de braquiária foi feita a partir da amostragem realizada no município de Cachoeiras de Macacu, RJ, utilizando gabarito de 1 m x 1 m, alocado aleatoriamente na área. Contou-se o número de plantas presentes em 10 repetições, sendo obtida uma densidade média de 23 plantas por m².

Os vasos foram mantidos espaçados e a pleno sol durante todo o período do experimento. Nos primeiros três meses, as plantas das três espécies arbóreas ficaram sem braquiária, com o objetivo de promover adaptação e crescimento inicial das espécies arbóreas, simulando o estabelecimento das plantas em campo, em que se realizou previamente o controle com a eliminação das plantas espontâneas, como, por exemplo, o controle químico ou coroamento (capina com enxada).

As mudas de braquiária foram cultivadas em bandejas contendo areia e transplantadas com cerca de 5 cm para os vasos, 3 meses após o plantio das espécies arbóreas nesses recipientes.

A densidade populacional das plantas de braquiária foi mantida durante todo experimento, sendo eliminadas outras espécies vegetais que emergiram nos vasos. A partir do transplântio da braquiária, os vasos foram irrigados manualmente, sendo o conteúdo de água no solo monitorado pelo medidor eletrônico Hidrofarm, com a instalação de 3 sondas em três vasos do tratamento testemunha de cada espécie. Inicialmente, foi realizada calibração do equipamento em laboratório, na qual foram confeccionadas 3 colunas de material de mesmo solo utilizando tubos de PVC com 100 mm de diâmetro e 30 cm de altura. Em cada coluna foi instalada uma sonda Hidrofarm e após saturação, foram realizadas diariamente leituras no

sensor e determinação direta da umidade do solo por gravimetria, possibilitando obter a curva de calibração. Dos recipientes contendo as plantas foram retiradas amostras com anel volumétrico na profundidade de 0-10 cm para determinação da umidade do solo referente à capacidade de campo do substrato. Assim, a cada leitura da sonda, o valor do volume de água a ser aplicado era determinado pela equação:

$$VSI = \{\theta_{cc} - (0.0145 * U - 0.0544)\} * prof_v * Area_v * 1000$$

em que: VSI – Volume a ser irrigado (L), θ_{cc} – capacidade de campo do substrato dos vasos ($cm^3 cm^{-3}$), U - Valor médio de umidade (%) determinado pelos sensores, $prof_v$ – Profundidade do vaso (m) e $Area_v$ - Área superior do vaso (m^2).

2.2. Avaliações

No momento do transplântio da braquiária foram realizadas medições de altura da parte aérea e do diâmetro do coleto das três espécies arbóreas, com auxílio de régua graduada e paquímetro digital, respectivamente. As avaliações de altura foram repetidas a cada 21 dias. Aos 84 dias, para *C. trichotoma* e *G. guidonia* o experimento foi encerrado. Para *P. dubium*, na ocasião a braquiária foi podada, simulando o controle mecânico, e o experimento foi mantido até 168 dias após o transplântio da braquiária.

Na última avaliação, o diâmetro do coleto foi novamente mensurado, para obtenção do incremento em diâmetro (ID), e a parte aérea das plantas arbóreas e da braquiária foram cortadas, a 2 cm do solo do vaso, 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 (AF) 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 separado da espécie arbórea e da braquiária, foram lavados em água corrente, colocados para secar em bancada de laboratório a sombra por dois dias e em seguida colocados em sacos de papel.

A parte aérea e o sistema radicular foram secos em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, durante 72 horas. Após pesagem em balança analítica, foram obtidas as massas de matéria seca da parte aérea das plantas arbóreas (MSPA) e da braquiária (MSPA.B), bem como as massas de matéria seca do sistema radicular de ambas (MSR) e (MSR.B).

Posterior à pesagem, para cada espécie arbórea, foram selecionadas quatro plantas de cada tratamento, mais próximas do valor médio de MSPA. As folhas dessas plantas e as da braquiária presentes nos vasos (T2 e T4) foram, separadamente, moídas e enviadas para laboratório de análise de tecido vegetal para determinação do teor de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Para *P. dubium*, também foram enviadas as raízes

2.3. Análises estatísticas

Para atender às pressuposições da análise de variância, as variâncias dos dados de crescimento e acúmulo de nutrientes foram submetidas ao teste de homogeneidade de variâncias de Bartlett e os resíduos tiveram sua normalidade testadas pelo teste de Shapiro-wilk. Quando os pressupostos não foram atendidos, empregou-se a metodologia Box-Cox (BOX; COX, 1964) para encontrar a transformação adequada para estabilizar ou reduzir a variabilidade existente e normalizar os resíduos, para que os dados pudessem apresentar uma distribuição aproximadamente normal. Posteriormente, realizou-se a análise de variância e em caso de

significância ($P \geq 0,95$) aplicou-se teste de comparação de médias de Tukey ao nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista que duas das espécies arbóreas foram coletadas aos 84 dias, enquanto a outra foi mantida por maior período de tempo, os resultados e discussão foram divididos em duas seções: Crescimento e concentração de nutrientes de *Cordia trichotoma* e *Guarea guidonia* e crescimento e concentração de nutrientes de *Peltophorum dubium*.

3.1. Crescimento e concentração de nutrientes de *Cordia trichotoma* e *Guarea guidonia*

A convivência com *Urochloa brizantha* não afetou negativamente o crescimento em altura de ambas as espécies arbóreas, ao final dos 84 dias de convivência (Figura 11). Na comparação entre a primeira e última avaliação, o incremento em altura nos tratamentos foi de 20,9 (T0), 18,3 (T2) e 17,4 cm (T4) para *C. trichotoma*, e 11,4 (T0), 8,0 (T2) e 8,9 cm (T4) para *G. guidonia*.

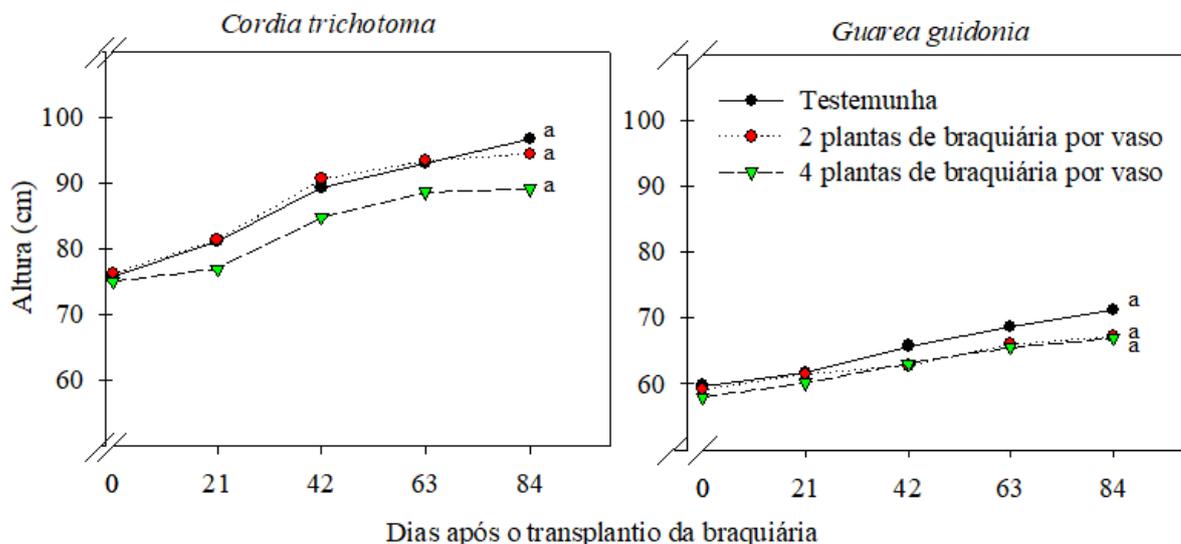


Figura 11: Valores médios de altura da parte aérea de duas espécies arbóreas, em convivência com *Urochloa brizantha*, em condição de vaso. Testemunha - ausência de plantas de braquiária; 2 e 4 plantas de braquiária por vaso. Para cada espécie, mesmas letras após as curvas de crescimento, indicam que os tratamentos não diferem entre si, quanto ao incremento em altura (0-84 dias), pelo teste de Tukey ($P \geq 0,95$)

O incremento em diâmetro (ID) de *C. trichotoma* foi afetado de maneira significativa pela presença de *U. brizantha*, com média significativamente superior no tratamento com ausência de braquiária (Tabela 7). Para *G. guidonia* o tratamento T0 proporcionou valores significativamente maiores no ID (44%), AF (32%) e MSPA (41%). A relação MSPA/MSR no T4 foi cerca 35% maior que no T0. Para a maioria das variáveis de *G. guidonia* afetadas pela braquiária, as plantas do T2 apresentaram menor crescimento.

Por apresentarem rápido crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular (BATISTA et al., 2011), espera-se que espécies de braquiária apresentem forte competição pelos fatores ambientais com plantas cultivadas. Alguns estudos demonstraram o efeito na redução de crescimento das espécies arbóreas em competição com espécies de braquiária.

Pereira et al. (2011) constataram redução de crescimento de *Corymbia citriodora*, em convivência com *U. decumbens* a partir de 20 plantas m⁻². Resultados semelhantes foram obtidos com *Eucalyptus grandis* em competição com *U. brizantha* (SILVA et al., 2004) e *Pinus elliottii* com *U. plantaginea* e *U. humidicola* (PEREIRA et al., 2016). Em estudos com espécies arbóreas nativas, Monquero et al. (2015) avaliaram o efeito do aumento da densidade de *U. decumbens* sobre o crescimento das arbóreas *Senegalia polyphylla*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Ceiba speciosa* e *Luehea divaricata* e constataram que a presença da competidora afetou negativamente o crescimento de plantas das espécies arbóreas mesmo na menor densidade de duas plantas por vaso.

Com base na similaridade entre os parâmetros de crescimento, principalmente de *C. trichotoma* (Tabela 7) e a tendência de inflexão das curvas de crescimento em altura, sempre mais ascendente quando não havia a presença da braquiária, sugere-se que o período experimental tenha sido curto, ou ainda, que o período anterior a interferência (PAI) da braquiária não tenha sido atingido.

No início do período de crescimento, espécies cultivadas e plantas espontâneas podem coexistir por um certo período de tempo, em que o ambiente pode fornecer recursos requeridos por ambas (BRIGHENTI & OLIVEIRA, 2011). Na restauração florestal, há uma dificuldade no estabelecimento desses períodos, uma vez que são plantios de alta diversidade, com espécies de diferentes ritmos de crescimento e plantas indesejadas bastante agressivas (RESENDE & LELES, 2017). O maior acúmulo de matéria seca e maior relação MSR.B/MSR da braquiária em convivência com *G. guidonia*, resultando na redução de algumas variáveis de crescimento, indicam que nas condições do estudo o tempo limite para convivência da planta com a braquiária deve ser em torno de 60 a 80 dias. Já para *Cordia trichotoma*, com redução apenas do ID, provavelmente o período de limite de interferência deve ser superior a 84 dias.

Cabe destacar que o efeito do período inicial de estabelecimento das plantas foi considerado, simulando um controle prévio e nova emergência da braquiária após 3 meses. Segundo Kropff e Spitters (1991), um dos fatores mais importantes ligados a competição é o tempo de emergência das plantas espontâneas em relação às plantas cultivadas. Plantas que emergem após o estabelecimento da cultivada são menos competitivas em termos de redução do crescimento da planta de interesse, quando são plantadas em conjunto ou com a presença das espontâneas (SWANTON et al., 2015). É possível que, quanto mais rápido for a chegada da braquiária menor será o período em que as plantas podem coexistir sem danos ao crescimento.

A *U. brizantha* também apresentou acúmulo de massa distinta, quando estava com 2 ou 4 plantas por vaso (Tabela 7). O acúmulo de matéria seca total (MSPA.B+MSR.B) no T2 foi superior em cerca de 36% em convivência com *C. trichotoma* e 51% com *G. guidonia*, quando comparado com o tratamento em que foram plantadas 4 mudas de braquiária por vaso. Além disso, a relação ente o acúmulo de massa seca de raízes das plantas de braquiária e arbórea (MSRB/MSR) foi superior quando em convivência com *Guarea guidonia* em cerca de 81% no T2 e 80% em T4, em relação a *C. trichotoma*.

Não houve efeito de diminuição do crescimento das plantas arbóreas com aumento de 2 para 4 plantas de braquiária por vaso (Tabela 7). Pereira et al. (2011), avaliando o efeito da convivência de densidades crescentes de plantas *U. decumbens* no crescimento inicial de plantas de *C. citriodora*, observaram que houve redução da massa seca de *U. decumbens* com o aumento do número de plantas em convivência, indicando haver competição intraespecífica para a espécie conforme sua densidade aumenta.

Tabela 7: Incremento em diâmetro do coleto (ID), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) de duas espécies arbóreas e de *Urochloa brizantha* (MSPA.B e MSR.B), 84 dias após transplântio da braquiária para os vasos, sob três tratamentos de convivência. MSPA/MSR - Relação entre massa de matéria seca da parte aérea e de raízes das plantas arbóreas; MSR.B/MSR – relação entre massa de matéria seca de raízes da braquiária e das plantas arbóreas

Plantas de braquiária por vaso	ID	AF	MSPA	MSR	MSPA/MSR	MSPA.B	MSR.B	MSR.B/MSR
	(mm)	(cm ²)	----- g/planta -----	----- g/planta -----		----- g/planta -----		
	----- <i>Cordia trichotoma</i> -----				----- <i>Urochloa brizantha</i> -----			
0	7,2 a (1,5)	2817 a (817)	71,8 a (17,0)	42,2 a (15,0)	1,8 a (0,3)	-	-	-
2	6,8 ab (1,8)	2337 a (525)	73,4 a (24,0)	57,7 a (12,1)	1,3 a (0,3)	11,6 a (1,9)	20,4 a (6,5)	0,4 a (0,1)
4	4,9 b (1,3)	2506 a (625)	70,1 a (11,2)	51,7 a (10,7)	1,4 a (0,2)	8,6 a (3,7)	12,0 b (3,7)	0,2 a (0,08)
	----- <i>Guarea guidonia</i> -----				----- <i>Urochloa brizantha</i> -----			
0	7,0 a (1,8)	2120 a (423)	50,2 a (13,1)	32,8 a (13,0)	1,5 ab (0,4)	-	-	-
2	3,9 b (1,2)	1532 ab (534)	29,4 b (11,9)	22,3 a (10,8)	1,3 b (0,7)	24,3 a (11,3)	46,4 a (16,5)	2,1 a (1,4)
4	5,5 ab (1,9)	1442 b (430)	43,5 ab (9,2)	21,6 a (9,1)	2,0 a (0,6)	13,6 b (4,7)	21,3 b (9,6)	1,0 a (0,6)

Para cada espécie, médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0,95$). Números entre parênteses referem-se ao desvio padrão.

Foram observadas diferenças significativas para *C. trichotoma* com relação ao efeito da convivência sobre a concentração de nutrientes nas folhas das plantas arbóreas (Tabela 8). Quando comparado à testemunha, os teores de potássio foram superiores nos tratamentos com a presença da braquiária (75%). Para magnésio, a concentração nas plantas do tratamento testemunha foram superiores as plantas do tratamento 2 (31%). As plantas de *G. guidonia* e *U. brizantha* não foram afetadas entre os tratamentos.

A redução da concentração de Mg na presença da braquiária, observado para *C. trichotoma*, não ocorreu para os demais nutrientes. Em solos com elevada disponibilidade de nutrientes, como o substrato utilizado no estudo, a competição pode ocorrer com outros recursos, com aproveitamento dos nutrientes para captura de luz e produção de matéria seca (AERTS, 1999). A eficiência em extração de nutrientes e produção de fitomassa de *U. brizantha* (BATISTA et al., 2011) aliado ao crescimento relativamente lento das espécies arbóreas nativas, pode ressaltar que, mesmo o teor de nutrientes das espécies arbóreas não sendo afetada inicialmente, o crescimento rápido da braquiária pode resultar em redução sobre o crescimento destas com o aumento do período de convivência.

Tabela 8: Teor (g kg^{-1}) foliar de nutrientes de duas espécies arbóreas e de *Urochloa brizantha* na ausência e em convivência com duas densidades da gramínea

Plantas de braquiária por vaso	<i>Cordia trichotoma</i>				
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
0	24,7 a (1,4)	1,9 a (0,2)	6,3 b (0,8)	31,6 a (8,3)	13,4 a (1,2)
2	27,2 a (1,9)	2,6 a (1,2)	10,7 a (2,8)	28,9 a (3,3)	9,2 b (2,0)
4	24,5 a (3,1)	3,1 a (1,7)	11,0 a (4,6)	34,1 a (4,1)	9,8 ab (2,4)
	<i>Urochloa brizantha</i>				
2	8,6 a (1,2)	3,6 a (0,4)	12,0 a (1,1)	23,1 a (6,1)	6,1 a (2,4)
4	8,8 a (0,6)	3,6 a (1,8)	12,5 a (3,0)	20,3 a (7,4)	5,6 a (2,2)
	<i>Guarea guidonia</i>				
0	22,7 a (2,6)	1,8 a (0,6)	8,4 a (3,3)	12,8 a (1,8)	3,1 a (0,4)
2	22,1 a (1,0)	2,9 a (0,4)	10,9 a (1,8)	9,6 a (1,8)	2,6 a (0,7)
4	21,5 a (3,4)	2,0 a (0,9)	12,5 a (4,4)	10,3 a (2,9)	2,4 a (0,5)
	<i>Urochloa brizantha</i>				
2	6,7 a (0,9)	3,9 a (0,6)	15,7 a (2,0)	3,2 a (0,8)	2,7 a (0,2)
4	6,1 a (0,4)	3,7 a (0,5)	14,6 a (1,6)	3,4 a (0,3)	3,0 a (0,5)

Para cada espécie arbórea ou braquiária, médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Números entre parênteses referem-se ao desvio padrão.

3.2. Crescimento e concentração de nutrientes de *Peltophorum dubium*

Na comparação entre a primeira e última época de avaliação (0 e 168 dias), o incremento em altura foi de 40,5, 36,2 e 32,8 cm, nos tratamentos 0, 2 e 4 plantas de braquiária por vaso, respectivamente, sem diferença significativa. Aos 84 dias foi feito um corte de uniformização da braquiária. Entre esse corte (84 dias) e 147 dias, foi o único período em que se obteve diferença significativa entre as médias, com valor superior no tratamento 0 (Figura 12A). Embora sejam necessários mais estudos para checar esse resultado, o corte da braquiária aparentemente estimulou a competição entre as espécies. Ao observar a inflexão das curvas de crescimento em altura, o efeito significativo no incremento entre 84 e 147 dias e a redução na produção de MSG e MSF (Figura 12B) nota-se que a braquiária afetou negativamente o crescimento da parte aérea de *Peltophorum dubium*.

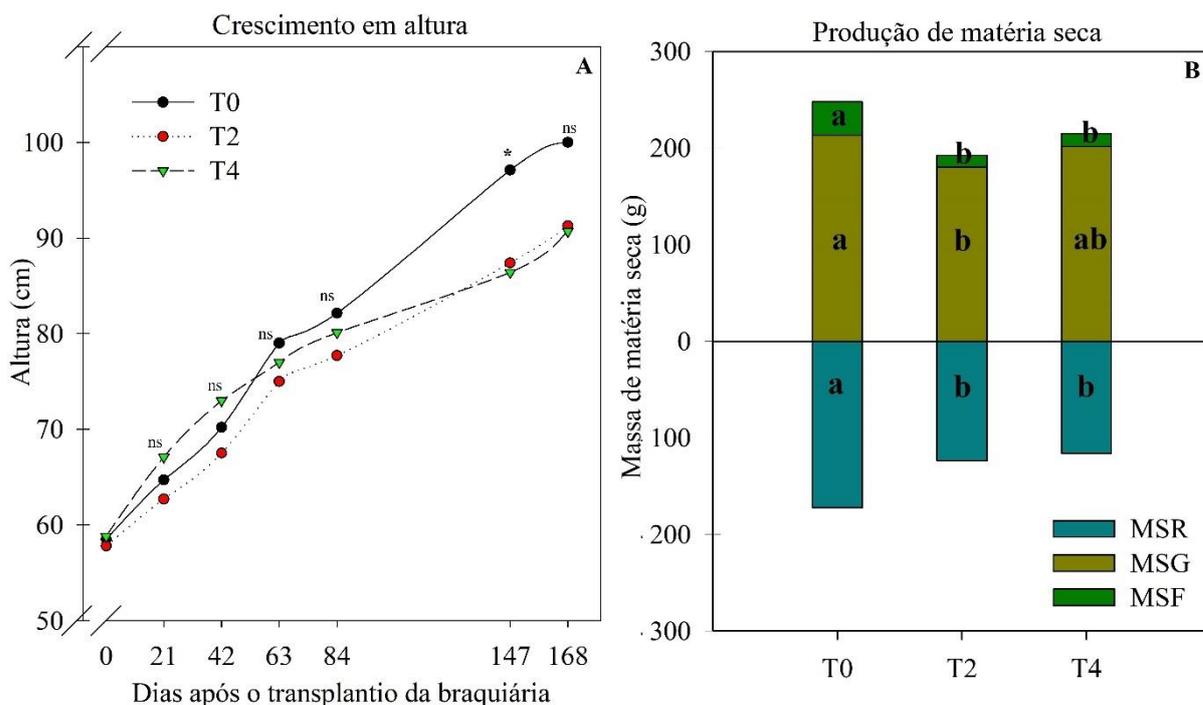


Figura 12: Crescimento em altura em diferentes idades (A) e acúmulo de massa de matéria seca em diferentes compartimentos (B), de *Peltophorum dubium* em convivência com *Urochloa brizantha* durante 168 dias, em condições de vaso. T0 – ausência de plantas da braquiária; T2 – duas plantas de braquiária por vaso; T4 – quatro plantas de braquiária por vaso; MSR - massa de matéria seca de raízes; MSG - massa de matéria seca de galhos; MSF - massa de matéria seca de folhas. *O incremento em altura entre medições consecutivas difere entre tratamentos pelo teste de Tukey a 5%. Para cada compartimento da planta, letras diferentes entre tratamentos significam que estes diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0,95$)

O acúmulo de matéria seca dos diferentes compartimentos das plantas arbóreas (MSR, MSG e MSF) também diferiu entre os tratamentos, com maior valor para o tratamento 0 (Figura 12B). Em média os valores de matéria seca total (MST) foram de 419,8 g, 316,3 g e 330,8 g, para os tratamentos 0, 2 e 4 plantas de braquiária por vaso, respectivamente. Essa diferença foi visualmente perceptível, notando-se que diante da competição as folhas da espécie arbórea foram menores em tamanho e em menor número do que quando crescia em monocultivo. Essa percepção visual foi comprovada pelos valores de MS.P.F., indicando que as folhas dessas plantas, individualmente, acumularam mais matéria seca e área foliar quando em monocultivo (Tabela 9).

Tabela 9: Crescimento de plantas de *Peltophorum dubium* e *Urochloa brizantha* em convivência durante 168 dias, em condições de vaso

Plantas de braquiária por vaso	----- <i>Peltophorum dubium</i> -----				----- <i>Urochloa brizantha</i> -----		
	ID (cm)	AF (cm ²)	MSR MSPA	MS.P.F. (g/folha)	MSPA.B (g)	MSR.B (g)	MSR.B MSPA.B
0	10,9 a (2,1)	996,9 a (116)	0,7 a (0,21)	2,7 a (0,6)	-	-	-
2	11,8 a (1,8)	303,9 b (149)	0,6 a (0,13)	1,9 ab (0,8)	16,7 a (5,0)	33,66 a (16,6)	1,95 a (0,6)
4	11,1 a (1,4)	423,2 b (143)	0,5 a (0,09)	1,1 b (0,4)	9,9 b (1,7)	15,7 a (3,4)	1,62 a (0,4)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0,95$). Números entre parênteses referem-se ao desvio padrão. ID – incremento em diâmetro; AF – Área foliar; MSR/MSPA- relação entre matéria seca de raízes e parte aérea das plantas arbóreas; MS.P.F. Matéria seca por folha; MSPA.B e MSR.B – massa acúmulo de matéria seca da parte aérea e sistema radicular de plantas de braquiária; MSR.B/MSPA.B – relação entre matéria seca de raízes e parte aérea da braquiária.

Redução no crescimento da parte aérea de espécies arbóreas, em convivência com plantas de braquiária, a partir da densidade de 20 plantas por m², também foram obtidos com plantas de *Corymbia citriodora* (PEREIRA et al., 2011), *Pinus elliottii* (PEREIRA et al., 2016) e as espécies nativas *Senegalia polyphylla*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Ceiba speciosa* e *Luehea divaricata* (MONQUERO et al., 2015).

Aliado à redução do crescimento da parte aérea, as plantas dos tratamentos 2 e 4 precisam concorrer por espaço e nutrientes do substrato dos vasos. Zanine et al. (2004), destacam que a maior parte da competição entre plantas ocorre abaixo do solo, com a disputa por água e os nutrientes minerais, sendo que a espécie com sistema radicular de maior crescimento tende a ser favorecida.

Constata-se pela Tabela 9, que comparativamente à espécie arbórea, a relação entre matéria seca de raízes e de parte aérea da braquiária (MSPA.B /MSPA.B) é duas vezes maior que os valores observados para *P. dubium*. Esse resultado mostra o forte investimento que a braquiária faz no desenvolvimento de seu sistema radicular, tornando-a cada vez mais competitiva com o passar do tempo.

Avaliando a densidade de raízes e a profundidade efetiva do sistema radicular de seis gramíneas, Cunha et al. (2010) constataram que *U. brizantha* foi a espécie com maior densidade e profundidade efetiva de raízes, evidenciando a capacidade dessa espécie em crescimento radicular.

O acúmulo de matéria seca da braquiária foi significativamente superior no tratamento 2 (Tabela 9). É possível que ao adotar duas vezes a densidade de plantas de braquiária em área de pastagem (tratamento 4) tenha proporcionado a competição intraespecífica das plantas de braquiária, além de competir com a espécie arbórea. Outros estudos avaliando o efeito da competição entre espécies arbóreas e plantas de braquiária constataram redução das plantas com aumento da densidade destas (PEREIRA et al., 2011; 2016).

Maior crescimento radicular pode garantir aquisição eficiente de nutrientes, favorecer acúmulo de macronutrientes e conseqüentemente o crescimento da parte aérea (WANG et al., 2016). Aliada a redução de crescimento, a presença da braquiária prejudicou o acúmulo de

nutrientes da espécie arbórea (Tabela 10). Houve redução no teor de nitrogênio e cálcio radicular e dos estoques de cálcio, nitrogênio e fósforo radicular em função da competição.

Tabela 10: Teor (g kg⁻¹) e estoque (mg) de nutrientes de *Peltophorum dubium*, em duas partes da planta, em convivência com *Urochloa brizantha* durante 168 dias. TEOR – teor de nutrientes; EST – estoque de nutrientes

NPV	Folhas									
	-- Nitrogênio --		-- Fósforo --		-- Potássio --		-- Cálcio --		-- Magnésio --	
	TEOR	EST								
0	2,09a (0,3)	5064a (967)	0,17 a (0,02)	399a (52)	0,76a (0,06)	1834a (97)	0,71 a (0,07)	1724a (269)	0,19 a (0,01)	473a (67)
2	2,29a (0,4)	4552a (256)	0,18 a (0,03)	366a (36)	0,95 a (0,17)	1880a (159)	0,42 a (0,18)	871b (465)	0,20 a (0,01)	418a (58)
4	2,29a (0,2)	5145a (574)	0,17 a (0,02)	370a (60)	0,94 a (0,13)	2112a (373)	0,41 a (0,18)	904 b (379)	0,21a (0,03)	475a (81)
NPV	Raízes									
	-- Nitrogênio --		-- Fósforo --		-- Potássio --		-- Cálcio --		-- Magnésio --	
	TEOR	EST								
0	1,46a (0,15)	2561a (449)	0,15 a (0,01)	273 a (64)	0,34a (0,05)	599 a (156)	1,76a (0,16)	3105a (688)	0,37 a (0,05)	665 a (157)
2	1,13b (0,08)	1515b (750)	0,12 a (0,02)	166 ab (56)	0,37a (0,11)	439 a (14)	1,52b (0,11)	2021a (915)	0,34a (0,05)	473a (264)
4	1,11b (0,08)	1388b (154)	0,10 a (0,01)	124 b (18)	0,36a (0,09)	443a (101)	1,48b (0,02)	1858a (279)	0,30a (0,04)	375 a (63)

NPV = número de plantas de *Urochloa brizantha* por vaso. Em cada compartimento, médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \geq 0,95$). Números entre parênteses referem-se ao desvio padrão.

Em plantas de *U. brizantha* não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto aos teores e acúmulo de nutrientes nas raízes, com exceção ao acúmulo de nitrogênio (Tabela 11).

Tabela 11: Teor (g kg) e estoque (mg) de nutrientes de plantas de *Urochloa brizantha*, em duas partes da planta, em convivência com *Peltophorum dubium* durante 168 dias. TEOR – teor de nutrientes; EST – estoque de nutrientes

NPV	Parte aérea									
	-- Nitrogênio --		-- Fósforo --		-- Potássio --		-- Cálcio --		-- Magnésio --	
	TEOR	EST	TEOR	EST	TEOR	EST	TEOR	EST	TEOR	EST
2	1,01 a (0,1)	137a (37)	0,13 b (0,03)	17 b (3)	0,22 b (0,02)	30 b (9)	1,05 a (0,12)	141 a (38)	0,35 b (0,04)	47 b (14)
4	0,84 a (0,09)	75 b (7)	0,36 a (0,01)	33 a (5)	0,50 a (0,06)	44 a (7)	0,66 b (0,06)	58 b (6)	0,75 a (0,03)	68 a (12)
NPV	Raízes									
	-- Nitrogênio --		-- Fósforo --		-- Potássio --		-- Cálcio --		-- Magnésio --	
	TEOR	EST	TEOR	EST	TEOR	EST	TEOR	EST	TEOR	EST
2	1,01 a (0,1)	248 a (102)	0,13 a (0,03)	32 a (11)	0,22 a (0,02)	55 a (24)	1,05 a (0,12)	254 a (95)	0,35 a (0,04)	85 a (29)
4	0,93 a (0,09)	145 b (38)	0,14 a (0,01)	18 a (6)	0,21 a (0,02)	79 a (33)	0,93 a (0,06)	248 a (48)	0,33 a (0,04)	51a (12)

NPV = número de plantas de *Urochloa brizantha* por vaso. Para cada compartimento, médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \geq 0,95$). Números entre parênteses referem-se ao desvio padrão.

Espécies de braquiária apresentaram elevada capacidade de extrair nutrientes do solo, afetando negativamente a nutrição de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (MEDEIROS

et al., 2016) e reduzindo as porcentagens de macro e micronutriente de espécies arbóreas nativas (MONQUERO et al., 2015). Cabe destacar que, nem sempre as reduções no acúmulo de matéria seca, na presença de plantas espontâneas, estão relacionadas com redução no acúmulo de todos macronutrientes na planta, como observado nesse estudo.

Wang et al., (2005) avaliaram a competição intraespecífica entre plantas de *Atriplex prostrata* e observaram que a deficiência de nutrientes não foi um fator significativo para a redução na produção de biomassa da espécie, em altas densidades de plantas. Outros fatores que prejudicaram a fotossíntese, como a área foliar reduzida, correlacionada com reduções em biomassa de caules e folhas, e as menores taxas de fotossíntese líquida favoreceram o menor acúmulo de matéria seca da espécie.

Os resultados obtidos nesse estudo demonstraram que mesmo a poda da braquiária aos 84 dias, não foi suficiente para favorecer a espécie arbórea e eliminar a competição. As plantas de *U. brizantha* mantiveram o sistema radicular extraindo água e nutrientes do solo, rebrotando e prejudicando a espécie arbórea. Como destaca Craine & Dybzinsk (2013) a presença de mais de uma espécie de planta explorando determinado volume de solo pode induzir estresse hídrico e nutricional em uma dada planta, à medida que as plantas vizinhas adquirem recursos limitantes, o que reflete na redução de crescimento.

Esses resultados indicam a importância da adoção de estratégias de controle de espécies gramíneas que eliminem a competição e que não contribuam para onerar os custos de produção em povoamentos com *P. dubium*. Como destaca Monquero et al. (2015), estratégias de controle que não eliminem totalmente as plantas espontâneas em áreas com espécies arbóreas nativas podem não ser suficientes para o estabelecimento do povoamento florestal.

4. CONCLUSÕES

Pelas condições que foi realizado o estudo, após 84 dias de convivência, *Urochloa brizantha* interfere negativamente no crescimento das plantas de *G. guidonia*, enquanto que as plantas de *C. trichotoma* são pouco afetadas. Há efeito da presença da braquiária sobre a concentração de magnésio e potássio das plantas de *C. trichotoma*.

Durante 168 dias de convivência, a presença de *Urochloa brizantha* afeta negativamente o crescimento da parte aérea de plantas *Peltophorum dubium*, refletindo na menor produção de matéria seca de galhos, folhas e área foliar. Aliado a isso, há efeito da presença da braquiária na produção de matéria seca, teor de nitrogênio e de cálcio nas raízes da espécie arbórea.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERTS, R. Interspecific competition in natural plant communities: mechanisms, trad-offs and plan-soil feedbacks. **Journal of Experimental Botany**, v.50, n.330, v.50, p.29-37, 1999.

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.

BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. Biologia de plantas espontâneas. In: OLIVEIRA JR, R. S. CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas espontâneas**. Curitiba: Ominipax, 2011, p. 1-36.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, v.26, n.2, p.211-252, 1964.

CRAINE, J. M.; DYBZINSKI, R. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. **Functional Ecology**, v. 27, p.833-840, 2013.

CROUZEILLES, R.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R. L.; LINDENMAYER, D. B.; SANSEVERO, J. B. B.; MONTEIRO, L.; IRIBARREM, A.; LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**, v. 3, n. 11, p. 1 - 7, 2017.

CUNHA, F. F.; RAMOS, M. M.; ALENCAR, C. A. B.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; OLIVEIRA, R. A. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.2, p.351-357, 2010.

FONTE, S. J.; NESPER, M.; HEGGLIN, D.; VELÁSQUEZ, J. E.; RAMIREZ, B.; RAO, M. I.; BERNASCONI, S. M.; BÜNEMANN, E. K.; FROSSARD, E.; OBERSONB, A. Pasture degradation impacts soil phosphorus storage via changes to aggregate-associated soil organic matter in highly weathered tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 68, n. 1, p.150 – 157, 2014.

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.

KROPFF, M. J.; SPITTERS, C. J. T. A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of the weeds. **Weed Research**, v.31, n.2, p.97–105, 1991.

LU, Y.; RANJITKAR, S.; HARRISON, R. D.; XU, J.; OU, X.; MA, X.; HE, J. Selection of native tree species for Subtropical Forest Restoration in Southwest China. **PlosOne**, v.12, n.1, p.1-15, 2017.

MARCHI, S. R.; BELLÉ, J. R.; FOZ, C. H.; FERRI, J.; MARTINS, D. Weeds alter the establishment of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v.5, n.2, p.85 – 93, 2017.

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 espontâneas. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 147 - 157, 2016.

MONQUERO, P. A.; ORZARI, I.; SILVA, P. V.; PENHA, A. S. Interference of weeds on seedlings of four neotropical tree species. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37, n. 2, p. 219 - 232, 2015.

PEREIRA, M. R. R.; SOUZA, G. S. F.; SILVA, J. I. C.; MARTINS, D. Plant densities of *Urochloa decumbens* in coexistence with *Corymbia citriodora*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1803 - 1812, 2011.

PEREIRA, M. R. R.; SOUZA, G. S. F.; SILVA JUNIOR, A. C.; MARTINS, D. Development of pine along with weed species. **Revista de Ciências Agrárias: Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, 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 restauração florestal**. Brasília: Ed. Embrapa, 2017, p. 13 - 27.
- SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; CARDOSO, A. A. Consumption and water efficiency use index by *Eucalyptus citriodora* and *E. grandis* plants cultivated in pots containing soil with three water contents in the soil jointly with different *Brachiaria brizantha* populations. **Floresta**, v.34, n.3, p.325-335, 2004.
- SWANTON, C. J.; NKOA, R.; BLACKSHAW, R. E. Experimental methods for crop–weed competition studies. **Weed Science**, v. 63, n. 1, p. 2 – 11, 2015.
- TRENTIN, B. E.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F. S.; GORENSTEIN, M. R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 160-174, 2018.
- VASIC, V.; KONSTANTINOVIC, B.; ORLOVIC, S. Weeds in Forestry and Possibilities of Their Control. In: PRICE, A. (Ed.) **Weed Control**. IntechOpen, 2012, p.147-170.
- WANG, L. W.; SHOWALTER, A. M.; UNGAR, I. A. Effects of intraspecific competition on growth and photosynthesis of *Atriplex prostrata*. **Aquatic Botany**, v.83, n.3, p.187–192, 2005.
- WANG, Y.; THORUP-KRISTENSEN, K.; JENSEN, L. S.; MAGID, J. Vigorous root growth is a better indicator of early nutrient uptake than root hair traits in spring wheat grown under low fertility. **Frontiers in Plant Science**, v.7, p.1-9, 2016.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da FZVA**, v.11, n.1, p.10-30, 2004.
- ZHONG, J.; ROBBETT, M.; POIRE, A.; PRESTON, J. C. Successive evolutionary steps drove Pooideae grasses from tropical to temperate regions. **New Phytologist**, New Jersey, v. 217, n. 2, p. 925 - 938, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstram a importância do estudo de estratégias de controle de plantas espontâneas na restauração florestal. Constatou-se que o método mecânico, tradicionalmente empregado, é uma das técnicas que proporcionam o menor crescimento das espécies arbóreas e maior custo de controle. Por outro lado, observou-se que o controle das plantas espontâneas com aplicação de calda de herbicida à base de glyphosate proporcionou maior crescimento das espécies arbóreas, maior cobertura do dossel e custo quase a metade do controle mecânico, até 19 meses após o plantio das mudas das espécies arbóreas, evidenciando a necessidade da discussão e de mais estudos sobre o uso de herbicidas em áreas de formação de povoamentos para restauração florestal.

O cultivo de espécies leguminosas herbáceas como adubação verde, conjugado com uso de herbicida para a dessecação das plantas espontâneas antes do plantio das mudas das espécies arbóreas, tem grande potencial de uso na formação dos povoamentos para restauração florestal, necessitando de mais estudos e observações de campo.

Na idade de 19 meses após o plantio das mudas, nas unidades amostrais de controle químico e as de controle químico-cultural o povoamento florestal estava praticamente formado, com presença de espécies arbóreas na regeneração natural e de diversidade relativamente alta de plantas herbáceas. Nestas unidades, o reflorestador pode realizar enriquecimento com plantio de mudas de espécies secundárias tardias e ou clímaxes. Nas unidades de controle mecânico e químico-mecânico (linhas – entrelinhas) a predominância ainda era de plantas de *Urochloa* spp, com baixa diversidade de plantas herbáceas, necessitando de controle e conseqüentemente gastos de recursos financeiros pelo menos mais 2 anos e ainda não pode realizar enriquecimento com outras espécies.

Tendo em vista a alta diversidade de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica é indispensável o conhecimento da habilidade competitiva destas na presença de plantas espontâneas. O aumento desses estudos pode contribuir para maior eficácia das técnicas de controle, que podem ser aplicadas no momento adequado.