

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

TESE

Fitotoxidez e Crescimento de Espécies Florestais
Nativas Submetidas à Aplicação de Herbicidas

Alessandro de Paula Silva

2014



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

**FITOTOXIDEZ E CRESCIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS
NATIVAS SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE HERBICIDAS**

Alessandro de Paula Silva

Sob a Orientação do Professor
Paulo Sérgio dos Santos Leles

e sob a Co-orientação do
Pesq. Alexander Silva de Resende
e do
Prof. Aroldo Ferreira Lopes Machado

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

Seropédica – RJ
Dezembro de 2014

632.954

S586f

T

Silva, Alessandro de Paula, 1980-
Fitotoxidez e crescimento de espécies
florestais nativas submetidas à aplicação
de herbicidas / Alessandro de Paula Silva.
- 2014.

104 f.: il.

Orientador: Paulo Sérgio dos Santos
Leles.

Tese (doutorado) - Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-
Graduação em Ciências Ambientais e
Florestais, 2014.

Inclui bibliografia.

1. Plantas - Efeito dos herbicidas -
Teses. 2. Herbicidas - Toxicologia -
Teses. 3. Ervas daninhas - Controle -
Teses. 4. Plantas florestais - Teses. I.
Leles, Paulo Sérgio dos Santos, 1966- II.
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais e Florestais. III.
Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE FLORESTAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

ALESSANDRO DE PAULA SILVA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

TESE APROVADA EM 11 / 12 / 2014

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

José Barbosa dos Santos. Dr. UFVJM

Luiz Fernando Duarte de Moraes. Dr. Embrapa Agrobiologia

André Felipe Nunes de Freitas. Dr. UFRRJ

Eduardo Vinícius da Silva. Dr. UFRRJ

DEDICATÓRIA

Aos meus pais José Leandro da Silva (in memoriam) e Conceição da Aparecida Silva, irmãos Celso, Solange e Vanuza, dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por estar sempre do meu lado e com Ele tudo posso;
À minha família, pois é meu porto mais seguro hoje e sempre;
Aos amigos e quase pais, Sebastião Marcos de Brito e Cláudia Regina Tavares Brito (*in memoriam*), sendo os grandes responsáveis pelo início de minha trajetória acadêmica;
Aos meus amigos “*sêniors*” Lenilson Mota, Eraldo de Souza, Nemilson Bastos, Adriano Alves e Renato Alves, aos quais sou muito grato por tudo;
À UFRRJ, por ser essa instituição que é e que tanto tenho orgulho de ter feito parte;
À Embrapa Agrobiologia, que por sua estrutura e funcionários, possibilitaram a realização da pesquisa;
À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela Bolsa.
Aos colegas, que desde o mestrado tive o prazer de conviver e poder dividir vastas experiências, boas e “não tão boas”;
À minha melhor amiga, companheira e namorada Penha (“Fia”), e que agradeço imensamente a Deus por tê-la colocado em minha vida;
Aos meus orientadores, que pela paciência que tiveram e têm me passaram as mais valiosas lições como pessoa, aluno e pesquisador;
Aos Técnicos do Laboratório de Leguminosas Florestais da Embrapa Agrobiologia, Fernando Cunha e Telmo Félix (*in memoriam*), por sempre estarem presentes nas gratificantes atividades de coleta de dados;
Aos demais colegas do Laboratório de Leguminosas Florestais (estudantes, técnicos e pesquisadores) pelo gratificante convívio;
Aos integrantes do Projeto Corredor Ecológico do COMPERJ, Fernando Aires, André Fonseca, pela amizade e assistência nas atividades;
Aos integrantes do LAPER / UFRRJ (professores e alunos) pelo apoio nas atividades dos experimentos;
À equipe Petrobrás (COMPERJ) - Embrapa, através do projeto “Corredor Ecológico”, pelo suporte dado a várias etapas dessa caminhada, possibilitando a execução das atividades;
À minha mais nova família do “Alojamento Embrapa Agrobiologia”, que pelas diferenças culturais, presenças efêmeras e características peculiares fazem de qualquer jornada árdua um período de rejuvenescimento de ideias e valores. Em especial ao “clube dos amigos da onça” (Hipólito, Murilo, Wilk, Cezinha, Leonardo S., Marcio e Jander);
Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, pela oportunidade de delimitar mais uma etapa da vida acadêmica.

RESUMO

Silva, Alessandro de Paula. **Fitotoxicidez e crescimento de espécies florestais nativas submetidas à aplicação de herbicidas**. 2014. 121f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

Uma das grandes dificuldades, que os programas de restauração florestal se deparam é o controle de plantas daninhas. Dentre os métodos de controle, encontra-se o químico. No entanto, determinados produtos químicos poderão acarretar toxicidade às plantas florestais podendo acarretar morte destas. Dessa forma, objetivando avaliar a fitotoxicidade de herbicidas em espécies florestais nativas da Mata Atlântica três estudos foram conduzidos. O primeiro objetivou avaliar a tolerância de 14 espécies florestais aos herbicidas pós-emergentes mesotrione, fluazifop-p-butyl, setoxidim, quizalofop-p-ethyl e nicosulfuron. Os tratamentos consistiram da aplicação dos herbicidas e testemunha (sem aplicação). Durante um período de 56 dias, avaliou-se a fitotoxicidade desses produtos através de uma escala de notas, estabelecendo-se o agrupamento das ocorrências em classes de fitotoxicidade. Computaram-se os incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC). Posteriormente, a parte aérea das plantas foi coletada para a determinação da matéria seca. Maiores sintomas de fitotoxicidade foram observados quando da aplicação do mesotrione, ocasionando intoxicação em maior número de espécies. Os herbicidas não influenciaram o crescimento das plantas em H e DC e produção de matéria seca. No segundo estudo, avaliou-se a tolerância de quatro espécies florestais nativas da Mata Atlântica a doses (0; 0,16; 0,32; 0,48; 0,64; 1,28; 1,92 e 2,56 L ha⁻¹) de glyphosate. A fitotoxicidade foi avaliada através de uma escala de notas, estabelecendo-se o agrupamento das ocorrências em classes de fitotoxicidade, durante 56 dias. Determinaram-se os incrementos em H e DC, bem como a matéria seca da parte aérea. As espécies florestais avaliadas apresentaram diferentes graus de tolerância às doses de glyphosate. Doses \geq a 0,64 L ha⁻¹ influenciaram o crescimento da maioria das espécies florestais agravando o quadro de intoxicação das plantas concomitante ao aumento das doses. O terceiro estudo objetivou-se avaliar a tolerância de quatro espécies nativas da Mata Atlântica a três herbicidas pós-emergentes, utilizados no primeiro estudo, em condições de campo, bem como a influência desses produtos no capim braquiária. Para tanto, selecionou-se uma área com predominância de *Urochloa humidicola* e efetuou-se o plantio das espécies florestais em março de 2014. Em junho de 2014, realizou-se a aplicação dos tratamentos que consistiram da aplicação dos herbicidas em área total das parcelas: mesotrione (0,4 L ha⁻¹); fluazifop-p-butyl (1,0 L ha⁻¹); e nicosulfuron (1,5 L ha⁻¹) mais a testemunha (sem aplicação de herbicidas) sendo realizado coroamento das plantas. Avaliou-se a sobrevivência e o incremento em altura das plantas florestais aos 56 dias após aplicação. A influência dos herbicidas no capim braquiária foi avaliada por registro fotográfico e determinação da massa seca estocada na parte aérea aos 56 dias após aplicação. As espécies florestais foram tolerantes aos herbicidas em condições de campo em que estes não afetaram o crescimento em altura. O fluazifop-p-butyl proporcionou maior controle do capim braquiária. No entanto, aos 56 dias após aplicação houve a recuperação da forrageira.

Palavras-chave: Intoxicação, tolerância, herbicidas pós-emergentes.

ABSTRACT

Silva, Alessandro de Paula. **Phytotoxicity and growth of native forest species subjected to the application of herbicides**. 2014. 121f. Thesis (Doctor Science in Environmental and Forestry Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

One of the greatest difficulties faced by forest restoration programs is the weed control. The use of herbicide is one of the most important and viable options for weed control. However, certain chemicals can cause toxicity or even kill the forest plants. Thus, three studies were conducted to assess the phytotoxicity of herbicides to native species from the Atlantic Forest in Brazil. The first experiment aimed to evaluate the tolerance of 14 forest species to post-emergence herbicides mesotrione, fluazifop-p-butyl, sethoxydim, quizalofop-p-ethyl and nicosulfuron. The treatments consisted of herbicide application and one control (no herbicide application). The phytotoxicity was analyzed at 7, 14, 21, 28 and 56 days after herbicide application through a percentage rating scale. We assessed the increases in height, stem diameter and the plant shoot dry matter at 56 days after application. It is seen that mesotrione was the most toxic herbicide to plants, which was observed in most plant species and also in most individuals in present study, but with a restoration of plant health in the end of the experiment. In general, the herbicides did not affect height, stem diameter and shoot dry matter of plants. In the second study, it was assessed the tolerance of four native species from Atlantic Forest to reduced rates (0, 0.16, 0.32, 0.48, 0.64, 1.28, 1.92 and 2.56 L ha⁻¹) of glyphosate, which were equivalent to the recommended application rate for the control of braquiaria grass (0, 4, 8, 12, 16, 32, 48 and 64 %, respectively). The phytotoxicity was evaluated at 7, 14, 21, 28 and 56 days after application by using a percentage rating scale. After that, a grouping of plants in phytotoxicity classes was done. The increases in height, stem diameter and shoot dry matter (MSPA) were determined at 56 days after application. The forest species presented different degrees of tolerance to glyphosate doses. The glyphosate rates ≥ 0.64 L ha⁻¹ influenced the growth of most forest species, worsening the intoxication of plants forward to increases in doses of glyphosate applied. The third study aimed to evaluate the tolerance of four species native from Atlantic Forest to three post-emergence herbicides, used in the first study, under field condition, as well as the influence of these chemicals in *Urochloa humidicola* (Rendle) Schweick. We selected an experimental field with predominance of *U. humidicola* in Seropédica, RJ, Brazil. Four forest species was planted in march 2014. The treatments consisted of the broadcast application of three post-emergence herbicides: mesotrione (0.4 L ha⁻¹ of the commercial product); fluazifop-p-butyl (1.0 L ha⁻¹ of the commercial product); and nicosulfuron (1.5 L ha⁻¹ of the of the commercial product) and one control (without application of herbicide) with controlling the weeds growing around the base of seedling by hoeing, in june 2014. The influence of herbicides on forest species was assessed at 56 days after application through evaluating the symptoms and survival of plants as well as calculating the increase in height. The influence of herbicides in *U. humidicola* was analyzed by photographic recording and by determination of dry matter stored in the shoot at 56 days after application. The forest species were in general tolerant to herbicides. The herbicides did not affect the growth of forest species. Fluazifop-p-butyl was the most effective herbicide for controlling forage in the first 30 days after application, as indicated by visual assessment. However, it was observed a subsequent reestablishment of forage after the intoxication, which was indicated by no significant effect of the treatments in dry matter of this plant at 56 days after application.

Keywords: Intoxication, tolerance, post-emergence herbicide.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1: Temperatura e umidade do ar durante o período de avaliação dos experimentos I (A) e II (B)	19
Figura 2: Disposição do experimento no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.	20
Figura 3: Ocorrência do número de espécies nas classes de fitotoxicidade causada pelo herbicida mesotrione aos 7; 14; 21 e 28 dias após aplicação (DAA).	22
Figura 4: Ocorrência de espécies nas classes de fitotoxicidade causada pelo herbicida fluzifop-p-butyl (A, B, C, D), setoxidim (E, F, G, H) e quizalofop-p-ethyl (I, J, K, L), respectivamente o aos 7; 14; 21 e 28 dias após aplicação (DAA).	26
Figura 5: Ocorrência de espécies nas classes de fitotoxicidade causada pelo herbicida nicosulfuron aos 7; 14; 21 e 28 dias após aplicação (DAA).	28
Figura 6: Distribuição da frequência nas classes de fitotoxicidade apresentada por 14 espécies florestais aos 56 dias após a aplicação do mesotrione.	30

CAPÍTULO II

Figura 7: Frequência de <i>Cybistax antisyphilitica</i> nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.	50
Figura 8: Frequência de <i>Cybistax antisyphilitica</i> nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.	50
Figura 9: Sintomas característicos de intoxicação apresentado por plantas de <i>Cybistax antisyphilitica</i> ocasionado pelo glyphosate.	51
Figura 10: Fitotoxicidade de plantas de <i>Cybistax antisyphilitica</i> ocasionado pelo glyphosate nas subdoses de 0; 0,64; 1,28; 1,92; 2,56 L ha ⁻¹ da formulação (da esquerda para direita), aos 21 dias após a aplicação.	52
Figura 11: Frequência de <i>Tabebuia avellanadae</i> nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.	53
Figura 12: Frequência de <i>Tabebuia avellanadae</i> nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.	54
Figura 13: Sintomas característicos de intoxicação apresentado por plantas de <i>Tabebuia avellanadae</i> ocasionado por glyphosate.	55
Figura 14: Fitotoxicidade de plantas de <i>Tabebuia avellanadae</i> ocasionado pelo glyphosate nas subdoses de 0; 0,64; 1,28; 1,92; 2,56 L ha ⁻¹ da formulação (da esquerda para direita), aos 21 dias após a aplicação.	56
Figura 15: Frequência de <i>Peltophorum dubium</i> nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de glyphosate.	57
Figura 16: Frequência de <i>Peltophorum dubium</i> nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de glyphosate.	58
Figura 17: Sintomas característicos de intoxicação apresentado por plantas de <i>Peltophorum dubium</i> ocasionado pelo glyphosate.	58
Figura 18: Fitotoxicidade de plantas de <i>Peltophorum dubium</i> ocasionado pelo glyphosate nas subdoses de 0; 0,64; 1,28; 1,92; 2,56 L ha ⁻¹ da formulação (da esquerda para direita), aos 21 dias após a aplicação.	59
Figura 19: Frequência de <i>Pseudobombax grandiflorum</i> nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.	61
Figura 20: Frequência de <i>Pseudobombax grandiflorum</i> nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.	61

Figura 21: Fitotoxicidade de plantas de <i>Pseudobombax grandiflorum</i> ocasionado pelo glyphosate nas subdoses de 0; 0,64; 1,28; 1,92; 2,56 L ha ⁻¹ da formulação (da esquerda para direita), aos 21 dias após a aplicação.	62
Figura 22: Frequência de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i> nas classes de fitotoxicidade (A e B) e valores médios de fitotoxicidade (C e D) aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate equivalentes a 8; 16; 24 e 32 % da recomendada (1.440 g ha ⁻¹) no controle da braquiária. *As barras de erros se referem aos respectivos desvios padrão.	66
Figura 23: Fitotoxicidade de plantas de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i> , ocasionado pelo glyphosate nas subdoses de 0; 0,32; 0,64, 0,96 e 1,28 L ha ⁻¹ da formulação (da esquerda para direita) aos 21 dias após a aplicação.	67
Figura 24: Sintomas de fitotoxicidade apresentado por plantas de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i> , <i>Tabebuia avellanedae</i> , <i>Cybistax antispyhilitica</i> , <i>Peltophorum dubium</i> e <i>Pseudobombax grandiflorum</i> (da esquerda para direita) quando submetidas a aplicação de glyphosate na dose de 1,28 L ha ⁻¹ , aos 21 dias após aplicação.	67
Figura 25: Crescimento relativo total apresentado pelas plantas de eucalipto e espécies nativas submetidas à aplicação das subdoses de 16 e 32 % de glyphosate, avaliadas aos 56 dias após aplicação.	68

CAPÍTULO III

Figura 26: Área de estudo com predomínio de capim braquiária.	78
Figura 27: Tesoura de poda e gabarito utilizados na coleta do capim braquiária.	79
Figura 28: Sintomas de intoxicação provocados pelo mesotrione em folhas jovens de <i>Schinus terebinthifolius</i> (A) e <i>Ceiba speciosa</i> (B).	80
Figura 29: Sintomas de braqueamento das folhas do capim braquiária. Períodos equivalentes a 0 (A), 15 (B) e 21 (C) dias após aplicação do mesotrione.	82
Figura 30: Aspecto da forrageira quando submetida à aplicação do herbicida Sanson [®] . Períodos equivalentes a 0 (A), 15 (B) e 21 (C) dias após aplicação.	83
Figura 31: Sintomas de intoxicação apresentado pelo capim braquiária. Períodos equivalentes a 0 (A), 15 (B) e 21 (C) dias após aplicação do Fusilade [®]	84
Figura 32: Eficiência de controle da gramínea apresentada pelo Fusilade [®] . Em detalhes a seletividade do herbicida à aroeira e espécie dicotiledônea espontânea.	85
Figura 33: Matéria seca estocada na parte aérea do capim braquiária aos 56 dias após aplicação. Médias seguidas de mesma letra, não diferem significativamente, pelo teste de Scott-knott ($p \leq 0,05$).	85

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos herbicidas de acordo com a Herbicide Resistance Action Committee (HRCA), segundo mecanismo de ação	8
Tabela 2: Categoria química dos herbicidas (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2005). Extraído de Mancuso et al. (2011)	9
Tabela 3: Classificação da lipofilicidade de herbicidas	9
Tabela 4: Classificação da solubilidade de herbicidas	10
Tabela 5: Classificação da volatilidade dos herbicidas segundo a pressão de vapor	10

CAPÍTULO I

Tabela 6: Descrição dos tratamentos utilizados no teste de seletividade de espécies florestais	18
Tabela 7: Classe e intervalo de notas para avaliação visual da fitotoxicidade de herbicidas às espécies florestais	19
Tabela 8: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida mesotrione em 14 espécies florestais. Os valores referem-se à média de quatro avaliações (7, 14, 21 e 28 dias após aplicação)	21
Tabela 9: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida fluazifop-p-butyl em 14 espécies florestais. Os valores referem-se à média de quatro avaliações (7, 14, 21 e 28 dias após aplicação)	23
Tabela 10: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida setoxidim em 14 espécies florestais. Os valores referem-se à média de quatro avaliações (7, 14, 21 e 28 dias após aplicação)	24
Tabela 11: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida quizalofop-p-ethyl em 14 espécies florestais. Os valores referem-se à média de quatro avaliações (7, 14, 21 e 28 dias após aplicação)	24
Tabela 12: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida nicosulfuron em 14 espécies florestais. Os valores referem-se à média de quatro avaliações (7, 14, 21 e 28 dias após aplicação)	27
Tabela 13: Média das notas de intoxicação de 14 espécies florestais, avaliadas aos 56 dias após a aplicação dos herbicidas	29
Tabela 14: Incremento em altura (cm) de 14 espécies florestais submetidas a aplicação de cinco herbicidas, avaliadas aos 56 dias após a aplicação	32
Tabela 15: Incremento em diâmetro do coleto (mm) de 14 espécies florestais submetidas a aplicação de cinco herbicidas, avaliadas aos 56 dias após a aplicação	34
Tabela 16: Massa seca (g/planta) da parte aérea de 14 espécies florestais submetidas a aplicação de cinco herbicidas, avaliadas aos 56 dias após a aplicação (DAA)	36

CAPÍTULO II

Tabela 17: Escala de notas para avaliação visual da fitotoxicidade de herbicidas às espécies florestais	47
--	----

Tabela 18: Valores médios de incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), área foliar e de massa seca da parte aérea de plantas de <i>Cybistax antisyphilitica</i> submetidas à aplicação das subdoses de glyphosate, avaliadas aos 56 dias após aplicação	53
Tabela 19: Valores médios de incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), área foliar e de massa seca da parte aérea de plantas de <i>Tabebuia avellanedae</i> submetidas à aplicação das subdoses de glyphosate, avaliadas aos 56 dias após aplicação	57
Tabela 20: Valores médios de incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), área foliar e de massa seca da parte aérea de plantas de <i>Peltophorum dubium</i> submetidas à aplicação das subdoses de glyphosate, avaliadas aos 56 dias após aplicação	60
Tabela 21: Valores médios de incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), área foliar e de massa seca da parte aérea de plantas de <i>Pseudobombax grandiflorum</i> submetidas à aplicação das subdoses de glyphosate, avaliadas aos 56 dias após aplicação	63
Tabela 22: Valores médios de fitotoxicidade das espécies florestais ao glyphosate em três épocas de avaliação (DAA)	64

CAPÍTULO III

Tabela 23: Incremento médio em altura (cm) das espécies florestais avaliadas aos 56 dias após a aplicação dos herbicidas	81
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	1	
2	HIPÓTESE CIENTÍFICA	2	
3	OBJETIVOS	2	
3.1	Geral.....	2	
3.2	Específicos	2	
4	REVISÃO DE LITERATURA	3	
4.1	Espécies florestais na restauração de áreas degradadas	3	
4.2	Métodos de controle de plantas daninhas	4	
4.3	Herbicidas e o uso no controle de plantas daninhas	5	
4.4	Classificação dos herbicidas	6	
4.5	Propriedades físico-químicas dos herbicidas	8	
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11	
CAPÍTULO I: TOLERÂNCIA DE ESPÉCIES FLORESTAIS A HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES			14
1	INTRODUÇÃO	17	
2	MATERIAL E MÉTODOS	18	
2.1	Aplicação dos herbicidas e avaliação da fitotoxicidade	18	
2.2	Análise dos Dados	20	
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21	
3.1	Fitotoxicidade dos herbicidas às espécies florestais	21	
	Herbicida inibidor da HPPD (mesotrione)	21	
	Herbicidas inibidores da ACCase (fluazifop-p-butyl; setoxidim; quizalofop-p-ethyl)	22	
	Herbicida inibidor da ALS (nicosulfuron)	26	
3.2	Mensuração das espécies florestais	31	
4	CONCLUSÃO	38	
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39	
CAPÍTULO II: INTOXICAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE GLYPHOSATE			42
1	INTRODUÇÃO	45	
2	MATERIAL E MÉTODOS	47	
2.1	Experimento I.....	47	
2.2	Experimento II	48	
2.3	Análise dos dados.....	49	

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.1	<i>Cybistax antisyphilitica</i> - Ipê-verde	50
3.2	<i>Tabebuia avellanae</i> - Ipê-rosa.....	53
3.3	<i>Peltophorum dubium</i> - Farinha-seca	57
3.4	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> - Embiruçu.....	60
4	CONCLUSÃO	70
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
CAPÍTULO III: TOLERÂNCIA DE ESPÉCIES FLORESTAIS A HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES EM CONDIÇÕES DE CAMPO E EFEITOS DESTES SOBRE BRAQUIÁRIA		
74		
1	INTRODUÇÃO	77
2	MATERIAL DE MÉTODOS	78
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
3.1	Influência dos herbicidas nas espécies florestais	80
3.2	Influência dos herbicidas na espécie forrageira	81
4	CONCLUSÃO	87
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
6	CONCLUSÃO GERAL	90
CONSIDERAÇÕES FINAIS		
91		
ANEXOS		
92		

1 INTRODUÇÃO GERAL

Com o crescimento populacional do País, atualmente depara-se com ambientes naturais alterados onde, na maioria das vezes, sua função ecológica fica comprometida. Atividades agropecuárias merecem destaque dentre os fatores desencadeadores desse processo de degradação. Diante disso, diversos programas de recomposição florestal vêm sendo implantados a fim de minimizar as consequências da eliminação da cobertura original do solo.

As atividades de reflorestamento aumentaram e ganharam importância ao longo das últimas décadas, principalmente para fins de restauração florestal. Mesmo considerando a evolução dos modelos adotados na sua implantação, os custos ainda são relativamente elevados, o que remete a estudos de adoção de técnicas mais promissoras. Isso ganha uma maior importância quando se leva em consideração as particularidades do ambiente, tanto o biótico quanto o abiótico. Dessa maneira, no planejamento do reflorestamento considerar as espécies competidoras é fundamental.

Dentre as espécies competidoras, as gramíneas representam o maior problema. Normalmente, áreas destinadas a reflorestamentos passaram anteriormente por ocupações agropecuárias. Nessas, gramíneas como espécies do gênero *Urochloa* representam grande ameaça no estabelecimento das espécies florestais implantadas. Essas gramíneas apresentam maior velocidade de colonização dos ambientes e isso faz com que haja a necessidade de maiores intervenções em áreas reflorestadas infestadas aumentando os custos.

Métodos de controle da matocompetição vêm ganhando importância em projetos de recomposição florestal. Tais métodos são bastante adotados em atividades agrícolas e até mesmo na silvicultura de interesse comercial, como no caso de plantios de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp.. Uso de cobertura morta, implementos agrícolas (grade, roçadeira, etc), capina química são algumas formas de intervenção na matocompetição utilizadas nas culturas de interesse econômico. No que tange aos reflorestamentos conservacionistas, alguns desses métodos são difíceis de adotar, como o uso de implementos agrícolas em áreas íngremes. Outra situação diz respeito ao uso da capina química que, em se tratando de reflorestamento com espécies nativas, pouco se tem estudado, como acontece no estado do Rio de Janeiro.

No meio agrícola, diversos produtos químicos (herbicidas) são utilizados no manejo de plantas daninhas. Embora as atividades de restauração florestal estejam ligadas ao setor das ciências agrárias, pouco se sabe da utilização desses produtos nesse ramo. Além disso, conhecer os efeitos desses produtos nas espécies florestais poderá permitir a seleção de herbicidas mais propícios a serem utilizados no reflorestamento. Dá-se então a importância do estudo de fitotoxicidade dos herbicidas em espécies florestais nativas.

Diante do exposto, é necessário adotar modelos mais eficientes de implantação com vistas ao controle de plantas competidoras atendendo a melhoria do crescimento das espécies florestais e ao mesmo tempo a possibilidade de redução dos custos envolvidos na condução da atividade.

2 HIPÓTESE CIENTÍFICA

Herbicidas de diferentes mecanismos de ação acarretam diferentes graus de toxidez em espécies florestais nativas. As espécies florestais diferem em relação à toxidez por deriva de glyphosate.

3 OBJETIVOS

Geral

Avaliar a fitotoxicidade de herbicidas de diferentes mecanismos de ação em espécies florestais nativas.

Específicos

- Avaliar a fitotoxicidade de cinco herbicidas pós-emergentes compreendendo três mecanismos de ação em espécies florestais nativas em condições controladas;
- Avaliar a fitotoxicidade do glyphosate em espécies florestais nativas em condições controladas;
- Avaliar a fitotoxicidade de três herbicidas pós-emergentes, compreendendo três mecanismos de ação, em espécies florestais nativas em condições de campo, bem como o controle do capim braquiária.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Espécies florestais na restauração de áreas degradadas

A restauração de áreas degradadas se configura como estratégia ou modelo de conservação e manutenção da biodiversidade, conjugando conceitos baseados em práticas agrícolas ou silviculturais de plantio de espécies arbóreas perenes, com outros, visando reduzir custos e manter o efeito ambiental (RODRIGUES & GANDOLFI, 2000). Para tal, se faz necessário entender os princípios da restauração ambiental e saber aplicar estes conceitos como ferramentas deste processo, tanto de planejamento como de avaliação dos modelos de recuperação, para garantir a perpetuação das áreas recuperadas.

A restauração é uma ferramenta vital para conciliar as áreas produtivas com áreas de conservação provocando uma sinergia entre as paisagens fragmentadas (REIS *et al.*, 2014). Esta será promovida através da restauração da conectividade entre os fragmentos com a criação de pontos de conexão importantes para que ocorra o fluxo biológico entre as áreas produtivas e naturais. Este fluxo passará de acordo com a permeabilidade da matriz que será decisiva para o deslocamento das espécies entre os fragmentos e influenciar nos processos de extinção e conservação das populações destes.

Um dos objetivos da restauração de ecossistemas é permitir que estes ambientes desempenhem os mesmos serviços ofertados antes de serem degradados, tais como a melhoria da qualidade de água, redução da erosão, alimento para a fauna e refúgio de biodiversidade (PRIMACK & RODRIGUES, 2006).

As florestas, através da regeneração natural, apresentam a capacidade de se recuperarem de distúrbios naturais ou antrópicos. Segundo Martins (2007), quando uma determinada parte de floresta sofre distúrbios como desmatamento ou incêndio a sucessão secundária se encarrega de promover a colonização das áreas abertas, conduzindo a vegetação por meio de uma série de estágios sucessionais, o que modificará as condições ecológicas locais até chegar a uma condição cuja comunidade apresente-se bem estruturada e ecologicamente mais estável. Ainda segundo o autor, a sucessão secundária depende de uma série de fatores como a presença de vegetação remanescente, banco de sementes do solo, a rebrota de espécies arbustivo-arbóreas bem como a proximidade de fontes de sementes e a intensidade do distúrbio. Dessa forma, cada área degradada apresentará crescimento das espécies implantadas e uma dinâmica sucessional específica, que possivelmente é condicionada à fertilidade do solo, capacidade de retenção de umidade, concavidade para receber as sementes, dentre outros fatores.

A restauração de florestas tropicais como método científico se tornou conhecida por meio do modelo de plantio ao acaso de árvores (KAGEYAMA & CASTRO, 1989). Kageyama *et al.* (1990) e Rodrigues *et al.* (1992) foram pioneiros ao apresentarem resultados do modelo sucessional para restauração de áreas degradadas, que considera o plantio misto de árvores segundo diferentes graus de sombreamento proporcionado por espécies iniciais (pioneiras e secundárias iniciais) e tardias (secundárias tardias e climáticas).

Embasando-se no objetivo de restauração de áreas perturbadas e/ou degradadas para acelerar o processo de retorno das funcionalidades ambientais, promover a regeneração artificial é fundamental, onde muitas das vezes, além das medidas biológicas, como por exemplo, efetuar o plantio de espécies florestais, se faz necessário, também, medidas físicas (terraceamento, caixas de contenção, etc.). Essas estratégias de intervenção dependerão da intensidade da degradação da área, a qual é inversamente relacionada à presença de espécies vegetais que recobrem o solo.

Normalmente, a degradação dos solos está aliada à sua perda de estrutura ocasionada principalmente pela perda de matéria orgânica. A desestruturação e compactação dos solos acarretam diminuição da porosidade, dificultando a penetração de raízes e a difusão de oxigênio (PALMEIRA et al., 1999). Com a inclusão das espécies florestais há novamente o incremento de matéria orgânica no solo, via deposição da serapilheira, favorecendo a estrutura desses solos e conseqüentemente a estabilidade desses ambientes. A formação da camada de serapilheira reflete equilíbrio entre produção e decomposição no sistema, a qual contribui, juntamente com os diversos compartimentos florestais, para a interceptação das águas da chuva, por meio do amortecimento e dispersão da energia cinética das gotas, desta forma, diminuindo os efeitos erosivos que essas ocasionam (FARIA et al., 2010). Ainda, com o incremento na quantidade de carbono no solo há o favorecimento da agregação de suas partículas melhorando sua estrutura e conseqüentemente a infiltração da água e redução do escoamento (BAYER et al., 2003). Logo, a adoção de modelos favorecendo o crescimento das espécies florestais poderá promover a estabilidade dos ambientes perturbados e/ou degradados de forma mais eficiente e em menor espaço de tempo, fato almejado nos projetos de recomposição florestal.

Métodos de controle de plantas daninhas

O controle de plantas daninhas é bastante discutido no setor agropecuário, uma vez que essas espécies podem apresentar danos irreversíveis à produção, diminuindo a rentabilidade das culturas. Silva et al. (2007) fazem uma conceituação dos diferentes métodos de controle de plantas daninhas, os quais se dividem em método preventivo, cultural, mecânico, físico, biológico e químico.

O método preventivo baseia-se na adoção de práticas que visem prevenir a introdução, estabelecimento ou disseminação de determinadas espécies problemáticas à uma determinada área. O método cultural seria a utilização de práticas visando diminuir o banco de sementes de plantas daninhas por meio do bom manejo do solo e água, rotação de cultura, alteração de espaçamento, utilização de coberturas verdes. No método mecânico se enquadra a capina manual, roçada, uso de implementos mecanizados. Quanto ao método físico, se trata de um método mais particular como no caso de inundação (cultivo de arroz), solarização, uso de cobertura do solo com restos vegetais em camadas espessas, queima de plantas daninhas com lança-chamas, etc. O método biológico consiste na utilização de inimigos naturais (bactérias, fungos, insetos, aves, peixes). Por fim, o método químico com o uso de herbicidas. Desses pode-se destacar os métodos mecânico, cultural e químico como os mais utilizados no setor florestal (SILVA et al., 2007).

Alguns trabalhos vêm sendo conduzidos objetivando a avaliação de métodos de intervenção em espécies competidoras no crescimento de espécies florestais. Maciel et al. (2011) estudaram a influência de diferentes faixas de coroamento pela capina manual e do coroamento de um metro de diâmetro com uso de glyphosate (720 g ha⁻¹ e.a.), em única aplicação, no crescimento inicial de duas espécies florestais nativas (*Schinus terebinthifolius* Raddi e *Inga fagifolia* Willd) até 14 meses após plantio. Segundo os autores, o coroamento com dois metros de diâmetro proporcionou o maior crescimento das espécies. Resultados semelhantes foram relatados por Toledo et al. (2000) estudaram o efeito da faixa de controle de *Urochloa decumbens* no crescimento inicial de plantas de eucalipto. Concluíram que faixas de coroamento igual ou superior a 2 metros de diâmetro proporcionaram melhores crescimento em altura e diâmetro, principalmente a maiores taxas. Trabalhos utilizando o consórcio com leguminosas herbáceo-arbustivas em

reflorestamentos com espécies nativas vêm sendo realizados. Beltrame e Rodrigues (2008) estudaram a influência da densidade de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), consorciado na linha de plantio, no crescimento de espécies florestais. Concluíram que essa leguminosa arbustiva influenciou positivamente o crescimento das espécies florestais e que, para o espaçamento do reflorestamento de 4 x 2 m, a densidade de uma planta da referida leguminosa na linha de plantio culminou em melhores resultados de crescimento (altura e área basal) bem como sobrevivência aos 34 meses após plantio.

Além da influência no crescimento das espécies florestais, Oliveira (2010) fez também a avaliação dos custos envolvidos em cinco modelos de manutenção em reflorestamento no manejo da *Urochloa* sp., no município de Silva Jardim – RJ, até os 18 meses após plantio. Os modelos basicamente consistiam de métodos mecânico (roçada, capina em faixa, coroamento) e cultural (plantio consorciado com leguminosas). Verificaram que o tratamento consorciado com leguminosas nas entre linhas de plantio proporcionaram maiores crescimentos em altura e diâmetro ao nível do solo. Porém, o consórcio com leguminosas apresentou maiores custos. Dessa forma, diminuir os custos de intervenção na matocompetição e ao mesmo tempo melhorar o crescimento das espécies reflorestadas ainda é um desafio.

Herbicidas e o uso no controle de plantas daninhas

De acordo com Stephenson et al. (2006) herbicidas são pesticidas utilizados no controle de plantas indesejáveis ou “ervas daninhas”. Como vantagens, dentre várias, apresenta rapidez na ação e custo reduzido, além de poder apresentar também um efeito residual. Na década de 1940, havia poucos herbicidas e somente após 1970 observou-se um aumento da oferta de produtos no mercado. No entanto, há relatos que desde o início do século XX já se controlava quimicamente plantas daninhas em cereais utilizando sais de cobre e ácido sulfúrico (OLIVEIRA JR., 2011a). Atualmente, o mercado dispõe de um número significativo de herbicidas, abrangendo diferentes ingredientes ativos com registro junto ao Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), perfazendo um total de 559 produtos (AGROFIT, 2015).

Com a evolução dos sistemas de cultivos agrícolas veio também a necessidade de adequação no controle de plantas daninhas. Segundo Gomes Jr. e Christoffoleti (2008), com a adoção do sistema de plantio direto, o uso de herbicida no controle de plantas daninhas ganhou importância em comparação aos demais métodos convencionais como o mecânico. No entanto, os autores salientam que mesmo a capina química sendo um método eficiente na eliminação de plantas daninhas, se utilizado de forma inadequada poderá aumentar os custos de produção e/ou não apresentar eficácia.

Uma das formulações bastante utilizadas no controle de plantas daninhas em pós-emergência é o glyphosate. Com aproximadamente 40 anos de uso, é atualmente comercializado por várias indústrias químicas (AGROFIT, 2015). Porém, o mesmo não apresenta seletividade, o que, de acordo com Yamashita et al. (2006), exige uma aplicação de forma dirigida diminuindo, dessa forma, o rendimento e dificultando o controle na linha de plantio. Sendo assim, sua utilização em reflorestamentos com nativas poderia implicar em alta probabilidade de insucesso do empreendimento. Outro fator a se ponderar é que, mesmo diante de seu amplo espectro de ação, no que diz respeito às espécies da matocompetição, seu uso repetitivo pode modificar a composição específica de plantas daninhas numa determinada área de cultivo favorecendo a predominância de espécies tolerantes ou ainda pressão de seleção de biótipos resistentes (MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2003).

Outra vantagem que o controle químico de plantas daninhas oferece é a possibilidade de utilização de herbicidas seletivos. Oliveira Jr. & Inoue (2011) salientam que a seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola. Segundo o autor, a seletividade em questão é considerada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Dessa forma, a manifestação da interação entre uma planta, o herbicida e o ambiente que a espécie se desenvolve caracteriza o efeito seletivo do produto. Portanto, um herbicida seletivo irá controlar as plantas daninhas sem afetar aquelas que são de interesse (OLIVEIRA Jr. & INOUE, 2011). A exemplo de herbicidas seletivos que controlam preferencialmente plantas daninhas de folhas largas citam-se os fenoxicarboxílicos. Já no controle de gramíneas os herbicidas do grupo das dinitroanilinas apresentam boa eficiência (OLIVEIRA Jr. & INOUE, 2011).

A maioria das formulações existentes atualmente é direcionada para o controle de plantas daninhas na produção de grãos e forragens. Na cultura do milho, por exemplo, o controle químico é o método mais utilizado no controle de plantas daninhas (TREZZI et al., 2008). O sucesso desse método de controle depende de uma série de princípios técnicos. Um deles seria a correta identificação das espécies alvo a serem controladas uma vez que a escolha do ingrediente ativo a ser utilizado dependerá do tipo de planta daninha existente no local, além da cultura plantada (ERASMO et al., 2004).

Para a recomendação eficiente desses herbicidas ainda é necessário conhecer os mecanismos de ação desses produtos, que indicam o primeiro passo biofísico ou bioquímico que o herbicida inibe no interior das células das plantas. Essa inibição poderá ser suficiente para matar uma determinada espécie que apresente suscetibilidade, porém, normalmente, demais reações químicas ou processos são necessários para se matar uma planta, onde o somatório desses denomina-se modo de ação. De forma resumida, modo de ação seria definido como o efeito final expresso na planta após a aplicação do herbicida (MARCHI et al., 2008). Quando da utilização desses herbicidas em culturas agrícolas, os efeitos sobre essas são bem conhecidos. Porém para espécies florestais nativas ainda há carência de pesquisas de forma a gerar recomendações mais promissoras para o setor florestal.

Classificação dos herbicidas

A classificação dos herbicidas é muito variável existindo diversas formas, abordando aspectos relacionados ao comportamento dos produtos ou às suas características. No entanto, nenhuma delas se torna completamente adequada e definitiva (OLIVEIRA JR., 2011b). Dessa forma, os mesmos são classificados quanto à seletividade, à translocação na planta, à época de aplicação, à estrutura química e quanto ao mecanismo de ação.

Classificação segundo a seletividade: nessa categoria os herbicidas podem ser classificados em seletivos e não seletivos. Os herbicidas seletivos matam ou restringem severamente o crescimento de plantas daninhas numa cultura sem prejudicar a espécie de interesse além de um nível aceitável de recuperação. Já os não seletivos possuem grande espectro de ação sendo capazes de matar ou causar injúrias severas quando aplicadas nas doses recomendadas.

Classificação quanto à translocação: são classificados como herbicidas de contato ou sistêmico. Os herbicidas com ação de contato somente causam danos nas partes que entram em contato direto com os tecidos das plantas. Estes não se translocam ou se translocam de forma limitada na planta. Seu efeito sobre a planta é rápido e agudo. Os

herbicidas com ação sistêmica se translocam pela planta pelo xilema, floema ou ambos, dependendo do herbicida e da época de aplicação. Seus efeitos são mais demorados e crônicos e dependem da atividade metabólica da planta, logo, fatores relacionados às condições de clima e umidade do solo interferem muito no resultado final da aplicação.

Classificação quanto à época de aplicação: abrangem três categorias, os de pré-plantio e incorporados, os de pré-emergência e os de pós-emergência. Os herbicidas de pré-plantio e incorporado são aplicados ao solo e necessitam de incorporação sendo essa realizada mecanicamente ou por irrigação. O mecanismo de ação destes herbicidas requer contato entre o herbicida e a plântula antes ou durante a emergência. São caracterizados por possuírem baixa solubilidade em água, são fotodegradados e voláteis, fatos que justificam a incorporação desses produtos. Os de pré-emergência são aplicados após a semeadura ou plantio, porém antes da emergência da cultura e das plantas daninhas. Em alguns casos são utilizados mesmo após a emergência da cultura, porém em pré-emergência das plantas daninhas. A eficácia desses herbicidas é dependente da umidade do solo uma vez que estes atuam no processo de germinação das sementes ou no crescimento radicular. Por fim, os herbicidas de pós-emergência são aplicados após a emergência das plantas daninhas. Por sua vez, nem sempre a cultura de interesse se encontra emergida. A idade da planta daninha para esse tipo de aplicação é muito importante para a eficácia da atividade. No caso das dicotiledôneas é recomendado que a aplicação seja realizada quando as plantas se encontram com 3 – 4 folhas e, no caso das gramíneas, antes do perfilhamento ou até mesmo no início do mesmo.

Classificação quanto à estrutura química: essa classificação é baseada na estrutura molecular dos herbicidas. Nesse sentido, os principais grupos químicos que os herbicidas são enquadrados estão os ácidos alifáticos halogenados, amidas, arseniacais, ácidos benzóicos, bipiridilos, carbamatos, dinitroanilinas, nitrilos, fenóis, fenoxis, tiocarbomatos, triazinas, triazoles, uréias, uracilas e herbicidas inorgânicos. Essa classificação é bem utilizada concomitantemente ao mecanismo de ação dos herbicidas.

Classificação quanto ao mecanismo de ação: com as descobertas de novos herbicidas e o melhor entendimento dos sítios de atuação nas plantas onde esses produtos agem, a classificação quanto ao mecanismo de ação tem sofrido mudanças no decorrer dos anos. Atualmente, a classificação aceita internacionalmente é a proposta pelo Herbicide Resistance Action Committee (HRCA) (OLIVERIA JR., 2011b) por ordem alfabética de acordo com os sítios de atuação (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação dos herbicidas de acordo com a Herbicide Resistance Action Committee (HRCA), segundo mecanismo de ação

HRAC	Sítio de atuação
A	Inibição da Acetil CoA carboxilase (ACCASE)
B	Inibição da acetolactato sintase (ALS)
C	Inibição da fotossíntese no fotossistema II
D	Inibição da fotossíntese no fotossistema I
E	Inibição da protoporfirinoênio oxidase (PPO ou PROTOX)
F	Inibição da biossíntese de carotenoides
G	Inibição da 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSP sintase)
H	Inibição da glutamina sintase
I	Inibição as DHP (dihidropteroato sintase)
K	Inibição da formação de microtúbulos
L	Inibição da síntese de celulose
M	Desacopladores (Disruptores de membrana)
N	Inibição da síntese de lipídeos
O	Mimetizadores da auxina
P	Inibidores do transporte de auxinas
Z	Desconhecidos

Fonte: Adaptado de Oliveira Jr. (2011b).

Outras classificações: demais classificações ainda podem ser encontradas quanto ao tipo de formulação, volatilidade, persistência no solo, potencial de lixiviação, toxicidade, classe toxicológica, solubilidade e polaridade ou formas de dissociação. Cabe o conhecimento dessas classificações, principalmente a relacionada ao mecanismo de ação dos herbicidas e a periculosidade ambiental, para a eficiente recomendação no controle de plantas daninhas.

Propriedades físico-químicas dos herbicidas

Das propriedades dos herbicidas comumente estudadas para predição do seu comportamento no ambiente se encontram: a constante de equilíbrio de ionização (pK_a/pK_b), o coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), a solubilidade em água (S), a pressão de vapor (P), a constante da lei de Henry (H) e Meia vida ($T_{1/2}$).

A constante de equilíbrio de ionização (pK_a / pK_b): segundo Oliveira & Brighenti (2011), de acordo com a capacidade de ionização dos herbicidas, os mesmos podem ser classificados em ácidos, básicos e não iônicos. Os herbicidas ácidos são aqueles cujas formas moleculares (neutras) são capazes de doar um próton e formar íons carregados negativamente. Quanto maior for o valor do pK_a do herbicida, mais fraca é a sua força ácida, logo menor a chance do herbicida ficar aniônico. Quando o pH da solução do solo for menor que o pK_a do herbicida, a concentração da forma não dissociada será maior que a da forma dissociada (aniônica). De outra forma, quando o pH da solução solo for maior que o pK_a do herbicida, a concentração da forma não dissociada (molecular) será menor que a da forma aniônica. Quando fica nessa forma, a probabilidade de o herbicida ser transportado livremente através da solução do solo é maior, salvo se o mesmo formar reações de complexação.

Os herbicidas básicos são aqueles cujas formas neutras (moleculares) são capazes de receber prótons e formar íons carregados positivamente. Para os herbicidas básicos, quanto maior for o valor de pK_b do herbicida (ou menor valor de pK_a), mais fraca é a sua força básica. Quando o pH da solução do solo for menor que o pK_a do herbicida, a

concentração da forma catiônica será maior do que a forma neutra, tendo maiores probabilidades de ficar adsorvido aos componentes do solo e não ser transportado para outras partes do ambiente. No entanto, quando o pH da solução for maior que o pK_a do herbicida básico, a concentração da forma neutra será maior que da forma protonada ou catiônica (OLIVEIRA & BRIGHENTI, 2011).

Os herbicidas não iônicos são aqueles que não doam e nem recebem prótons em solução. Dessa forma esses permanecem em sua forma molecular em solução (OLIVEIRA & BRIGHENTI, 2011).

A Tabela 2 apresenta alguns exemplos de herbicidas, classificados segundo sua categoria química.

Tabela 2: Categoria química dos herbicidas (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2005). Extraído de Mancuso et al. (2011)

Categoria Química	Grupo Químico	Sorção
Não iônicos	Dinitroanilinas (trifluralina, pendimethalin)	Moderada a alta
	Tiocarbamatos (MSMA)	Baixa a moderada
	Cloroacetamidas (alachlor, metolachlor)	Baixa
	Uréias substituídas (diuron, tebuthiuron)	Baixa a Alta
	Isoxazolidinona (isoxaflutole, clomazone)	Baixa
Ácidos (iônicos)	Fenoxis/benzóicos/picolínicos (2,4-D)	Muito Baixa
	Imidazlinonas (imazapic, imazapyr)	Muito Baixa
	Sulfoniluréias (trifloxysulfuron)	Muito Baixa
	Glyphosate	Muito Alta
	Aril triazolinonas (sulfentrazone)	Baixa
Básicos (catiônicos)	Triazinas (ametrina, hexazinona)	Baixa a alta
Fortemente básicos	Dipiridiluns (paraquat)	Muito Alta

O coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}) é uma medida da lipofilicidade da molécula. Ele mede a intensidade da afinidade da molécula pela fase polar (que nesse caso a água) e apolar (o 1-octanol), onde os valores, que são adimensionais, são expressos normalmente na forma logarítmica ($\log K_{ow}$) e constantes para uma determinada molécula a uma dada temperatura (OLIVEIRA & BRIGHENTI, 2011). A Tabela 3 apresenta uma classificação de lipofilicidade de herbicidas.

Tabela 3: Classificação da lipofilicidade de herbicidas

Log Kow	Kow	Lipofilicidade
< 0,1	< 1,0	Hidrofílico
0,1 a 1,0	1 a 10	Mediamente lipossolúvel
1,0 a 2,0	10 a 100	Lipofílico
2,0 a 3,0	100 a 1000	Muito lipofílico
> 3,0	> 1000	Extremamente lipofílico

Fonte: Vidal (2002). Extraído de Mancuso et al. (2011).

A solubilidade em água (S) indica a quantidade máxima de uma molécula que se dissolve em água pura a uma determinada temperatura, sendo os valores expressos em miligramas de herbicida por litro de água. Quanto maior a quantidade de grupos hidrofílicos presentes em uma substância, maior será sua afinidade pela água, ou seja,

maior sua solubilidade (OLIVEIRA & BRIGHENTI, 2011). A Tabela 4 apresenta uma classificação de solubilidade de herbicidas.

Tabela 4: Classificação da solubilidade de herbicidas

Categoria de solubilidade	Valores (ppm)
Insolúvel	< 1
Muito baixa	1 a 10
Baixa	11 a 50
Média	51 a 150
Alta	151 a 500
Muito alta	501 a 5000
Extremamente alta	> 5000

Fonte: Deuber, 1992. Extraído de Silva & Monquero (2013).

A pressão de vapor (P) se refere a uma medida de tendência de volatilização no seu estado normal puro, seja sólido ou líquido, sendo a principal propriedade de um herbicida usada no cálculo de sua volatilização e prevê se o mesmo está entrando na atmosfera em concentrações significantes (OLIVEIRA & BRIGHENTI, 2011). Na Tabela 5 consta a classificação da volatilidade de herbicidas segundo a pressão de vapor.

Tabela 5: Classificação da volatilidade dos herbicidas segundo a pressão de vapor

Classes de volatilidade	Pressão de vapor (mm de Hg)
Praticamente não voláteis	< 10^{-8}
Pouco voláteis	10^{-7} a 10^{-5}
Mediamente voláteis	10^{-4} a 10^{-3}
Muito voláteis	> 10^{-2}

Fonte: Extraído de Mancuso et al. (2011).

A Constante da lei de Henry (H) é um coeficiente de partição entre o ar e a água (solução do solo). Sua determinação é importante para os herbicidas na fase líquida do solo, podendo ser utilizado na indicação do potencial de volatilização de determinados herbicidas. Valores elevados de H são indicativos de herbicidas altamente voláteis (OLIVEIRA & BRIGHENTI, 2011).

Meia vida ($T_{1/2}$) se refere ao tempo necessário para que ocorra a dissipação de 50 % da quantidade inicial aplicada do herbicida. Herbicidas com altos valores de $T_{1/2}$ são mais persistentes no solo apresentando efeitos tóxicos por tempo prolongado (CARVALHO, 2013).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFIT – Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado em: 27 de jan. 2015.
- BAYER, C.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L. P.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 33, n. 3, p. 469-475, 2003.
- BELTRAME, T. P.; Rodrigues E. . Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no Pontal do Paranapanema, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, p. 317-327, 2008.
- CARVALHO, L. B. **Herbicidas**. 1. Ed., Lages, 2013, 62 p.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPES-OVEJERO, R. F.. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: BASF, 2005. 49p.
- ERASMO, E.A.L.; PINHEIRO, L.L.A.; COSTA, N.V.. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.2, p.195-201, 2004.
- FARIA, A. F. G.; SANTOS, A.C.; SANTOS, T. M.; BATISTELLA FILHO, F.. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do rio Araguaia, estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 517-524, 2010.
- GOMES JR., F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J.. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.
- KAGEYAMA, P.Y.; BIELLA, L.C.; PALERMO JUNIOR, A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatórios. In: Congresso florestal brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v.1, p.109-112. Publicado na Silvicultura, n.42, 1990.
- KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p.83-93, 1989.
- MACIEL, C. D. G.; POLETINE, J. P.; ALVES, I. M.; RAIMONDI, M. A., RODRIGUES, M., BUENO, R. R.; COSTA, R. S. Coroamento no controle de plantas daninhas e desenvolvimento inicial de espécies florestais nativas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 119-128, 2011.
- MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L.. Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.10, n.2, p.151-164, 2011.
- MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T.G.. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008 (**Série Documentos nº 227**).
- MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. 2. Ed. rev. e ampl. – Viçosa, MG : CPT, 2007. 255p.

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

OLIVEIRA JR., R. S.. Introdução ao controle químico. *In*: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H.. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompix, 2011a, p. 125 – 139.

OLIVEIRA JR., R. S.. Mecanismos de ação de herbicidas. *In*: OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H.. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompix, 2011b, p. 141 – 192.

OLIVEIRA JR., R. S.; INOUE, M. H.. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. *In*: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H.. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompix, 2011, p. 243 – 261.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M.. Comportamento dos herbicidas no ambiente. *In*: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Opix. Curitiba, 2011, p. 263 – 304.

OLIVEIRA, N. S. A. **Influência do manejo da *Brachiaria* sp. sobre o crescimento inicial de espécies florestais**. 2010. 31p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro, Seropédica.

PALMEIRA, P. R. T.; PAULETTO, E. A.; TEIXEIRA, C. F. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 189 – 195, 1999.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Ed. Planta, Londrina, PR, 2006, 328p.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E.. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 509 - 519, 2014.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.. Conceitos, tendências e ações para a recuperação das florestas ciliares. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.. (Org.). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. 3 ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004, v. 1, p. 235-248.

RODRIGUES, R.R.; Leitão Filho, H.F.; Crestana, M.S.M. Revegetação de entorno da represa de abastecimento de água do município de Iracemápolis-SP. *In*: Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas. 1992. Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná - UFPR; Fundação de Pesquisas do Paraná, 1992. p. 407-416.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. Métodos de controle de plantas daninhas. *In*: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. p. 63-81.

SILVA, P. V.; MONQUERO, P. A. Influência da palha no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 12, n. 1, p. 94-103, 2013.

STEPHENSON, G. R.; FERRIS, I. G.; HOLLAND, P. T.; NORDBERG, M.. Glossary of terms relating to pesticides (IUPAC recommendations 2006). **Pure and Applied Chemistry**, Durham, v. 78, n. 11, p. 2075 – 2154, 2006.

TOLEDO, R.E.B., VICTÓRIA FILHO, R., ALVES, P. L.C.A., PITELLI, R.A. e CADINI, M.T.D. Efeitos da faixa de controle do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v.18, n.3, p.383-393, 2000.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; KRUSE, N.D.; PRATES, M.V.B.; GUSTMAN, M.S.; NUNES, A.L.; ARGENTA, G. Manejo químico de plantas daninhas na cultura do milho em função de características morfofisiológicas e redução de espaçamento da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 845-853, 2008.

VIDAL, R.A. **Ação dos herbicidas**. Porto Alegre: Edição do Autor, 2002. 89p.

YAMASHITA, O. M.; VIEIRA, R. G.; SANTI, A.; RONDON NETO, R. M.; ALBERGUINI, S. E.. Resposta de varjão (*Parkia multijuga*) a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 527-531, 2006.

**CAPÍTULO I: TOLERÂNCIA DE ESPÉCIES FLORESTAIS A HERBICIDAS PÓS
- EMERGENTES**

RESUMO

Avaliou-se a tolerância de 14 espécies florestais nativas da Mata Atlântica a cinco herbicidas pós-emergentes. Para tal, conduziram-se dois experimentos, onde mudas das espécies florestais foram plantadas em vasos com 5 dm³. Aos 60 dias após o transplante das mudas para os vasos, realizou-se aplicação dos herbicidas mesotrione (0,4 L ha⁻¹), fluazifop-p-butyl (1,0 L ha⁻¹), setoxidim (1,25 L ha⁻¹), quizalofop-p-ethyl (2,0 L ha⁻¹) e nicosulfuron (1,5 L ha⁻¹) com auxílio de pulverizador costal pressurizado por CO₂ aplicando a dose de 230 L ha⁻¹ de calda herbicida. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 6 repetições no experimento I (7 espécies) e 10 no experimento II (as outras 7 espécies). Os tratamentos consistiram dos cinco herbicidas e a testemunha (sem aplicação de herbicida). A fitotoxicidade foi avaliada aos 7; 14; 21; 28 e 56 dias após aplicação (DAA) por meio de escala de percentual de notas. Determinaram-se os incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC) no período de 56 DAA, bem como a matéria seca da parte aérea das plantas. Os dados de fitotoxicidade foram analisados pela ocorrência dos indivíduos dentro de cada classe. Mesotrione apresentou-se mais tóxico às plantas em maior número de espécies, bem como de indivíduos, mas houve recuperação das plantas ao final da avaliação. Os herbicidas não afetaram os incrementos em H e DC das plantas. Para matéria seca da parte aérea, os herbicidas quizalofop-p-ethyl e nicosulfuron afetaram a tamanqueira e o fluazifop-p-butyl a leiteira. Para todas as variáveis avaliadas, observaram-se altas variações dentro da mesma espécie, sendo justificada pela variabilidade genética das espécies florestais nativas. Conclui-se que o mesotrione ocasiona maiores agravamentos no quadro de fitotoxicidade nas primeiras semanas após aplicação, sendo que as plantas conseguem recuperar. De modo geral, as 14 espécies florestais avaliadas são tolerantes aos cinco herbicidas pós-emergentes.

Palavras-chave: fitotoxicidade, espécies arbóreas, herbicidas seletivos.

ABSTRACT

The purpose of this study was to assess the tolerance of 14 native tree species from Atlantic Forest to five post-emergence herbicides. The seedlings of these plants were transplanted to 5 dm³ pots. Herbicides were applied 60 days after transplanting by using a CO₂-pressurized backpack sprayer, which was calibrated to apply 230 L ha⁻¹ of the herbicide mixes. The herbicides were mesotrione (0.4 L ha⁻¹), fluazifop-p-butyl (1.0 L ha⁻¹), sethoxydim (1.25 L ha⁻¹), quizalofop-p-ethyl (2.0 L ha⁻¹) and nicosulfuron (1.5 L ha⁻¹). A randomized complete-block design was used with 6 replicates in experiment I (7 species) and with 10 replicates in experiment II (the other 7 species). The experimental treatments consisted of five herbicides and one control without herbicide. The phytotoxicity was analyzed at 7, 14, 21, 28 and 56 days after herbicide application (DAA) through a percentage rating scale. We assessed the increases in height, stem diameter and the plant shoot dry matter at 56 DAA. The phytotoxicity data were analyzed through occurrence of individuals in each class. It is seen that mesotrione was the most toxic herbicide to plants, which was observed in most plant species and also in most individuals in present study, but with a restoration of plant health in the end of the experiment. The herbicides did not affect height and stem diameter of plants. Quizalofop-p-ethyl and nicosulfuron affected shoot dry matter of *Aegiphila sellowiana* Cham. and fluazifop-p-butyl affected shoot dry matter of *Tabernaemontana salzmannii* A. DC.. High variation of all measured parameters was observed in all species, which can be explained by the genetic variability of native plant species. In conclusion, our results demonstrate that mesotrione causes phytotoxicity in the first weeks after its application, but the injuries disappeared in some days. In general, all 14 studied forest species are tolerant to the five post-emergence herbicides.

Keywords: phytotoxicity, tree species, selective herbicides

1 INTRODUÇÃO

A formação dos povoamentos florestais, visando restauração de áreas perturbadas ou degradadas, depara-se com muitos entraves até o seu estabelecimento e recuperação da resiliência dos ambientes onde foram implantados. Uma das grandes dificuldades que tem encontrado na restauração florestal refere-se ao controle de plantas daninhas.

As plantas daninhas competem por recursos do ambiente (água, luz e nutrientes) interferindo no crescimento das plantas cultivadas (TOLEDO et al., 2003; PEREIRA et al., 2011; LONDERO et al., 2012), principalmente nos primeiros anos de formação do povoamento florestal.

No setor agropecuário, diversos são os métodos adotados para o controle de plantas daninhas, no sentido de evitar a matocompetição, entre estes o uso de herbicidas. Este método de controle químico avançou em função das diversas moléculas sintetizadas pela indústria química, bem como da utilização desses produtos de forma associada (KRUSE et al., 2001; GIANCOTTI et al., 2012), garantindo a eficácia no controle. Os herbicidas são recomendados para controle de plantas daninhas de folhas estreitas, largas ou ambas, em pré ou pós-emergência. Alguns, especificamente recomendados para o controle em determinada cultura agrícola, sem prejuízo a essa, os chamados herbicidas seletivos.

Ao longo das últimas décadas, o setor florestal concentrou os estudos em poucas espécies, como as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Com relação às espécies florestais nativas, pouco se tem estudado. O número reduzido de trabalhos talvez se deva ao grande número de espécies existentes, o que dificulta a geração de informações de forma compilada.

Com a crescente demanda por reflorestamentos visando a restauração florestal (SILVEIRA FILHO, 2012) e custos relativamente altos do controle das plantas daninhas (LELES et al., 2015), nos últimos anos tem-se despertado o interesse na utilização de herbicidas para controle das ervas daninhas, aliado a outros métodos. Isso deve-se, principalmente, pela eficiência no controle das espécies daninhas e a possibilidade de diminuição da intensidade e dos custos de intervenção que o controle químico normalmente proporciona.

No intuito de viabilizar técnica e economicamente o controle de plantas daninhas em reflorestamentos com espécies florestais nativas, estudos vêm sendo conduzidos objetivando a seleção de herbicidas seletivos às espécies florestais (BRANCALLION et al., 2009; DUARTE et al., 2006; YAMASHITA et al., 2009; MONQUERO et al., 2011). Informações como potencial de fitotoxicidade de herbicidas a determinadas espécies florestais devem ser investigadas, a fim de subsidiar a tomada de decisão de uso desses produtos. Pela constituição de elementos foliares (cutícula, cera, etc) supõe-se que determinadas espécies toleram bem determinado herbicida, enquanto outras espécies não apresentam padrão semelhante quanto à tolerância a esses produtos. O intuito é que seja possível selecionar herbicidas seletivos a diversas espécies nativas, e com isso, potencializar as chances de sucesso de controle de plantas daninhas em programas de reflorestamento, integrando o controle químico com outros métodos de controle.

O objetivo deste trabalho é avaliar a tolerância de 14 espécies florestais nativas da Mata Atlântica a cinco herbicidas pós-emergentes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos, no Município de Seropédica, RJ, envolvendo a fitotoxicidade de cinco herbicidas em 14 espécies florestais. O experimento I foi conduzido com sete espécies, em vasos de 5 dm³ preenchidos com solo de textura argilosa, sendo realizado no segundo semestre de 2012. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com seis repetições, sendo cada repetição constituída por uma planta, totalizando 252 plantas (6 tratamentos x 7 espécies x 6 repetições). O experimento II também envolveu outras sete espécies plantadas, da mesma maneira do experimento I, sendo conduzido no segundo semestre de 2013. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 10 repetições, com cada repetição constituída por uma planta, perfazendo um total de 420 plantas (6 tratamentos x 7 espécies x 10 repetições). Este maior número de repetições foi adotado devido a grande variabilidade de crescimento entre as plantas da mesma espécie observada no experimento I. As espécies foram analisadas separadamente.

Em ambos os experimentos, para correção da fertilidade, no preparo do substrato para enchimento dos vasos foi adicionado ao solo 500 g m⁻³ de calcário dolomítico, 700 g m⁻³ de superfosfato simples, 150 g m⁻³ de sulfato de amônio, 100 g m⁻³ de cloreto de potássio e 100 g m⁻³ de FTE-BR12. Os herbicidas bem como as dosagens recomendada (litros por hectare) são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Descrição dos tratamentos utilizados no teste de seletividade de espécies florestais

Tratamento	Descrição	Nome comercial	Dose (L/ha)*
T1	Mesotrione	Callisto [®]	0,4
T2	Fluazifop-p-butyl	Fusilade [®]	1,0
T3	Setoxidim	Poast [®]	1,25
T4	Quizalofop-p-ethyl	Targa [®]	2,0
T5	Nicosulfuron	Sanson [®]	1,5
T6	Testemunha	Sem aplicação	-

* Representa a dose da formulação, recomendada para controle de gramíneas.

No experimento I, as espécies utilizadas foram: *Psidium cattleianum* Sabine (Araçá), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira-pimenteira), *Guarea guidonia* (L.) Sleumer (Carrapeta), *Inga laurina* (Sw.) Willd. (Ingá), *Tabernaemontana salzmannii* A. DC. (Leiteira), *Citharexylum myrianthum* Cham. (Pau-viola) e *Aegiphila sellowiana* Cham. (Tamanqueira). No experimento II foram utilizadas *Luehea grandiflora* Mart. & Zucc (Açoita-cavalo), *Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez. (Capororoca), *Cecropia glaziovii* Sneathl. (Embaúba), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Farinha-seca), *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Paineira), *Tibouchina granulosa* Cogn. (Quaresmeira) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Tamboril).

Aplicação dos herbicidas e avaliação da fitotoxicidade

As mudas das espécies arbóreas com altura e diâmetro do coleto considerados aptos a serem utilizadas no plantio em campo, foram transplantadas para os vasos. Decorrido período de 60 dias após o transplante, foi realizada a aplicação dos herbicidas na dosagem recomendada (Tabela 6) sobre as plantas florestais. Para aplicação, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado por CO₂ munido de bico com ponta de pulverização do tipo TT 11002, trabalhando na pressão constante de 240 kPa, aplicando 230 L ha⁻¹ de

calda herbicida. No momento da aplicação, realizada no experimento I, não havia vento, a temperatura era de 29,8 °C e a umidade relativa do ar de 65 %. No experimento II a temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação eram de 22,6 °C e 84,5 %, respectivamente, e a velocidade do vento de 2,1 m s⁻¹. As condições de temperatura e umidade relativa do ar durante a condução dos experimentos são apresentadas na Figura 1.

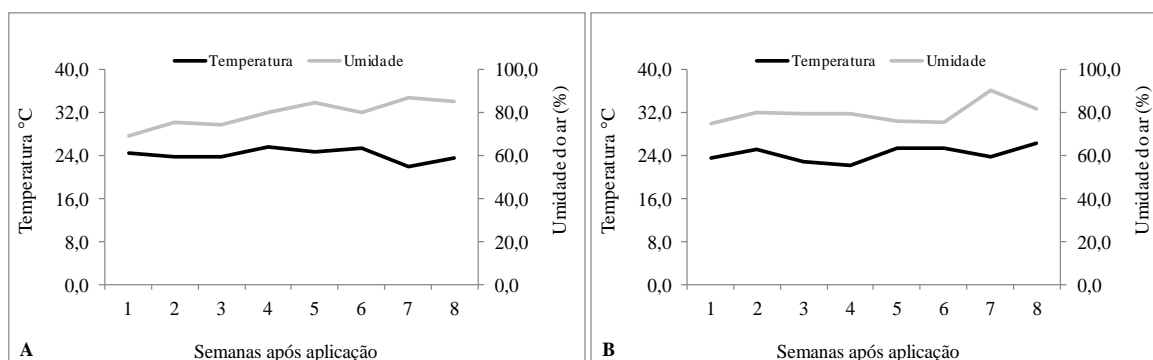


Figura 1: Temperatura e umidade do ar durante o período de avaliação dos experimentos I (A) e II (B).

A fitotoxicidade dos herbicidas foi avaliada a cada sete dias após a aplicação, durante quatro semanas, e a última avaliação realizada aos 56 dias após aplicação (DAA), por meio de escala de percentual de notas (Tabela 7), em que zero corresponde a nenhuma injúria e 100 a morte das plantas, conforme utilizado por Monquero et al. (2011). Dessa forma, estabeleceu-se o agrupamento das ocorrências de fitotoxicidade em classes, agrupadas em intervalo de notas.

Tabela 7: Classe e intervalo de notas para avaliação visual da fitotoxicidade de herbicidas às espécies florestais

Classe	Notas	Observação	
I	Muito leve	0 – 5	Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não observa-se quaisquer alterações na planta.
II	Leve	6 – 10	Sintomas nítidos, entretanto de baixa intensidade.
III	Moderada	11 – 20	Sintomas nítidos mais intensos que a classe anterior.
IV	Aceitável	21 – 35	Sintomas pronunciados, mas totalmente tolerados pela planta.
V	Preocupante	36 – 45	Sintomas mais drásticos que a classe anterior, mas ainda passível de recuperação.
VI	Alta	46 – 60	Danos irreversíveis, com redução drástica no crescimento da planta.
VII	Muito alta	61 - 100	Danos irreversíveis muito severos. Nota 100 para a morte da planta.

Adaptado de SBCP (1995), extraído de Yamashita (2009).

Durante todo o período da condução dos experimentos, quando necessária, foi suprida a necessidade hídrica das mudas através de irrigação por aspersão, realizada a limpeza dos vasos e da área experimental. Foto da área encontra-se na Figura 2.



Figura 2: Disposição do experimento no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.

Antes da aplicação dos herbicidas e aos 56 DAA, foi realizada mensuração da altura e do diâmetro do coleto, com auxílio de régua graduada e paquímetro digital, respectivamente, em todas as plantas. De posse das duas medições, foram calculados os incrementos em altura e diâmetro do coleto.

$Ic = Mf - Mi$, onde:

Ic = Incremento em altura ou diâmetro do coleto

Mf = Mensuração no tempo final

Mi = Mensuração no tempo inicial

Aos 56 DAA foi realizada coleta da parte aérea dos indivíduos arbóreos e estes foram acondicionados, individualmente, em sacos de papel identificados e colocados para secagem em estufa, com ventilação forçada a 65 °C, até peso constante. Depois, os materiais foram pesados para determinação da massa seca.

Análise dos Dados

Os resultados das avaliações de fitotoxicidade foram analisados pela ocorrência dos indivíduos dentro de cada classe de fitotoxicidade.

Os dados relativos aos incrementos em altura e diâmetro do coleto e o de massa seca foram submetidos à análise de variância e teste de Scott-knott, ao nível de 5 % significância, após atenderem os preceitos estatísticos de homocedasticidade e normalidade. As análises foram feitas utilizando-se o software SAEG.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fitotoxicidade dos herbicidas às espécies florestais

Herbicida inibidor da HPPD (mesotrione)

As espécies florestais apresentaram diferentes susceptibilidades a esse herbicida, evoluindo em alguns casos às classes mais severas (Anexos 1A e 1B), sendo que todas apresentaram recuperação ao final da avaliação.

A Tabela 8 apresenta o enquadramento das 14 espécies florestais nas classes de fitotoxicidade. Constata-se que a maioria das espécies apresentou tolerância a esse herbicida. Poucas espécies apresentaram quadros de intoxicação superior à classe V (preocupante) observando-se pequeno percentual de ocorrência. Açoita-cavalo, embaúba, pau-viola e tamanqueira podem ser consideradas as menos tolerantes, alcançando as classes alta e muito alta de fitotoxicidade. As espécies araçá e farinha-seca foram as mais tolerantes apresentando 100 % de ocorrência na classe de menor fitotoxicidade.

Tabela 8: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida mesotrione em 14 espécies florestais. Os valores referem-se à média de quatro avaliações (7, 14, 21 e 28 dias após aplicação)

Espécies	Classe de fitotoxicidade						
	Muito leve (I)	Leve (II)	Moderada (III)	Aceitável (IV)	Preocupante (V)	Alta (VI)	Muito alta (VII)
Araçá	100	-	-	-	-	-	-
Aroeira	79	21	-	-	-	-	-
Carrapeta	25	8	21	38	8	-	-
Ingá	83	-	-	17	-	-	-
Leiteira	71	12	17	-	-	-	-
Pau-viola	8	4	25	46	13	4	-
Tamanqueira	13	21	12	21	21	-	12
Açoita-cavalo	10	13	55	20	-	2	-
Capororoca	23	17	40	20	-	-	-
Embaúba	30	5	42	12	8	3	-
Farinha-seca	100	-	-	-	-	-	-
Tamboril	62	13	15	10	-	-	-
Paineira	28	27	42	3	-	-	-
Quaresmeira	5	12	57	23	3	-	-

As sete primeiras espécies foram 6 repetições por tratamento e as demais foram 10 repetições por tratamento.

O herbicida mesotrione é um inibidor da biossíntese de carotenoide, em que na ausência dessa molécula há a despigmentação das folhas ocasionada pela degradação oxidativa da clorofila e da membrana plasmática. Como consequência há o extravasamento do conteúdo celular levando à necrose dos tecidos (GROSSMANN & EHRHARDT, 2007; DAN et al., 2011). Trata-se de um produto comumente utilizado na cultura do milho em pós-emergência, apresentando resultados bastante satisfatórios no controle de plantas daninhas, principalmente de gramíneas (DAN et al., 2011).

Quando da aplicação do mesotrione, houve a evolução da classe de fitotoxicidade logo na primeira semana posterior a aplicação, como pode ser observado na Figura 3. Esse quadro atingiu sua máxima evolução aos 21 dias após a aplicação (DAA), onde um maior número de espécies que ocuparam a classe V (preocupante) e superiores foi observado.

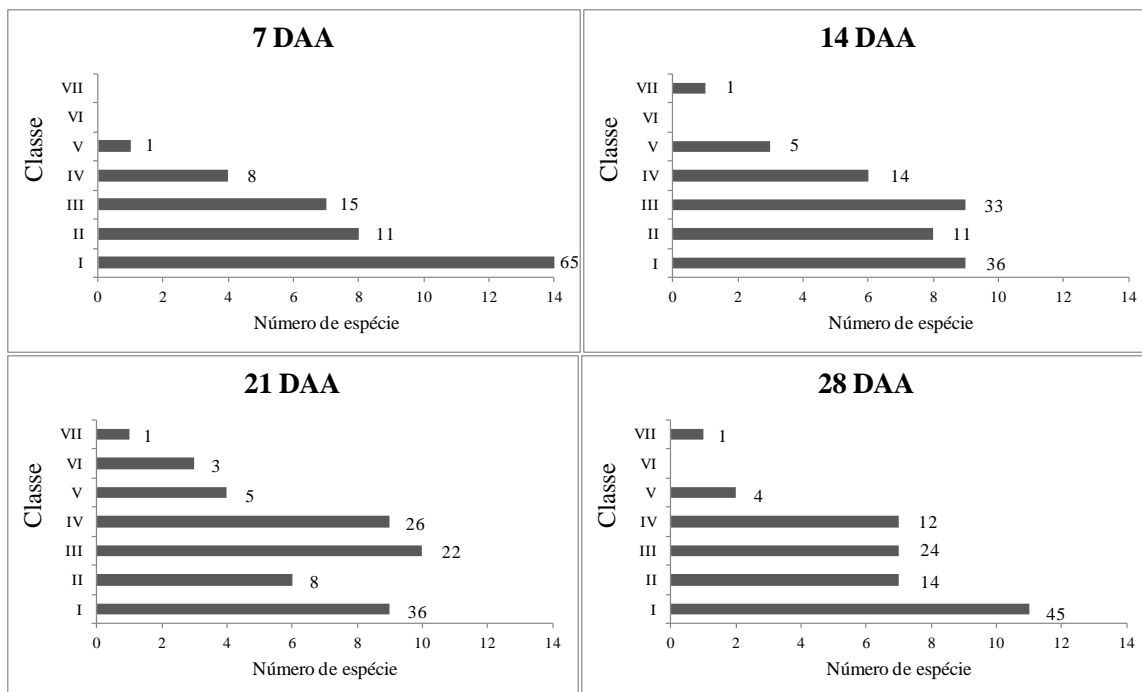


Figura 3: Ocorrência do número de espécies nas classes de fitotoxicidade causada pelo herbicida mesotrione aos 7; 14; 21 e 28 dias após aplicação (DAA). Números após as barras indicam o percentual de indivíduos, considerando todas as espécies, observados nas respectivas classes.

Considerando-se uma escala que separe dois grupos de forma a classificar a fitotoxicidade em danos não severos e severos, a classe V seria essa linha divisória. Dessa forma, constata-se que as plantas das espécies florestais sofreram relativamente pequenos danos, sendo que aos 28 DAA, apenas 5 % das mudas, envolvendo duas espécies, apresentaram danos severos de fitotoxicidade. Outra observação importante na Figura 3 é que mesmo sendo bastante simplória essa classificação, para esse herbicida e, se embasando nesse pequeno grupo de espécies, a terceira semana seria a ideal para a correta avaliação de fitotoxicidade uma vez que nesse período uma maior evolução no quadro de fitotoxicidade foi observado. Essas características devem ser levadas em consideração quando da avaliação da fitotoxicidade desses produtos químicos em espécies florestais nativas.

Herbicidas inibidores da ACCase (fluazifop-p-butyl; setoxidim; quizalofop-p-ethyl)

Os herbicidas comercialmente conhecidos como Fusilade®, Poast® e Targa® proporcionaram baixos níveis de toxidez às espécies florestais, culminando em baixa evolução nas classes de fitotoxicidade (Tabela 9 aTabela 11). As moléculas dos herbicidas

fluazifop-p-butyl (Fusilade®) e quizalofop-p-ethyl (Targa®) pertencem ao grupo químico dos ariloxifenoxipropionatos, enquanto que a do setoxidim (Poast®) das ciclohexanodionas. Esses herbicidas inibem a Acetil-Coenzima A carboxilase (ACCase), a qual é responsável pela conversão da Acetil-Coenzima-A a Malonil coenzima-A, primeira etapa para a biossíntese dos ácidos graxos (OLIVEIRA JR., 2011). Dessa forma, a produção de fosfolipídios usados na construção de novas membranas celulares necessária para o crescimento celular é bloqueada, paralisando o crescimento da planta.

Pelas Tabelas 9 a 11 observa-se pequena evolução para as espécies leiteira, açoita-cavalo, pau-viola e quaresmeira que, mesmo havendo aumento nas classes de fitotoxicidade atingindo a moderada, ainda considerada baixa, apresentaram baixos percentuais de ocorrência. Apenas a primeira espécie apresentou pequeno percentual de ocorrência nas classes preocupante e alta. Os resultados indicam que esses herbicidas são pouco tóxicos a estas 14 espécies florestais, evidenciando, dessa forma, seu potencial uso em reflorestamento onde ocorre infestação por gramíneas.

Tabela 9: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida fluazifop-p-butyl em 14 espécies florestais. Os valores referem-se à média de quatro avaliações (7, 14, 21 e 28 dias após aplicação)

Espécies	Classe de fitotoxicidade						
	Muito leve (I)	Leve (II)	Moderada (III)	Aceitável (IV)	Preocupante (V)	Alta (VI)	Muito alta (VII)
Araçá	100	-	-	-	-	-	-
Aroeira	100	-	-	-	-	-	-
Carrapeta	100	-	-	-	-	-	-
Ingá	100	-	-	-	-	-	-
Leiteira	92	8	-	-	-	-	-
Pau-viola	100	-	-	-	-	-	-
Tamanqueira	87	13	-	-	-	-	-
Açoita-cavalo	95	2	3	-	-	-	-
Capororoca	100	-	-	-	-	-	-
Embaúba	98	2	-	-	-	-	-
Farinha-seca	100	-	-	-	-	-	-
Tamboril	100	-	-	-	-	-	-
Paineira	100	-	-	-	-	-	-
Quaresmeira	95	5	-	-	-	-	-

As sete primeiras espécies foram 6 repetições por tratamento e as demais foram 10 repetições por tratamento.

Tabela 10: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida setoxidim em 14 espécies florestais. Os valores referem-se à média de quatro avaliações (7, 14, 21 e 28 dias após aplicação)

Espécies	Classe de fitotoxicidade						
	Muito leve (I)	Leve (II)	Moderada (III)	Aceitável (IV)	Preocupante (V)	Alta (VI)	Muito alta (VII)
Araçá	100	-	-	-	-	-	-
Aroeira	100	-	-	-	-	-	-
Carrapeta	100	-	-	-	-	-	-
Ingá	100	-	-	-	-	-	-
Leiteira	79	-	9	4	8	-	-
Pau-viola	100	-	-	-	-	-	-
Tamanqueira	100	-	-	-	-	-	-
Açoita-cavalo	92	8	-	-	-	-	-
Capororoca	100	-	-	-	-	-	-
Embaúba	95	5	-	-	-	-	-
Farinha-seca	100	-	-	-	-	-	-
Tamboril	100	-	-	-	-	-	-
Paineira	100	-	-	-	-	-	-
Quaresmeira	95	5	-	-	-	-	-

As sete primeiras espécies foram 6 repetições por tratamento e as demais foram 10 repetições por tratamento.

Tabela 11: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida quizalofop-p-ethyl em 14 espécies florestais. Os valores referem-se à média de quatro avaliações (7, 14, 21 e 28 dias após aplicação)

Espécies	Classe de fitotoxicidade						
	Muito leve (I)	Leve (II)	Moderada (III)	Aceitável (IV)	Preocupante (V)	Alta (VI)	Muito alta (VII)
Araçá	100	-	-	-	-	-	-
Aroeira	100	-	-	-	-	-	-
Carrapeta	100	-	-	-	-	-	-
Ingá	100	-	-	-	-	-	-
Leiteira	92	8	-	-	-	-	-
Pau-viola	75	13	12	-	-	-	-
Tamanqueira	100	-	-	-	-	-	-
Açoita-cavalo	97	3	-	-	-	-	-
Capororoca	98	2	-	-	-	-	-
Embaúba	100	-	-	-	-	-	-
Farinha-seca	100	-	-	-	-	-	-
Tamboril	100	-	-	-	-	-	-
Paineira	98	2	-	-	-	-	-
Quaresmeira	90	5	5	-	-	-	-

As sete primeiras espécies foram 6 repetições por tratamento e as demais foram 10 repetições por tratamento.

Constata-se ainda que, mesmos esses herbicidas que apresentam o mesmo mecanismo de ação, há diferenças na forma que atuam na planta, que é revelada pela fitotoxicidade. Nesse caso, o Poast[®], pertencente ao grupo químico das ciclohexanodionas, acarretou em maior evolução da fitotoxicidade da leiteira. Essa diferença é relatada em trabalhos de controle de plantas daninhas em culturas agrícolas, como o de Barroso et al. (2010) os quais estudaram a eficiência de herbicidas inibidores de ACCase (clethodim; tepraloxym; sethoxydim; fluazifop-p-butyl; haloxyfop-methyl; clethodim + quizalofop-p-ethyl; clethodim + fenoxaprop -p-ethyl) no controle de gramíneas em lavoura de soja. Segundo os autores, maior espectro de ação foi alcançado quando da utilização do haloxyfop-methyl, que é pertencente ao grupo químico dos ariloxifenoxipropionatos.

Os herbicidas inibidores de ACCase são considerados graminicidas. São bastante utilizados em culturas dicotiledôneas como a soja (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006; BARROSO et al., 2010). A seletividade é baseada na forma diferenciada de produção da ACCase em plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas. Esses dois grupos de plantas possuem a ACCase em seu citoplasma e cloroplastos. As dicotiledôneas possuem as formas procarióticas e eucarióticas enquanto que as monocotiledôneas possuem somente a eucariótica. Os herbicidas inibidores de ACCase atuam somente na forma eucariótica, dessa forma atuando somente nas monocotiledôneas (MARCHI et al, 2008), que no caso de plantas daninhas em áreas de restauração florestal enfatiza-se as gramíneas (SILVA et al., 2007). Isso faz com que o uso de herbicidas dessa categoria seja bastante eficaz em áreas de reflorestamento, ainda mais quando se considera a regeneração natural na condução do processo de restauração florestal como mencionam Nave et al. (2009).

Observa-se pela Figura 4 a evolução da fitotoxicidade dos herbicidas testados nas espécies florestais. Constata-se que esses três herbicidas apresentaram pequenas evoluções na escala de fitotoxicidade onde as maiores evoluções foram percebidas aos 14 DAA, diferenciando-se entre os diferentes grupos químicos.

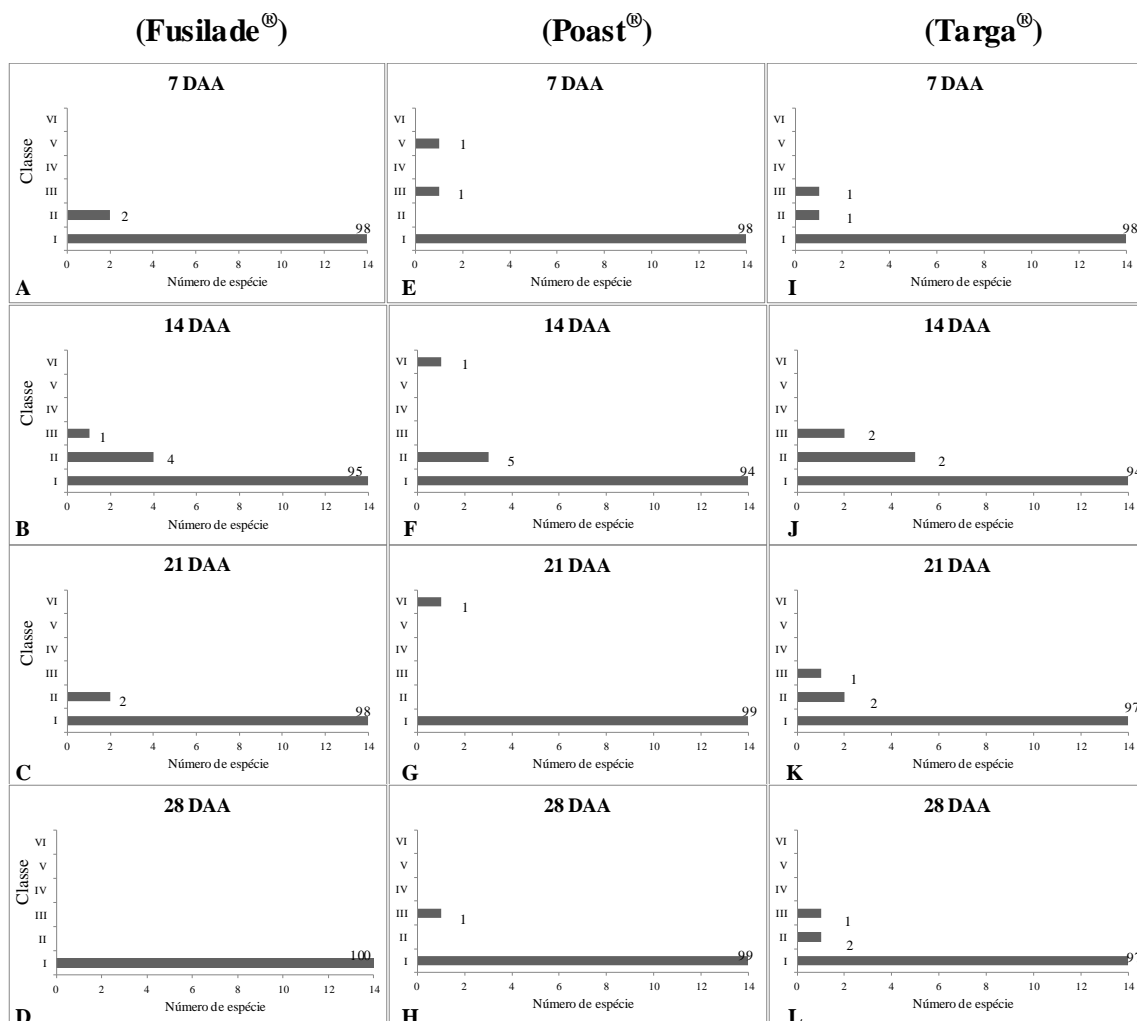


Figura 4: Ocorrência de espécies nas classes de fitotoxicidade causada pelo herbicida fluazifop-p-butyl (A, B, C, D), setoxidim (E, F, G, H) e quizalofop-p-ethyl (I, J, K, L), respectivamente o aos 7; 14; 21 e 28 dias após aplicação (DAA). * Números após as barras indicam o percentual de indivíduos, considerando todas as espécies, observados nas respectivas classes.

Leiteira foi a única espécie onde foi observado aumento do grau de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida setoxidim. Esse resultado possivelmente foi influenciado pela variabilidade genética das espécies, uma vez que o número de espécies bem como o de indivíduos que apresentaram ocorrência nas classes mais altas de fitotoxicidade foi relativamente baixo (Anexo 1). Ferreira et al. (2005) salientam que a variabilidade genética existente em plantas arbóreas pertencentes a uma mesma espécie poderá ocasionar diferentes respostas quando da aplicação de herbicidas, tal como acontece em plantas daninhas.

Herbicida inibidor da ALS (nicosulfuron)

Este herbicida acarretou pouca evolução no quadro de fitotoxicidade, cuja maior classe atingida foi a aceitável em apenas duas espécies (açóita-cavalo e embaúba), mas com baixos percentuais de ocorrência, como pode ser constatado pela Tabela 12.

Tabela 12: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida nicosulfuron em 14 espécies florestais. Os valores referem-se à média de quatro avaliações (7, 14, 21 e 28 dias após aplicação)

Espécie	Classe de fitotoxicidade						
	Muito leve (I)	Leve (II)	Moderada (III)	Aceitável (IV)	Preocupante (V)	Alta (VI)	Muito alta (VII)
Araçá	100	-	-	-	-	-	-
Aroeira	100	-	-	-	-	-	-
Carrapeta	100	-	-	-	-	-	-
Ingá	100	-	-	-	-	-	-
Leiteira	100	-	-	-	-	-	-
Pau-viola	100	-	-	-	-	-	-
Tamanqueira	96	4	-	-	-	-	-
Açoita-cavalo	89	8	-	3	-	-	-
Capororoca	100	-	-	-	-	-	-
Embaúba	92	2	5	3	-	-	-
Farinha-seca	100	-	-	-	-	-	-
Tamboril	100	-	-	-	-	-	-
Paineira	95	5	-	-	-	-	-
Quaresmeira	85	13	2	-	-	-	-

As sete primeiras espécies foram 6 repetições por tratamento e as demais foram 10 repetições por tratamento.

O nicosulfuron pertence ao grupo das sulfoniluréias agindo na inibição da acetolactato sintase (ALS), impedindo a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina). Assim, ocorre interrupção da síntese proteica que, por consequência, interfere na síntese de DNA e no crescimento celular (SILVA et al., 2007).

Nicosulfuron é um herbicida bastante utilizado na cultura do milho para controle de gramíneas, seletivo para determinados híbridos (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003). Mesmo não sendo considerado um herbicida seletivo a um determinado grupo de espécies, como no caso dos herbicidas inibidores de ACCase, e ainda que utilizando a dose recomendada para o controle de plantas daninhas, para as espécies florestais deste estudo, esse produto não causou intoxicações severas (Figura 5). Nesse raciocínio, e considerando que esse herbicida possui a menor classe toxicológica dentre os demais avaliados, parece ser interessante sua utilização no controle de plantas daninhas em reflorestamento. É indiscutível a eficácia desse produto no controle de plantas daninhas (JAKELAITIS et al., 2006; CAVALIERI et al. 2008), fato que o leva a ser utilizado em culturas agrícolas de grande importância econômica, como na cultura do milho bem como na integração lavoura-pecuária. Isso reforça a escolha desse produto nesse estudo aliado a sua baixa classe toxicológica (Classe IV) dentre os herbicidas inibidores da ALS.

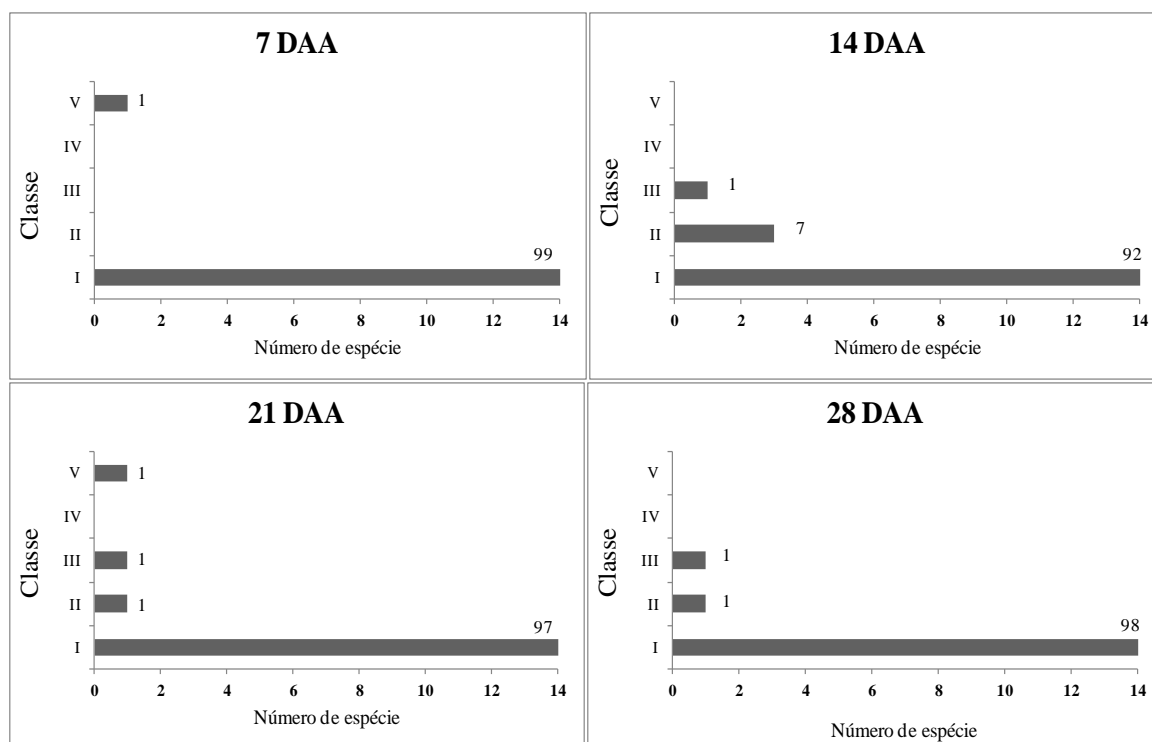


Figura 5: Ocorrência de espécies nas classes de fitotoxicidade causada pelo herbicida nicosulfuron aos 7; 14; 21 e 28 dias após aplicação (DAA). *Os números após as barras indicam o percentual de indivíduos observado nas respectivas classes.

Observa-se pela Figura 5 que a evolução da fitotoxicidade em decorrência da aplicação desse herbicida foi bem similar aos inibidores de ACCase (Figura 4), onde a maior evolução da intoxicação foi observado aos 14 DAA. As espécies embaúba e açoita-cavalo foram as responsáveis pela ocorrência da classe V, no entanto com baixas ocorrências de indivíduos, fato que também pode ser explicado pela variabilidade genética normalmente apresentada pelas espécies culminando nessas flutuações.

De modo geral, os herbicidas testados ocasionaram baixa fitotoxicidade às espécies florestais, sendo que essas apresentaram padrões diferenciados de fitotoxicidade e esse padrão também se apresentou distinto entre os indivíduos da mesma espécie. Isso também ocasionou altas variações em determinados tratamentos.

Na avaliação da fitotoxicidade realizada aos 56 DAA, constata-se que, para as 14 espécies florestais desse estudo, dos herbicidas avaliados, os inibidores da ACCase tiveram seus efeitos quase que imperceptíveis atingindo o máximo a classe moderada de fitotoxicidade.

Na Tabela 13 são apresentados os valores médios de notas de intoxicação das 14 espécies florestais realizada aos 56 DAA. Os valores médios de intoxicação foram baixos, apresentando em sua maioria grandes variações, baseando-se nos respectivos desvios padrão. Isso salienta a importância da elevação do número de repetições quando do estudo da intoxicação de herbicidas em espécies florestais ainda pouco estudadas, como as nativas. Tal constatação também é levantada por Brancalion et al (2009), em estudo de fitotoxicidade de herbicidas em espécies florestais. Para os herbicidas inibidores da ACCase (fluazifop-p-butyl, setoxidim e quizalofop-p-ethyl) e ALS (nicosulfuron), a maioria das espécies não apresentou sintomas de intoxicação. Para o herbicida mesotrione, mesmo que plantas de algumas espécies apresentaram quadro de fitotoxicidade preocupante ou superior nas primeiras semanas de avaliação, aos 56 DAA esse quadro foi amenizado.

Tabela 13: Média das notas de intoxicação de 14 espécies florestais, avaliadas aos 56 dias após a aplicação dos herbicidas

Espécie	Mesotrione	Fluazifop-p-butyl	Setoxidim	Quizalofop-p-ethyl	Nicosulfuron
Araçá	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aroeira	0,8 (2,0)	0,0	0,0	0,0	0,0
Carrapeta	4,2 (5,8)	0,0	0,0	0,0	0,0
Ingá	3,3 (8,2)	0,0	0,0	0,0	0,0
Leiteira	0,8 (2,0)	0,0	0,8 (2,0)	0,0	0,0
Pau-viola	6,8 (3,8)	0,0	0,0	0,0	0,0
Tamanqueira	20,0 (39,6)	0,0	0,0	0,0	0,0
Açoita-cavalo	5,3 (3,6)	0,0	0,0	0,0	0,0
Capororoca	7,4 (2,2)	0,0	0,0	0,0	0,0
Embaúba	5,1 (3,2)	0,0	0,0	0,0	1,1 (3,3)
Farinha-seca	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tamboril	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Paineira	2,5 (2,6)	0,0	0,0	0,0	0,0
Quaresmeira	8,2 (2,1)	0,0	0,0	0,5 (1,6)	0,0

Valores entre parênteses referem-se aos desvios padrão.

O herbicida mesotrione foi o que acarretou maior grau de intoxicação das plantas florestais aos 56 DAA. Apesar disso, observaram-se baixos valores médios com altas variações, denotando, dentro de cada espécie, a recuperação da maioria dos indivíduos. Essas informações podem ser comprovadas observando-se a Figura 6, que apresenta a distribuição da frequência das 14 espécies florestais nas classes de fitotoxicidade.

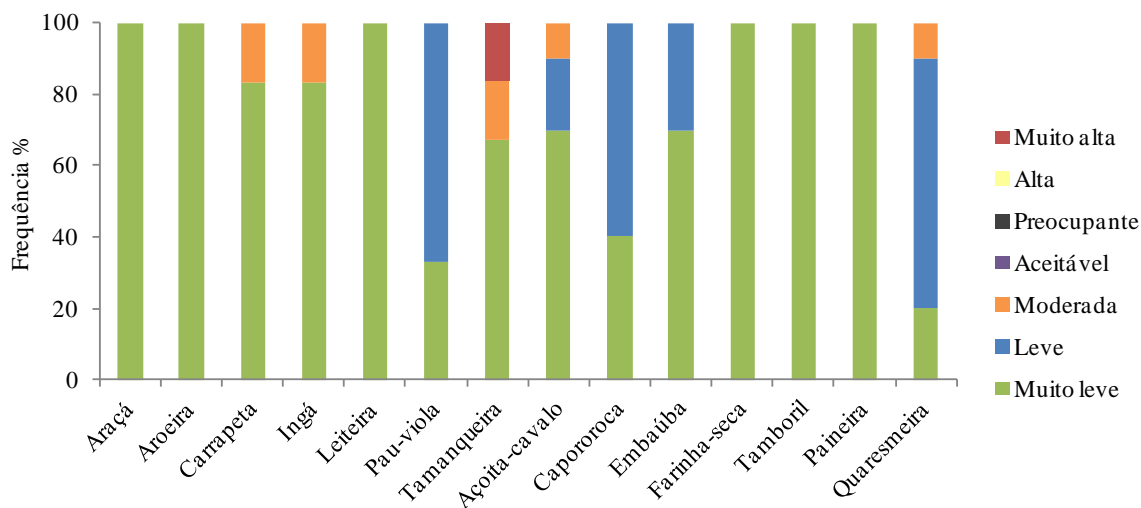


Figura 6: Distribuição da frequência nas classes de fitotoxicidade apresentada por 14 espécies florestais aos 56 dias após a aplicação do mesotrione. As sete primeiras espécies foram 6 repetições e as demais 10.

Comparando as informações da Tabela 13 com as da Figura 6 constata-se que aos 56 DAA houve a recuperação das plantas de tamanqueira e de pau-viola, que sofreram alguns danos causados pelo mesotrione, conforme avaliação visual. Ao final do período de avaliação a fitotoxicidade apresentada pelas espécies florestais em sua maioria englobava indivíduos até a classe moderada. No caso da tamanqueira, espécie utilizada no experimento I, um percentual pequeno de ocorrência se encontrava na classe de maior gravidade, o que levou à morte daquele indivíduo. Com base nesses resultados as espécies avaliadas no estudo podem ser consideradas tolerantes ao mesotrione.

As características anatômicas foliares das plantas exercem bastante influência na atuação final do herbicida, o que é revelado pelos padrões de fitotoxicidade apresentados por essas. No que tange aos herbicidas pós-emergentes a folha é o principal alvo da aplicação (PROCÓPIO et al., 2003), sendo suas características morfológica e anatômicas como o tipo, a densidade estomática, a espessura e composição da cutícula (SANTOS JR. et al., 2013), a presença ou ausência de tricomas irão influenciar na entrada desses produtos na planta e, conseqüentemente, sua ação final.

As espécies estudadas possivelmente apresentam características anatômicas foliares distintas, as quais podem influenciar na fitotoxicidade. Quando se observa o padrão de fitotoxicidade apresentado pelas espécies florestais quando da aplicação do herbicida mesotrione, nota-se, por exemplo, que o araçá não apresentou nenhum sintoma de fitotoxicidade durante todo o período de avaliação. Por outro lado, a tamanqueira apresentou-se menos tolerante a esse herbicida. Essas duas espécies apresentam folhas com características bastante peculiares. A primeira espécie é provida de folhas do tipo coriácea e glabra, enquanto que a segunda do tipo membranosa e pilosa. Estruturalmente, a primeira

dispõe de características que possivelmente ofereceriam uma maior resistência à entrada do herbicida na planta e conseqüentemente a sua ação final. Essa afirmação não considera os mecanismos internos de cada espécie no que tange a habilidade de ser tolerante ao herbicida, como a metabolização e a conjugação, por exemplo. No entanto, elencar características anatômicas facilmente identificáveis como a textura da folha, poderá permitir um prognóstico do comportamento das espécies florestais quando da utilização de herbicidas pós-emergentes, visto que a folha é o principal alvo no manejo de plantas daninhas em reflorestamento.

Mensuração das espécies florestais

Os valores de incremento em altura das espécies florestais são apresentados na Tabela 14. Constata-se que os herbicidas utilizados não influenciaram no crescimento em altura das espécies florestais, aos 56 dias após a aplicação, o que corrobora com os baixos níveis de fitotoxicidade. Observa-se ainda, com base no desvio padrão, que a variação dentro de cada espécie foi relativamente alta, chegando a superar 100 %, como, por exemplo, para a espécie carrapeta.

Diferença significativa no incremento em altura foi observada apenas na espécie tamanqueira, a qual apresentou maiores valores médios nos tratamentos com os herbicidas mesotrione e nicosulfuron (14,4 e 12,0 cm, respectivamente). No entanto, essa influência teve um efeito antagônico, uma vez que as plantas dessa espécie tratadas com esses herbicidas apresentaram maiores crescimentos em altura, superando até mesmo a testemunha (sem aplicação de herbicida). Brancalion et al. (2009) também constataram aumentos em incremento em altura em plantas das espécies *Senna multijuga* e *Guazuma ulmifolia* quando submetidas a aplicação de setoxidim (Poast[®]), sendo desconhecidas as causas fisiológicas do referido estímulo ao crescimento.

Tabela 14: Incremento em altura (cm) de 14 espécies florestais submetidas a aplicação de cinco herbicidas, avaliadas aos 56 dias após a aplicação

Espécies	Mesotrione	Fluazifop-p-butyl	Setoxidim	Quizalofop-p-ethyl	Nicosulfuron	Testemunha	C.V. (%)
Araçá	29,3 a (5,9)	26,0 a (7,1)	24,8 a (7,8)	29,8 a (17,5)	25,2 a (7,0)	29,8 a (11,5)	35,5
Aroeira	22,0 a (18,8)	14,8 a (7,1)	15,3 a (10,4)	17,0 a (10,8)	14,7 a (7,6)	18,5 a (14,7)	68,4
Carrapeta	6,9 a (7,0)	7,8 a (7,5)	11,2 a (12,5)	6,3 a (4,4)	4,2 a (3,2)	6,0 a (4,8)	99,7
Ingá	15,5 a (8,7)	18,5 a (4,5)	16,3 a (10,6)	14,3 a (10,7)	13,4 a (9,7)	19,0 a (13,7)	58,8
Leiteira	12,8 a (4,3)	12,0 a (3,9)	13,0 a (5,9)	18,2 a (10,2)	11,8 a (3,4)	15,2 a (6,1)	43,7
Pau-viola	13,2 a (7,6)	13,0 a (8,3)	9,0 a (7,6)	16,2 a (13,6)	6,5 a (4,6)	11,9 a (10,0)	77,1
Tamanqueira	14,4 a (7,6)	8,8 b (5,3)	8,4 b (7,9)	5,7 b (5,5)	12,0 a (4,7)	7,4 b (5,3)	68,0
Açoita-cavalo	10,7 a (3,7)	9,6 a (4,8)	11,1 a (7,7)	8,0 a (5,8)	9,8 a (7,5)	10,9 a (5,7)	58,5
Capororoca	3,9 a (2,2)	3,7 a (1,9)	3,5 a (2,4)	4,4 a (3,1)	3,3 a (1,8)	5,9 a (4,4)	67,8
Embaúba	5,4 a (3,0)	3,9 a (1,7)	4,1 a (3,1)	7,1 a (2,8)	6,1 a (4,5)	5,9 a (2,3)	56,9
Farinha-seca	8,2 a (6,7)	11,2 a (7,2)	8,9 a (4,8)	12,1 a (7,4)	15,3 a (9,5)	9,8 a (4,4)	63,9
Tamboril	10,6 a (5,9)	12,7 a (8,0)	12,9 a (5,4)	10,6 a (3,6)	9,7 a (4,1)	9,6 a (5,3)	49,9
Paineira	9,8 a (6,1)	11,0 a (6,0)	10,8 a (6,5)	13,2 a (8,5)	14,9 a (9,2)	11,5 a (7,7)	61,5
Quaresmeira	11,3 a (7,8)	12,5 a (6,9)	11,1 a (11,0)	14,9 a (10,5)	9,4 a (7,0)	13,7 a (8,5)	70,4

C.V. = Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem significativamente, segundo critério de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses referem-se aos desvios padrão.

No que diz respeito ao diâmetro do coleto (DC) (Tabela 15), a aplicação dos herbicidas não influenciou o crescimento das espécies florestais. Diferenças significativas no crescimento em DC foram observadas somente para a espécie tamboril. Os tratamentos com os herbicidas inibidores da ACCase (fluazifop-p-butyl e quizalofop-p-ethyl) promoveram maiores crescimentos quando comparados aos demais, incluindo a testemunha. Observa-se ainda que, como o incremento em altura, o incremento em DC também apresentou altas variações. Em alguns tratamentos, envolvendo as espécies pau-viola e tamanqueira, essa variação foi ainda mais elevada.

Tabela 15: Incremento em diâmetro do coleto (mm) de 14 espécies florestais submetidas a aplicação de cinco herbicidas, avaliadas aos 56 dias após a aplicação

Espécie	Mesotrione	Fluazifop-p-butyl	Setoxidim	Quizalofop-p-ethyl	Nicosulfuron	Testemunha	C.V. (%)
Araçá	3,2 a (2,1)	2,5 a (1,0)	3,1 a (2,1)	3,5 a (0,9)	2,9 a (1,0)	2,8 a (0,7)	45,5
Aroeira	3,3 a (2,3)	3,0 a (2,5)	2,9 a (2,0)	3,5 a (2,7)	3,0 a (1,5)	3,5 a (3,3)	71,2
Carrapeta	1,6 a (0,7)	1,7 a (1,1)	1,7 a (1,3)	1,9 a (0,9)	2,4 a (1,0)	3,0 a (1,9)	60,9
Ingá	4,1 a (2,2)	3,3 a (1,0)	3,0 a (1,0)	2,9 a (1,4)	2,9 a (1,9)	4,0 a (0,6)	42,7
Leiteira	1,4 a (1,0)	0,7 a (0,5)	1,1 a (0,5)	1,6 a (1,1)	0,9 a (0,6)	1,2 a (0,9)	73,3
Pau-viola	3,4 a (2,3)	1,8 a (1,4)	2,8 a (2,9)	2,4 a (1,0)	3,0 a (2,1)	3,0 a (1,9)	70,5
Tamanqueira	2,9 a (1,7)	2,4 a (2,2)	1,5 a (1,3)	1,9 a (3,1)	1,3 a (0,6)	1,4 a (1,5)	95,8
Açoita-cavalo	1,7 a (1,0)	1,9 a (1,3)	1,7 a (0,6)	2,2 a (1,3)	2,3 a (1,7)	2,0 a (1,1)	59,9
Capororoca	2,5 a (0,9)	3,2 a (0,7)	3,4 a (0,7)	3,7 a (1,5)	3,4 a (1,3)	3,6 a (1,2)	34,2
Embaúba	3,0 a (1,1)	2,9 a (0,9)	3,7 a (1,5)	4,0 a (1,2)	3,0 a (0,8)	3,3 a (0,6)	32,1
Farinha-seca	3,0 a (1,0)	2,5 a (1,1)	3,0 a (0,9)	2,4 a (1,3)	2,1 a (0,9)	2,5 a (0,6)	38,7
Tamboril	1,6 b (0,8)	2,2 a (1,4)	1,2 b (0,7)	2,0 a (0,6)	1,2 b (0,3)	1,5 b (0,9)	55,0
Paineira	4,0 a (2,7)	4,7 a (2,2)	4,0 a (2,2)	3,8 a (1,8)	3,9 a (1,8)	4,2 a (2,1)	51,3
Quaresmeira	3,2 a (2,0)	4,4 a (3,0)	4,2 a (2,3)	3,1 a (1,6)	3,3 a (1,8)	4,0 a (2,1)	58,2

C.V. = Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem significativamente, segundo critério de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses referem-se aos desvios padrão.

Na Tabela 16 são apresentados os valores médios de massa seca da parte aérea das espécies florestais, avaliadas aos 56 DAA. Estes valores também seguiram o mesmo padrão dos incrementos em altura e diâmetro do coleto em que, excetuando-se as espécies leiteira e tamanqueira, não sofreram influência significativa dos herbicidas. Pode-se observar que, quando comparada às outras variáveis avaliadas (H e DC), as variações observadas para massa seca dentro de cada tratamento foi menor. No entanto, segue ao padrão apresentado por aquelas, em que a variabilidade genética das espécies florestais parece ser a responsável por essas oscilações. Levando-se em consideração esse cenário, de acordo com esse estudo, é possível aplicar esses produtos em áreas reflorestadas, de tal forma que atinja também as espécies florestais, pois não afetariam o seu crescimento.

Os métodos tradicionais de plantio e manutenção fazem uso frequente de roçadas manual ou mecanizado em área total. Essa operação tem como objetivo diminuir ou eliminar boa parte da massa de gramíneas, mas junto com ela pode eliminar parte do número de espécies regenerantes, as quais poderiam ser preservadas caso se fizesse uso de herbicidas seletivos. O uso de herbicidas seletivos pode não só reduzir os custos dos reflorestamentos com a manutenção, mas, principalmente, aumentar a riqueza de espécies, favorecendo a regeneração natural, uma vez que as plantas controladas serão as gramíneas, caso adotasse um dos herbicidas inibidores da ACCase, por exemplo.

Tabela 16: Massa seca (g/planta) da parte aérea de 14 espécies florestais submetidas a aplicação de cinco herbicidas, avaliadas aos 56 dias após a aplicação (DAA)

Tratamento	Mesotrione	Fluazifop-p-butyl	Setoxidim	Quizalofop-p-ethyl	Nicosulfuron	Testemunha	C.V. (%)
Araçá	36,7 a (16,4)	30,4 a (11,5)	33,7 a (12,5)	35,4 a (14,5)	30,1 a (7,7)	34,4 a (9,1)	34,9
Aroeira	23,5 a (28,9)	26,0 a (29,6)	30,2 a (44,7)	27,2 a (34,3)	22,7 a (28,8)	37,9 a (52,3)	125,8
Carrapeta	6,1 a (2,3)	7,8 a (8,1)	7,7 a (4,6)	7,8 a (2,4)	7,2 a (3,7)	8,8 a (4,4)	58,2
Ingá	23,5 a (9,9)	25,8 a (10,9)	19,8 a (7,1)	21,0 a (7,7)	20,7 a (8,8)	22,2 a (8,4)	38,3
Leiteira	10,1 a (10,9)	5,0 b (2,9)	7,1 a (2,2)	11,5 a (15,5)	6,4 a (4,9)	12,6 a (11,7)	104,4
Pau-viola	26,1 a (26,2)	23,5 a (14,3)	25,5 a (28,2)	18,3 a (8,9)	20,6 a (15,8)	22,2 a (14,9)	79,6
Tamanqueira	17,1 a (19,9)	14,8 a (22,4)	13,8 a (14,2)	8,1 b (7,5)	11,7 b (14,4)	18,2 a (15,4)	111,2
Açoita-cavalo	18,4 a (7,2)	23,8 a (8,7)	22,4 a (9,4)	26,7 a (12,1)	23,1 a (9,1)	23,7 a (9,9)	41,0
Capororoca	38,7 a (5,2)	40,6 a (7,9)	37,0 a (6,1)	42,3 a (6,3)	37,0 a (7,4)	41,0 a (8,1)	17,5
Embaúba	34,9 a (14,7)	30,0 a (12,6)	24,0 a (9,6)	30,5 a (11,0)	29,7 a (10,4)	27,4 a (4,8)	37,3
Farinha-seca	47,3 a (11,9)	47,3 a (15,0)	52,0 a (8,5)	46,8 a (13,5)	53,0 a (10,0)	47,7 a (8,4)	23,0
Tamboril	53,2 a (8,5)	49,3 a (8,4)	49,4 a (9,8)	49,9 a (10,9)	44,6 a (9,1)	47,3 a (7,0)	18,5
Paineira	38,9 a (13,0)	45,0 a (10,8)	43,3 a (15,9)	39,0 a (6,9)	46,7 a (12,0)	42,1 a (14,2)	28,9
Quaresmeira	24,4 a (12,0)	29,1 a (10,4)	24,0 a (14,2)	24,9 a (6,8)	23,5 a (8,7)	21,6 a (9,9)	42,2

C.V. = Coeficiente de variação. Médias seguidas de mes ma letra na linha, não diferem significativamente, segundo critério de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses referem-se aos desvios padrão.

O uso de herbicidas seletivos aplicados em área total pós-emergente é bastante difundido para culturas anuais e perenes. O tipo de aplicação o qual atinge além da planta daninha a espécie de interesse é bem realizado em culturas agrícolas as quais os herbicidas são seletivos. Pelos resultados aqui apresentados, esse uso poderá ser realizada no setor de restauração florestal com espécies nativas. No entanto, mesmo que nesse estudo os experimentos foram conduzidos em vasos com amostras de solo, recipientes mais propícios para tal quando comparados com outros estudos conduzidos em tubetes, há a necessidade da condução de outros experimentos com esses herbicidas em condições de campo, onde as plantas estarão sujeitas às flutuações ambientais, como precipitação, oscilação de temperatura e umidade do ar e do solo. Ressalta-se ainda que, estudos de fitotoxicidade de herbicidas como este, devem ser realizados em mais espécies, ampliando dessa forma a segurança na possível recomendação desses produtos químicos no controle de plantas daninhas em reflorestamento com espécies nativas da flora brasileira.

Trabalhos nessa linha de pesquisa utilizando espécies florestais nativas ainda são bastante escassos. Pouco se estudou até o momento abrangendo essas, talvez pelo motivo do grande número de espécies que contemplam os programas de restauração florestal com espécies nativas bem como a grande variabilidade genética entre os indivíduos de uma mesma espécie.

Em trabalho avaliando a seletividade de setoxidim e isoxaflutole sob 25 espécies florestais (sendo sete delas avaliadas no presente experimento), não se constatou morte de plantas, mesmo aplicando-se quatro vezes a dose recomendada (Brancalion et al., 2009). Os autores constataram ainda que o setoxidim não influenciou na massa seca das folhas aos 35 DAA e o isoxaflutole influenciou negativamente afetando 20 % das espécies. Mesmo havendo essa influência na redução da massa seca pelo isoxaflutole, possivelmente isso estaria sendo influenciado pelo suporte dados a essas espécies, já que o experimento foi conduzido com as mudas acondicionadas em tubetes de 56 cm³. Acredita-se que estudos conduzidos em vasos preenchidos com amostras de solo são os mais adequados para tais avaliações, antecedendo os experimentos em condições de campo.

Outro experimento avaliando a seletividade de herbicidas, em doses crescentes, foi realizado por Duarte et al (2006) em plantas de em *Myracrodum urundeuva*. Dentre os herbicidas utilizados, os autores fizeram uso do haloxyfop-methyl (0,00, 120, 240 e 480 g ha⁻¹) e isoxaflutole (0,00, 150, 300 e 600 g ha⁻¹). As plantas de *M. urundeuva* foram conduzidas em vasos de 2 dm³ preenchidos com solo oriundo de um Latossolo Vermelho-Amarelo. A avaliação da fitotoxicidade foi realizada aos 7, 14, 28 e 49 DAA, sendo a mensuração da altura realizada aos 48 DAA. Os autores não constaram fitotoxicidade desses herbicidas às plantas de *M. urundeuva* e também influência no crescimento em altura dessas plantas ao final da avaliação.

A maioria dos herbicidas avaliados nesse estudo ocasionou baixa fitotoxicidade às espécies avaliadas não comprometendo o crescimento das espécies. Mesmo quando a evolução da fitotoxicidade foi maior como no caso da aplicação do mesotrione em algumas espécies, as plantas foram capazes de se recuperarem durante a avaliação, não afetando o crescimento dessas, representado pelos incrementos em H e DC e massa seca.

4 CONCLUSÃO

Dentre os herbicidas avaliados, mesotrione acarreta maiores evoluções no quadro de fitotoxicidade e em maior número de espécie, mas passíveis de recuperação a ponto de não prejudicar o crescimento das mesmas, considerando o período avaliado.

De modo geral, as espécies florestais estudadas são tolerantes aos cinco herbicidas uma vez que estes não afetam o crescimento.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROSO, A. L. L.; DAN, H. A.; PROCÓPIO, S. O.; TOLEDO, R. E. B.; SANDANIEL, C. R.; BRAZ, G. B. P.; CRUVINEL, K. L.. Eficácia de herbicidas inibidores de ACCase no controle de gramíneas em lavouras de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 149 – 157, 2010.
- BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I.; MACHADO, R. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; RODRIGUES, R. R.. Seletividade dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon a espécies arbóreas nativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.3, p.251-257, 2009.
- CAVALIERI, S. D.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L. H. M..Tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 203-214, 2008.
- DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S. O.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; FELDKIRCHER, C.. Supressão imposta pelo mesotrione a *Brachiaria brizantha* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 861 - 867, 2011.
- DUARTE, N. F.; KARAM., D.; SÁ, N.; CRUZ, M. B.; SCOTTI, M. R. M. Seletividade de herbicidas sobre *Myracrodruon urundeuva* (AROEIRA). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 329-337, 2006.
- FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A. C.; ALCÂNTARA, E. N.; MOTTA, M. S.. Efeito de herbicidas de pré-emergência sobre o desenvolvimento inicial de espécies arbóreas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 4, n. 1, p. 133 - 145, 2005.
- GIANCOTTI, P. R. F.; TOLEDO, R. E. B.; ALVES, P. L. C. A.; VICTORIA FILHO, R.; NEGRISOLI, E.; CASON, J. B.; ALVES, S. N. R.; ROCHA, M. G.. Eficácia de herbicidas em condições controladas para o controle de gramíneas infestantes de canaviais em estiagem. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 11, n. 3, p. 269 - 275, 2012.
- GROSSMANN, K.; EHRHARDT, T. On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Pest Management Science**. Malden, v. 63, n. 5, p. 429–439, 2007.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SILVA, A. F.; SILVA, L. L.; FERREIRA, L. R.; VIVIAN, R.. Efeitos de herbicidas no controle de plantas daninhas, crescimento e produção de milho e *Brachiaria brizantha* em consórcio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, n. 36, v. 1, p. 53 - 60, 2006.
- KRUSE, N. D.; VIDAL, R. A.; BAUMAN, T. T.; TREZZI, M. M.. Sinergismo potencial entre herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenoides. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 569 – 575, 2001.
- LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; ALONSO, J. M. Influências do espaçamento de plantio na restauração florestal. In: LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. (Eds.). **Restauração Florestal e a Bacia do Rio Guandu**. Seropédica: Editora Rural, p.106-139, 2014.

- LONDERO, E. K.; SCHUMACHER, M. V.; RAMOS, L. O. O.; RAMIRO, G. A.; SZYMCZAK, D. A.. Influência de diferentes períodos de controle e convivência de plantas daninhas em eucalipto. **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 441 – 447, 2012.
- LOPÉZ-OVEJERO, R. F.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA y GARCIA, A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.. Seletividade de herbicidas para a cultura do ou de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, p.413-419, 2003.
- LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; PENCKOWSKI, L. H.; PODOLAN, M. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.. Alternativas de manejo químico da planta daninha *Digitaria ciliaris* resistente aos herbicidas inibidores da ACCase na cultura de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 407 - 414, 2006.
- MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G.. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008 (**Série Documentos nº 227**).
- MONQUERO, P. A.; PENHA, A. S.; ORZARI, I.; HIRATA, A. C. S.. Seletividade de herbicidas em mudas das espécies nativas *Acacia polyphylla*, *Enterolobium contortisiliquum* (FABACEAE), *Ceiba speciosa* e *Luehea divaricata* (MALVACEAE). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 159 - 168, 2011.
- NAVE, A. G.; BRANCALION, P. H. S.; COUTINHO, E.; CESAR, R. G.. Descrição das ações operacionais de restauração florestal. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto para a restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. 1ed. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009, v. 1, p. 176 - 217.
- OLIVEIRA JR., R. S.. Introdução ao controle químico. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H.. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompix, 2011, p. 125 – 139.
- PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D.; RODRIGUES, A. C. P.; SOUZA, G. S. F.; CARDOSO, L. A.. Seletividade do herbicida saflufenacil a *Eucalyptus urograndis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 617 – 624, 2011.
- PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, E. A.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N.. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. V - *Leonurus sibiricus*, *Leonotis nepetaefolia*, *Plantago tomentosa* e *Sida glaziovii*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.3, p.403-411, 2003.
- SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- SANTOS JÚNIOR, A.; TUFFI SANTOS, L. D.; COSTA, G. A.; BARBOSA, E. A.; LEITE, G. L. D.; MACHADO, V. D.; CRUZ, L. R.. Manejo de tiririca e trapoeraba com glyphosate em ambientes sombreados. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 213-221, 2013.
- SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B.. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. p. 63-81.

SILVEIRA-FILHO, T. B.. **A política florestal estadual do Rio de Janeiro: ação e inação do estado entre 1975 - 2011.** 150 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.

TOLEDO, R. E. B.; VICTORIA FILHO, R.; ALVES, P. L. C. A.; PITELLI, R. A.; LOPES, M. A. F.. Faixas de controle de plantas daninhas e seus reflexos no crescimento de plantas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 26, n. 64, p. 78 - 92, 2003.

YAMASHITA, O. M.; BETONI, J. R.; GUIMARÃES, S. C.; ESPINOSA, M. M.. Influência do glyphosate e 2,4-D sobre o desenvolvimento inicial de espécies florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 359-366, 2009.

CAPÍTULO II: INTOXICAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE GLYPHOSATE

RESUMO

Foi avaliada a tolerância de quatro espécies florestais nativas da Mata Atlântica ao glyphosate. Dois experimentos sequenciais foram instalados, utilizando mudas de *Cybistax antisyphilitica*, *Tabebuia avellanedae*, *Peltophorum dubium* e *Pseudobombax grandifloru*. Quando as mudas estavam em condições de plantio no campo, foram transplantadas para vasos de 5 dm³ preenchidos com solo. Os experimentos consistiram da aplicação subdose de glyphosate (0; 0,16; 0,32; 0,48 e 0,64 L ha⁻¹ no experimento I e 0; 0,64; 1,28; 1,92 e 2,56 L ha⁻¹ no experimento II), respectivamente equivalentes aos percentuais da dose recomendada para o controle de capim braquiária (0; 4; 8; 12 e 16 % - experimento I e 0; 16; 32; 48 e 64 % - experimento II) da formulação comercial. No experimento II, efetuou-se a aplicação de glyphosate (0; 0,32; 0,64; 0,96 e 1,28 L ha⁻¹) em plantas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (*E. urograndis*) para fins de comparação dos sintomas de fitotoxicidade. O delineamento foi o de blocos casualizados, sendo o primeiro experimento com dez repetições e o segundo com cinco. Utilizou-se aplicação correspondente a 230 L ha⁻¹ de calda herbicida. A fitotoxicidade foi avaliada aos 7; 14; 21; 28 e 56 dias após aplicação (DAA) por meio de escala de percentual de notas, estabelecendo-se o agrupamento em classes de fitotoxicidade. Os incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC) e matéria seca da parte aérea (MSPA) foram determinados aos 56 DAA. Os dados de fitotoxicidade foram analisados pela ocorrência dos indivíduos dentro de cada classe de intoxicação. No experimento I, as doses aplicadas de glyphosate não causaram mortalidade das plantas, embora tenham ocorrido sintomas de fitotoxicidade mais pronunciados em plantas de *C. antisyphilitica*. As doses de glyphosate não afetaram os incrementos das variáveis de crescimento das espécies florestais. No experimento II, as doses de glyphosate provocaram aumentos no quadro de intoxicação das plantas, atingindo as maiores classes de fitotoxicidade, com exceção das plantas de *P. grandiflorum*, que apresentou ser tolerante. Para o incremento em H foram ajustadas equações de regressão somente para as espécies *T. avellanedae* e *P. dubium*, diminuindo os valores frente aos aumentos das doses. Para o incremento em DC e MSPA, obteve-se ajustes para as espécies *C. antisyphilitica* e *T. avellanedae* com menores valores dessas variáveis observados frente aos aumentos das doses de glyphosate aplicadas. Constatou-se que as espécies florestais nativas avaliadas, são mais tolerantes ao glyphosate quando comparadas ao eucalipto que apresentou sintomas mais pronunciados de intoxicação na dose de 1,28 L ha⁻¹. Conclui-se que as espécies florestais apresentam variados graus de tolerância ao glyphosate nas doses aplicadas, sendo o *P. grandiflorum* a mais tolerante. Doses equivalentes a 1,28 L ha⁻¹ de glyphosate apresentam como limiar para o crescimento das espécies *T. avellanedae* e *P. dubium*. As espécies nativas avaliadas são mais tolerantes ao glyphosate que *E. urograndis*.

Palavras-chave: controle químico, deriva de herbicida, roundup.

ABSTRACT

The tolerance to glyphosate of four native forest species from Atlantic Forest was assessed. Two sequential experiments were conducted using seedlings of *Cybistax antisyphilitica*, *Tabebuia avellanedae*, *Peltophorum dubium* and *Pseudobombax grandiflorum*. The seedlings of these species were transplanted to 5-dm³ pots filled with soil. The experiments consisted of the application of reduced rates of glyphosate (0, 0.16, 0.32, 0.48 and 0.64 L ha⁻¹ in experiment I and 0, 0.64, 1.28, 1.92 and 2.56 L ha⁻¹ in experiment II), which were equivalent to the recommended application rate for the control of braquiaria grass (0, 4, 8, 12 and 16 % - experiment I and 0, 16, 32, 48 and 64 % - experiment II, respectively) of commercial formulation. Additionally, for purposes of comparison of phytotoxicity symptoms, an application of glyphosate (0, 0.32, 0.64, 0.96 and 1.28 L ha⁻¹) in plants of *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (*E. urograndis*) was also performed in the experiment II. A randomized complete-block design was used with 10 replicates in experiment I and with 5 replicates in experiment II. The sprayer was calibrated to apply 230 L ha⁻¹ of the glyphosate mixes. The phytotoxicity was evaluated at 7, 14, 21, 28 and 56 days after application by using a percentage rating scale. After that, a grouping of plants in phytotoxicity classes was done. The increases in height, stem diameter and shoot dry matter (MSPA) were determined at 56 days after application. The phytotoxicity data were analyzed through the occurrence of individuals within phytotoxicity classes. In the experiment I, the tested rates of glyphosate did not cause mortality of plants, although there were more pronounced phytotoxicity symptoms in *C. antisyphilitica*. The rates of glyphosate did not affect the growth variables of forest species. In the experiment II, greater intoxication of the plants was caused by higher rates, reaching the highest phytotoxicity classes, except for plants of *P. grandiflorum*, which were tolerant to glyphosate. Regression equations for glyphosate rates × height were adjusted ($p < 0.05$) only for *T. avellanedae* and *P. dubium*, for which the increase in glyphosate rate decreases the plant height. Significant adjustments were also obtained for glyphosate rates × stem diameter and shoot dry matter of *C. antisyphilitica* and *T. avellanedae* with lower values of these variables observed forward to increases in doses of glyphosate applied. We found that the native forest species were more tolerant to glyphosate than *E. urograndis*, which showed more pronounced intoxication symptoms with the glyphosate rate of 1.28 L ha⁻¹. It is concluded that forest species present varying degrees of tolerance to glyphosate, being the *P. grandiflorum* the most tolerant. The threshold of glyphosate rate for not affecting the growth of *T. dubium* and *P. avellanedae* was 1.28 L ha⁻¹. The native species of the present study are more tolerant to glyphosate than *E. urograndis*.

Keywords: chemical control, herbicide drift, roundup.

1 INTRODUÇÃO

As áreas alvo de restauração florestal geralmente apresentam graus variados de degradação devido às atividades pretéritas. Demandas por projetos de reflorestamentos visando restauração florestal têm aumentado no estado do Rio de Janeiro. Muitas das áreas destinadas para tal fim, normalmente, possuem em seu histórico a exploração agropecuária cuja herança se materializa pela presença de plantas forrageiras de rápido crescimento. Entre essas, os capins braquiária e colômbia ocupam lugar de destaque, ora pela agressividade de colonização de ambientes perturbados e/ou degradados, ora pela elevada produção de fitomassa, mesmo em condições baixas de fertilidade do solo. Quando da implantação de reflorestamento nessas áreas, há a necessidade que as intervenções sejam eficientes, visto que, essas espécies forrageiras, se não devidamente controladas, reduzem o crescimento das espécies florestais implantadas, assim como a regeneração natural, podendo levar à morte plantas florestais, comprometendo a dinâmica sucessional.

A regeneração natural em áreas de pastagens abandonadas, com espécies forrageiras da família Poaceae, tem sido frequentemente alvo de estudos (CHEUNG et al., 2009; SILVA, 2011; WEIDLICH, 2011). Estes procuram relacionar a presença dessas espécies, principalmente do gênero *Urochloa*, com o crescimento das espécies florestais oriundas da implantação e/ou regeneração natural. Notadamente, a grande produção de fitomassa, que estas forrageiras conseguem acumular em curto período de tempo, torna-se uma grande barreira física para o crescimento das plantas, uma vez que, mesmo que haja a chegada de diásporos a esses locais, dificilmente ocorrerá o estabelecimento desses (CHEUNG et al., 2009; SILVA, 2011; CALEGARI et al., 2013).

Entre os métodos de controle de plantas daninhas tem-se o controle químico. Um dos herbicidas mais utilizados no meio florestal é o glyphosate, que é não seletivo, de ação sistêmica, usado no controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas, anuais e perenes (MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2003; PEREIRA et al., 2011). Apresenta alta eficiência no manejo de *Urochloa* spp. (RUAS et al., 2012) não sendo propenso a lixiviação, uma vez que possui coeficiente de adsorção relativamente alto, sendo fortemente adsorvido pelas partículas coloidais do solo (SILVA et al., 2007; MACHADO et al., 2013). Além disso, apresentam baixa toxicidade a animais, pelo fato da ESPs (5-enolpiruvilschiquimato-3-fosfato sintase) não estar presente nesse grupo (SILVA et al., 2007).

Na etapa de implantação do reflorestamento em áreas de pastagens abandonadas, o uso do glyphosate como dessecante pode ser viável, facilitando as operações de marcação, coroamento e abertura de covas. Após a implantação é necessário cuidados na aplicação, pois, pelo processo de deriva, o glyphosate poderá atingir as espécies florestais causando intoxicação, que, dependendo da intensidade, poderá levar à morte das plantas. Esse fato é bem descrito em estudos com *Eucalyptus* spp. (TUFFI SANTOS et al., 2005; TUFFI SANTOS et al., 2007; PEREIRA et al., 2011).

Em espécies florestais nativas, alguns estudos de fitotoxicidade do glyphosate já vêm sendo conduzidos (DUARTE et al., 2006; YAMASHITA et al., 2006; GUSMÃO et al., 2011; MONQUERO et al. 2011), porém ainda são escassos e abrangem reduzido número de espécies. Em programas de restauração florestal normalmente utiliza-se grande número de espécies, as quais apresentam diferenças foliares (morfológicas e anatômicas) que poderá conferir a essas, diferentes graus de tolerância ao glyphosate. Dessa forma, faz-se necessário estudar a fitotoxicidade desse herbicida às espécies florestais, identificando, possivelmente, a dose que resultaria em menor intoxicação às

plantas. Essas informações poderão, certamente, auxiliar na geração de recomendações mais promissoras do uso do glyphosate em áreas de restauração florestal já implantada.

Objetiva-se com esse estudo:

- Avaliar a tolerância de quatro espécies florestais nativas a doses crescentes de glyphosate;
- Avaliar o efeito de doses crescentes de glyphosate no crescimento e acúmulo de biomassa na parte aérea de quatro espécies florestais nativas.
- Avaliar a diferença na tolerância ao glyphosate entre espécies florestais nativas e eucalipto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, situado no município de Seropédica, RJ, avaliando a tolerância de quatro espécies florestais da Mata Atlântica: *Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart. (ipê-verde); *Tabebuia avellanadae* Lor. Ex Griseb (ipê-rosa); *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (farinha-seca) e *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Rob. (embiruçu) ao herbicida glyphosate (Roundup Original® - sal de isopropilamina de glifosato 480 g L⁻¹ / 360 g L⁻¹ e.a. – equivalente ácido). Dois experimentos sequenciais foram avaliados, onde o segundo foi montado baseado nos resultados do primeiro.

Experimento I

O experimento foi conduzido no período de março a julho de 2013 adotando-se o delineamento experimental em blocos casualizados com dez repetições, onde cada espécie foi analisada separadamente, sendo a unidade amostral constituída por uma planta. Os tratamentos foram caracterizados pelas doses de glyphosate correspondentes a 0,16; 0,32; 0,48 e 0,64 L ha⁻¹ p. c. o que equivale a 4, 8, 12 e 16 % (subdoses) da dose da formulação recomendada para o controle do capim braquiária (4,0 L ha⁻¹), simulando a deriva do produto sobre as espécies nativas, mais a testemunha sem aplicação de herbicida.

As mudas das quatro espécies florestais com altura e diâmetro do coleto considerados aptos a serem utilizadas em plantio em campo, foram transplantadas para vasos com capacidade de 5 dm³ contendo solo de textura argilosa. Adicionou-se ao substrato calcário dolomítico (500 g m⁻³), superfosfato simples (700 g m⁻³), sulfato de amônio (150 g m⁻³), cloreto de potássio (100 g m⁻³) e FTE-BR12 (100 g m⁻³) para tentativa de melhoria da fertilidade. Decorrido o período de 45 dias após o transplante, foi realizada a pulverização de glyphosate sobre as mudas, de acordo com os tratamentos propostos. Para aplicação, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado por CO₂ munido de bico com ponta de pulverização do tipo TT 11002, trabalhando na pressão constante de 240 kPa, aplicando 230 L ha⁻¹ de calda herbicida. As condições de temperatura e umidade do ar eram de 23,2 °C e 86 %, respectivamente.

A fitotoxicidade, nas plantas das espécies arbóreas, pelo glyphosate foi avaliada aos 7, 14, 21, 28 e 56 dias após aplicação (DAA) por meio de escala de percentual de notas (Tabela 17), em que zero corresponde a nenhuma injúria e 100 a morte das plantas, conforme utilizado por Monquero et al. (2011). Dessa forma, estabeleceu-se o agrupamento das ocorrências de fitotoxicidade em classes, agrupadas em intervalo de notas.

Tabela 17: Escala de notas para avaliação visual da fitotoxicidade de herbicidas às espécies florestais

Classe	Notas	Observação
I Muito leve	0 – 5	Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observa quaisquer alterações na planta.
II Leve	6 – 10	Sintomas nítidos, entretanto de baixa intensidade.
III Moderada	11 – 20	Sintomas nítidos mais intensos que a classe anterior.
IV Aceitável	21 – 35	Sintomas pronunciados, mas totalmente tolerados pela planta.
V Preocupante	36 – 45	Sintomas mais drásticos que a classe anterior, mas ainda passível de recuperação.
VI Alta	46 – 60	Danos irreversíveis, com redução drástica no desenvolvimento da planta.
VII Muito alta	61 - 100	Danos irreversíveis muito severos. Nota 100 para a morte da planta.

Adaptado de SBPC (1995), extraído de Yamashita et al. (2009).

Mensuração das espécies florestais

As plantas foram mensuradas quanto à altura (H) e o diâmetro do coleto (DC) com auxílio de régua graduada e paquímetro digital, respectivamente, antes da aplicação dos tratamentos e aos 56 dias após aplicação (DAA). De posse desses dados, foram calculados os incrementos em H e DC.

$$Ic = Mf - Mi, \text{ onde:}$$

Ic = Incremento em altura ou diâmetro do coleto

Mf = Mensuração no tempo final

Mi = Mensuração no tempo inicial

Após a última avaliação, a parte aérea das plantas foi coletada e realizada mensuração da área foliar e determinação da matéria seca. A área foliar foi determinada pelo medidor de área foliar (modelo LI-3100C Área Meter, LICOR, Inc.). Para a determinação da matéria seca, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados, levadas para estufa de ventilação forçada a 65 °C até massa constante e posterior pesagem em balança analítica.

Experimento II

Conforme os resultados obtidos no experimento I procedeu-se a instalação do segundo experimento, utilizando as mesmas espécies arbóreas, submetidas a doses maiores de deriva de glyphosate. Para fins de comparação da avaliação visual da intoxicação, realizou-se, paralelamente, a aplicação dos tratamentos em plantas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*).

Esse estudo foi realizado entre os meses de agosto e dezembro de 2013. Adotou-se os mesmos critérios de seleção de mudas (altura e diâmetro do coleto), recipientes, substrato, equipamento e metodologia de pulverização (ponta de pulverização, pressão de trabalho e volume de calda) utilizadas no experimento I.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com cinco repetições, tendo como tratamentos quatro doses do herbicida (o mesmo utilizado no experimento I) mais a testemunha (sem aplicação), onde cada espécie foi analisada separadamente, tendo a unidade amostral constituída por uma planta.

Decorridos 60 dias do transplante das mudas para os vasos, realizou-se a aplicação do glyphosate. As doses aplicadas da fórmula foram de 0,64; 1,28; 1,92 e 2,56 L ha⁻¹ correspondentes a 16, 32, 48 e 64 % (subdoses), respectivamente, da dose recomendada para o controle do capim braquiária (4,0 L ha⁻¹).

As etapas de avaliação da fitotoxicidade dos herbicidas foram feitas conforme descrição no item 2.1.

Mensuração das espécies florestais

Foi realizada conforme descrito no experimento anterior, item 2.1, com exceção da determinação da área foliar.

A fim de comparar os dados de crescimento do eucalipto com as espécies nativas, nesse experimento foi calculado o crescimento relativo total, proposto nessa tese, descrito pela média ponderada das variáveis avaliadas (altura, diâmetro do coleto e massa seca) de cada tratamento em relação à testemunha (valores percentuais). O crescimento relativo total foi calculado pela fórmula:

$CRT = [(2 \times IcHr) + IcDCr + MSr] \div 4$, em que:

CRT = Crescimento relativo total;

IcHr = Incremento relativo em altura;

IcDCr = Incremento relativo em diâmetro do coleto;

MSr = Matéria seca relativa.

O maior peso dado à altura se justifica por ter percebido maior influência das intoxicações nessa variável.

Análise dos dados

Os resultados das avaliações de fitotoxicidade foram analisados pela ocorrência dos indivíduos dentro de cada classe de fitotoxicidade. As classes de muito leve a aceitável foram englobadas em uma única (\leq aceitável) por entender que essas não apresentam danos às plantas, sendo passíveis de recuperação em curto intervalo de tempo. Com relação à avaliação visual da fitotoxicidade, esta é apresentada aos 14 e 28 DAA, períodos esses com maiores culminações do quadro de intoxicação. Os resultados de todas as avaliações são apresentados em anexo.

Os dados relativos aos incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), área foliar e massa seca foram submetidos à estatística descritiva, análise de variância e regressão, ao nível de 5 % de significância, obedecendo para tanto os preceitos de homocedasticidade e normalidade. As análises foram realizadas nos softwares SAEG 9.1 e SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cybistax antisiphilitica - Ipê-verde

Avaliação da fitotoxicidade

O ipê-verde apresentou-se susceptível às subdoses de glyphosate, onde aos 14 dias após aplicação (DAA) a dose de 0,64 L ha⁻¹ acarretou intoxicação de alguns indivíduos levando a ocorrência de 10 % na classe alta (Figura 7). Constata-se que aos 28 DAA houve evolução no quadro de intoxicação dessa espécie em que a classe alta já é atingida quando da utilização da dose de 0,48 L ha⁻¹.

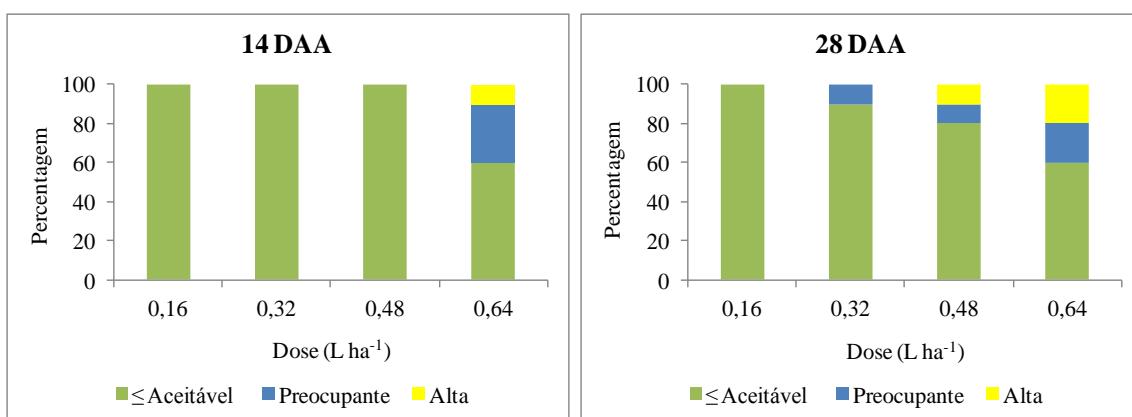


Figura 7: Frequência de *Cybistax antisiphilitica* nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.

Houve a ocorrência de poucos indivíduos na classe alta e essa intoxicação não foi capaz de levar esses indivíduos a morte ao final do período de avaliação, realizado aos 56 DAA.

Quando aplicado doses maiores, utilizadas no experimento II, o quadro de intoxicação foi mais severo (Figura 8). Observa-se que a partir da dose de 1,92 L ha⁻¹ todas as plantas de ipê-verde apresentaram sintomas de intoxicação atingindo a classe mais elevada (muito alta).

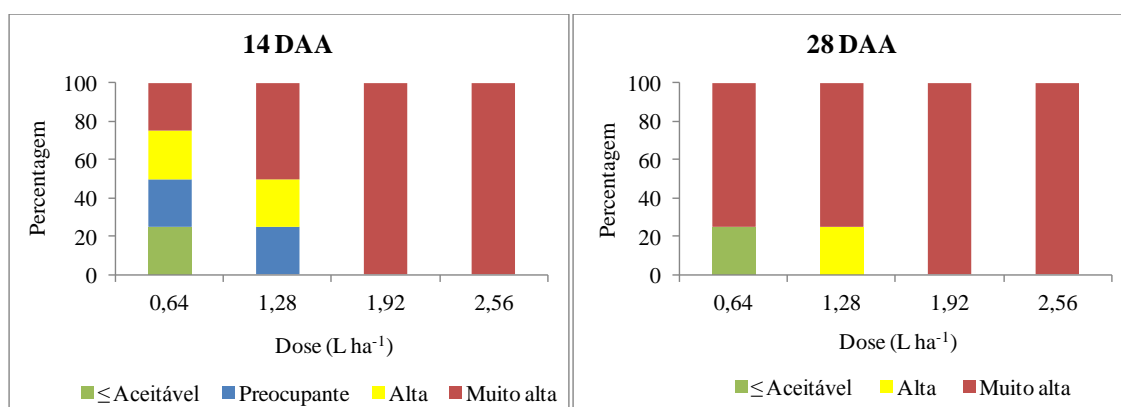


Figura 8: Frequência de *Cybistax antisiphilitica* nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.

Verifica-se que no caso desse segundo experimento, a mesma dose de 16 %, também utilizada no primeiro experimento, apresentou-se tóxica a essa espécie, levando a ocorrência, aos 28 DAA, de grande percentual de indivíduos na maior classe de fitotoxicidade. Possivelmente isso se deve às épocas distintas que foram realizados os experimentos. No caso desse segundo, a aplicação ocorreu ao final outubro, mês em que as condições climáticas são mais favoráveis ao metabolismo da planta. Dessa forma, estando fisiologicamente mais ativas, as plantas são mais susceptíveis aos herbicidas o que poderá repercutir em maiores efeitos do produto (CRUSCIOL et al., 2002; QUEIROZ et al., 2008). Mesmo que durante a condução do experimento foi suprida as necessidades hídricas das plantas, as baixas temperaturas e menores condições de umidade do ar nas estações de outono e inverno, período em que houve a condução do experimento I, reduzem o metabolismo das plantas interferindo na ação do herbicida.

Quando da aplicação da dose de 1,28 L ha⁻¹ verificou-se ausência de indivíduos ocupando classes de menores fitotoxicidade (\leq aceitável). Doses superiores a essa acarretaram em elevação da fitotoxicidade, de modo que todas as plantas dessa espécie ocuparam a classe muito alta de fitotoxicidade.

Para ambos os experimentos, os sintomas de fitotoxicidade do ipê-verde quando submetida às subdoses de glyphosate foi bem característico. Já na primeira semana após a aplicação do herbicida, notou-se fitotoxicidade desse herbicida a essa espécie revelada pelo “encarquilhamento”, clorose e necrose das folhas mais jovens, gemas apicais e pontas dos ramos mais novos (Figura 9).



Figura 9: Sintomas característicos de intoxicação apresentado por plantas de *Cybistax antisyphilitica* ocasionado pelo glyphosate.

Na Figura 10 verifica-se plantas de ipê-verde, submetidas às subdoses de 0; 0,64; 1,28; 1,92 e 2,56 L ha⁻¹ de glyphosate aos 21 dias após aplicação, em que pode ser constatado os sintomas de fitotoxicidade a partir de 0,64 L ha⁻¹, aumentando

concomitantemente às maiores doses. Nas doses de 1,92 e 2,56 L ha⁻¹ as plantas não apresentavam folhas, evidenciando fitotoxicidade muito alta.



Figura 10: Fitotoxicidade de plantas de *Cybistax antisyphilitica* ocasionado pelo glyphosate nas subdoses de 0; 0,64; 1,28; 1,92; 2,56 L ha⁻¹ da formulação (da esquerda para direita), aos 21 dias após a aplicação.

Morfometria das plantas de *Cybistax antisyphilitica* e quantificação da massa seca da parte aérea

As variáveis mensuráveis referentes aos incrementos em H e DC, bem como os valores de área foliar e massa seca são apresentados na Tabela 18. Para o experimento I não foi ajustado equações de regressão, constatando-se altas variações para os incrementos, com base nos respectivos desvios padrão. Mesmo não sendo possível ajustar equações, constata-se, para o incremento em altura, que os dados corroboram com a fitotoxicidade apresentada pelas plantas dessa espécie. No caso do experimento I, maiores níveis de intoxicação foram apresentadas pelas plantas submetidas a aplicações de glyphosate equivalente a 12 e 16 %, sendo que essa última proporcionou valor negativo de incremento médio em altura. Para as demais variáveis não se observou padrão tendencioso.

Quando da aplicação de maiores doses (experimento II), nota-se que, para o incremento em altura, valores médios negativos são constatados a partir da menor dose aplicada, porém não obtendo ajuste de equações de regressão (Tabela 18). Para as demais variáveis, equações de regressão foram ajustadas, onde na dose de 16 % percebe-se uma redução equivalente a 37 % e 46 % para o diâmetro do coleto e massa seca, respectivamente. Em ambos os experimentos, os dados de incrementos em altura corroboram com o quadro de fitotoxicidade apresentada pelas plantas dessa espécie.

Tabela 18: Valores médios de incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), área foliar e de massa seca da parte aérea de plantas de *Cybistax antispyhilitica* submetidas à aplicação das subdoses de glyphosate, avaliadas aos 56 dias após aplicação

Dose (%)	H (cm)	DC(mm)	Área foliar (cm ²)	Massa seca (g)
Experimento I				
0	3,0 (1,22)	5,1 (4,15)	1035,0 (357,45)	26,8 (11,04)
4	3,6 (3,13)	5,8 (8,90)	1048,4 (197,79)	24,5 (4,71)
8	3,0 (3,39)	5,7 (3,52)	1140,8 (232,46)	26,4 (4,71)
12	1,6 (0,89)	5,2 (2,97)	1274,8 (382,68)	26,1 (6,33)
16	-0,8 (4,09)	4,7 (3,40)	276,4 (278,97)	15,8 (6,46)
Equação	Não	Não	Não	Não
Experimento II				
0	8,3 (7,8)	4,1 (1,7)	-	47,9 (14,0)
16	-2,5 (0,6)	2,6 (0,6)	-	26,1 (4,4)
32	-3,3 (2,2)	2,1 (1,3)	-	16,8 (7,4)
48	-5,3 (3,4)	1,8 (0,7)	-	13,6 (4,1)
64	-2,5 (0,6)	2,0 (1,1)	-	13,4 (4,0)
Equação	Não	Sim ¹		Sim ²

¹ DC = 3,557 - 0,0316*.dose; R² = 0,73

² Massa seca = 46,903 - 1,3897*.dose + 0,0138*.dose²; R² = 0,99

* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Tabebuia avellanae - Ipê-rosa

Avaliação visual da fitotoxicidade

Ao contrário do observado para o ipê-verde, o padrão apresentado pelo ipê-rosa, a caracteriza como tolerante às subdoses de glyphosate aplicadas no primeiro experimento. Verifica-se na Figura 11 que para todas as doses utilizadas no experimento I não se observou indivíduos superando a classe de fitotoxicidade “≤ aceitável”.

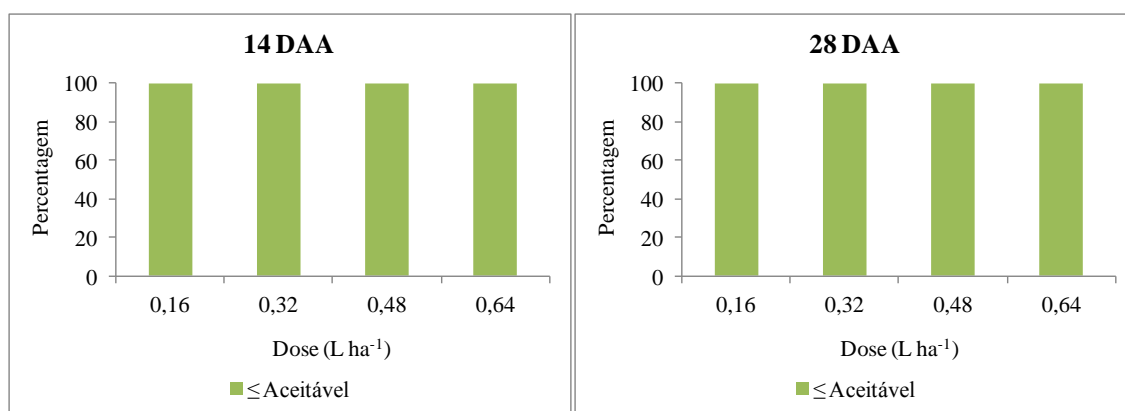


Figura 11: Frequência de *Tabebuia avellanae* nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.

No experimento II, o quadro de intoxicação foi mais severo (Figura 12). Verifica-se que doses acima de $1,28 \text{ L ha}^{-1}$ acarretaram danos mais severos às plantas, diminuindo o percentual de ocorrência nas classes mais baixas de fitotoxicidade. A dose de $2,56 \text{ L ha}^{-1}$ levou a ocorrência da maioria dos indivíduos ($> 60 \%$) nas classes mais altas de fitotoxicidade nas duas épocas de avaliação.

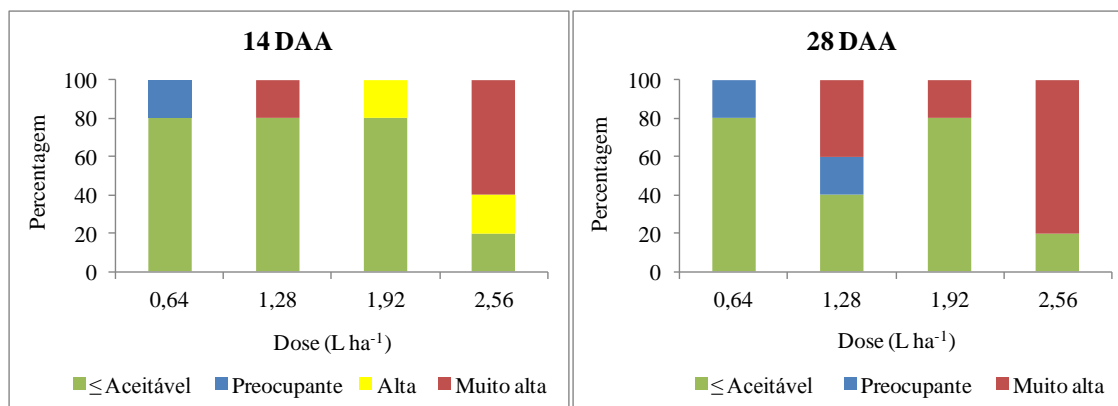


Figura 12: Frequência de *Tabebuia avellanedae* nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.

Os sintomas de intoxicação para essa espécie predominaram nas folhas mais jovens, sendo revelados pelo amarelecimento dessas, partindo da borda do limbo para o centro das folhas, evoluindo algumas vezes ao encarquilhamento e necrose foliar (Figura 13). Observou-se também a abscisão da folha junto à inserção do limbo foliar e pecíolo.

Abscisão do limbo foliar



Clorose da borda para o centro do folíolo



Figura 13: Sintomas característicos de intoxicação apresentado por plantas de *Tabebuia avellanae* ocasionado por glyphosate.

O padrão de fitotoxicidade apresentado por plantas de ipê-rosa, quando submetidas às subdoses de 1,28 e 1,92 L ha⁻¹ foram divergentes ao que se esperava. Julga-se uma tendência no aumento na intoxicação das plantas à medida que se aumenta as doses, fato não observado nesse experimento. Possivelmente esse padrão se deva a variabilidade genética existente entre os indivíduos dessa espécie e ao baixo número de repetições utilizado nesse segundo experimento (cinco repetições). Dar-se então a importância do aumento do número de repetições quando da execução de estudos envolvendo a fitotoxicidade de herbicidas em espécies florestais nativas.

Na Figura 14 é mostrado foto com as plantas de ipê-rosa submetidas às subdoses crescentes de glyphosate aos 21 dias após aplicação. Constata-se que as subdoses de 1,28 e 2,56 L ha⁻¹ apresentaram-se mais tóxicas a essas plantas sendo que a última promoveu queda das folhas das plantas, evidenciando fitotoxicidade muito alta.



Figura 14: Fitotoxicidade de plantas de *Tabebuia avellanedae* ocasionado pelo glyphosate nas subdoses de 0; 0,64; 1,28; 1,92; 2,56 L ha⁻¹ da formulação (da esquerda para direita), aos 21 dias após a aplicação.

Morfometria das plantas de *Tabebuia avellanedae* e quantificação da massa seca da parte aérea

Nenhuma das variáveis apresentou ajustes de equação no experimento I, em que apesar das altas variações constatadas, com base nos respectivos desvios padrão, observam-se baixas amplitudes, não sendo observado um padrão de tendenciosidade (Tabela 19).

Quando submetidas às maiores subdoses de glyphosate as plantas de ipê-rosa apresentaram um padrão definido, sendo ajustadas equações de regressão. Os dados das variáveis foram consoantes aos de fitotoxicidade apresentado pelas plantas dessa espécie. Notadamente, constata-se que as doses de 1,28 e 2,56 L ha⁻¹, que foram mais tóxicas a essas plantas, tendo também acarretado menores incrementos em H e DC bem como o de massa seca.

Tabela 19: Valores médios de incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), área foliar e de massa seca da parte aérea de plantas de *Tabebuia avellanedae* submetidas à aplicação das subdoses de glyphosate, avaliadas aos 56 dias após aplicação

Dose (%)	H (cm)	DC(mm)	Área foliar (cm ²)	Massa seca (g)
Experimento I				
0	10,20 (1,92)	2,53 (2,74)	1923,75 (629,06)	42,36 (15,61)
4	9,40 (3,78)	1,82 (2,61)	2033,45 (541,80)	51,25 (13,81)
8	11,40 (1,67)	3,92 (3,74)	2030,95 (746,90)	55,91 (8,64)
12	10,00 (5,43)	3,01 (4,56)	1991,91 (722,27)	54,07 (13,86)
16	7,40 (2,70)	4,26 (3,17)	2060,32 (400,84)	54,69 (12,58)
Equação	Não	Não	Não	Não
Experimento II				
0	7,3 (3,3)	4,7 (1,6)	-	131,1 (19,9)
16	5,6 (5,7)	4,1 (2,0)	-	98,3 (41,1)
32	0,8 (2,3)	1,4 (5,7)	-	69,3 (37,6)
48	2,8 (4,1)	2,4 (3,4)	-	85,3 (44,7)
64	-0,2 (0,8)	0,6 (2,6)	-	41,6 (26,1)
Equação	Sim ¹	Sim ²		Sim ³

¹ H = 6,82 - 0,1113*.dose; R² = 0,79

² DC = 3,557 - 0,0316**.dose; R² = 0,73

³ Massa seca = 4,62 - 0,0619*.dose; R² = 0,81

* significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t.

** significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste t.

Peltophorum dubium - Farinha-seca

Avaliação visual da fitotoxicidade

Para essa espécie os danos ocasionados pela aplicação do glyphosate no experimento I, não acarretou evolução do quadro de fitotoxicidade acima da classe “≤ aceitável” (Figura 15).

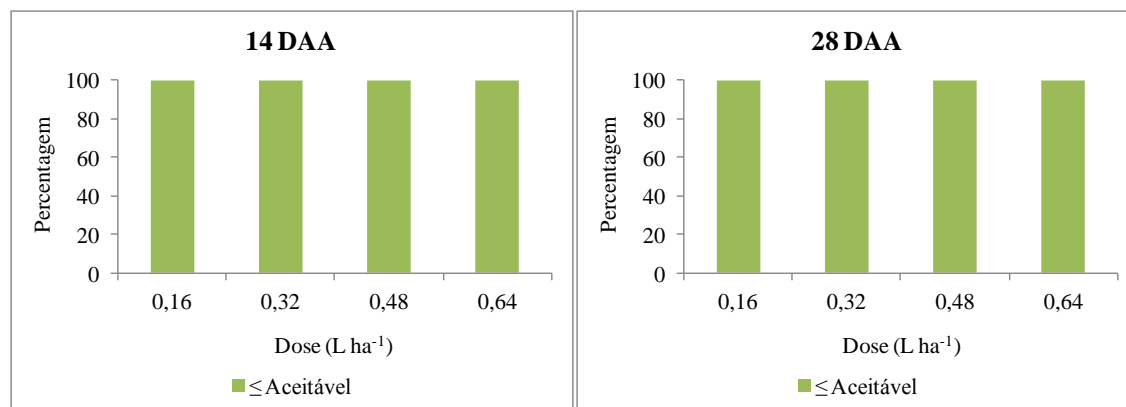


Figura 15: Frequência de *Peltophorum dubium* nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de glyphosate.

Mesmo quando da aplicação de maiores doses, essa espécie foi bastante tolerante ao glyphosate (Figura 16). A dose de 2,56 L ha⁻¹ não foi capaz de levar os indivíduos dessa espécie à morte, apresentando, nos dois períodos de avaliação, a maioria dos indivíduos (≥ 60 %) nas classes de menor fitotoxicidade.

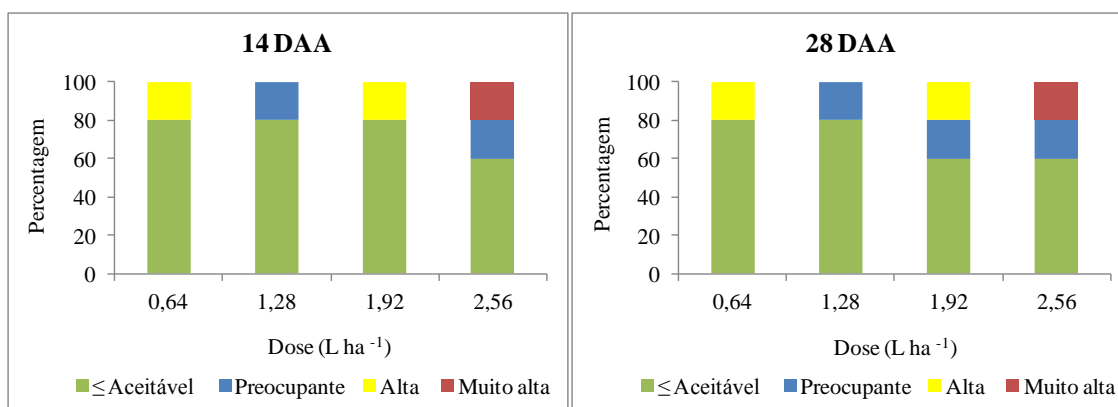


Figura 16: Frequência de *Peltophorum dubium* nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de glyphosate.

Os sintomas apresentados por essa espécie foram evidenciados pela queima dos folíolos mais novos, prefoliação da gema apical e amarelecimento parcial da base da copa (Figura 17).



Figura 17: Sintomas característicos de intoxicação apresentado por plantas de *Peltophorum dubium* ocasionado pelo glyphosate.

Contudo, mesmo apresentando esses sintomas que descrevem a destruição dos tecidos das plantas, houve a emissão de novas brotações caracterizando a recuperação desses indivíduos ao final da avaliação, aos 56 DAA.

Na Figura 18 observam-se plantas de farinha-seca, submetidas às doses crescentes de glyphosate aos 21 dias após aplicação.



Figura 18: Fitotoxicidade de plantas de *Peltophorum dubium* ocasionado pelo glyphosate nas subdoses de 0; 0,64; 1,28; 1,92; 2,56 L ha⁻¹ da formulação (da esquerda para direita), aos 21 dias após a aplicação.

Observa-se que as plantas de farinha-seca apresentaram tolerância ao glyphosate mesmo com a aplicação de 2,56 L ha⁻¹.

Morfometria das plantas de *Peltophorobium dubim* e quantificação da massa seca da parte aérea

As variáveis avaliadas no experimento I (Tabela 20) não apresentaram um padrão definido, não sendo possível ajuste de equações de regressão. Quando da aplicação de maiores doses, observou-se ajuste de equação de regressão somente para o incremento em altura. Para essa variável, observa-se incremento médio negativo somente para o tratamento que constou da aplicação da maior dose (2,56 L ha⁻¹). Esse padrão corrobora com a avaliação de fitotoxicidade, uma vez que com a aplicação dessa dose a classe muito alta de fitotoxicidade foi alcançada, conforme mostrado na Figura 16.

Tabela 20: Valores médios de incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), área foliar e de massa seca da parte aérea de plantas de *Peltophorum dubium* submetidas à aplicação das subdoses de glyphosate, avaliadas aos 56 dias após aplicação

Dose (%)	H (cm)	DC(mm)	Área foliar (cm ²)		Massa seca (g)
Experimento I					
0	5,80 (2,77)	5,33 (3,56)	832,77 (335,64)		45,59 (7,27)
4	6,70 (3,63)	5,99 (4,68)	610,16 (190,53)		41,69 (6,13)
8	5,20 (4,09)	5,16 (1,31)	551,99 (143,81)		48,13 (17,31)
12	4,40 (4,93)	9,21 (10,80)	557,18 (218,09)		38,42 (13,27)
16	2,40 (2,70)	7,12 (6,37)	721,90 (244,62)		40,07 (2,71)
Equação	Não	Não	Não		Não
Experimento II					
0	10,8 (5,2)	3,5 (1,4)	-	-	103,3 (25,9)
16	15,8 (8,7)	3,4 (1,0)	-	-	88,8 (25,7)
32	10,4 (2,3)	2,5 (0,9)	-	-	87,4 (29,4)
48	1,8 (3,0)	2,7 (0,4)	-	-	81,8 (18,6)
64	-1,6 (3,6)	2,7 (0,6)	-	-	71,6 (21,5)
Equação	Sim ¹	Não			Não

¹ $H = 10,783 + 0,8134 \cdot \text{dose} - 0,036 \cdot \text{dose}^2 + 0,0003 \cdot \text{dose}^3$; $R^2 = 0,99$

* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Para o incremento em DC e massa seca, mesmo não sendo ajustadas equações de regressão, nota-se um padrão tendendo a diminuição desses valores frente aos aumentos nas doses de glyphosate, apresentando menores variações quando comparada ao incremento em H.

***Pseudobombax grandiflorum* - Embiruçu**

Avaliação visual da fitotoxicidade

O embiruçu apresentou-se bastante tolerante ao glyphosate. As subdoses utilizadas no primeiro experimento não foram suficientes para acarretar evolução na classe de fitotoxicidade (Figura 19).

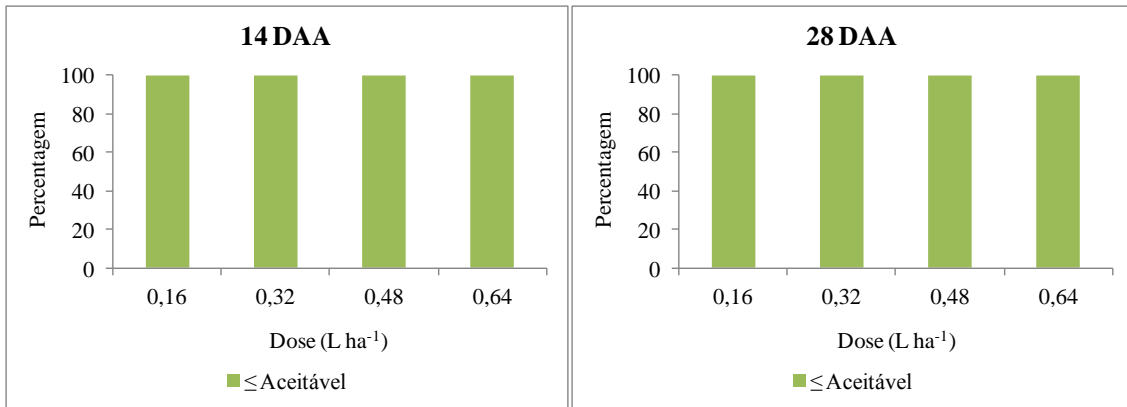


Figura 19: Frequência de *Pseudobombax grandiflorum* nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.

Esse mesmo padrão foi observado no segundo experimento (Figura 20), onde, mesmo na maior dose (2,56 L ha⁻¹) não houve sintomas de fitotoxicidade.

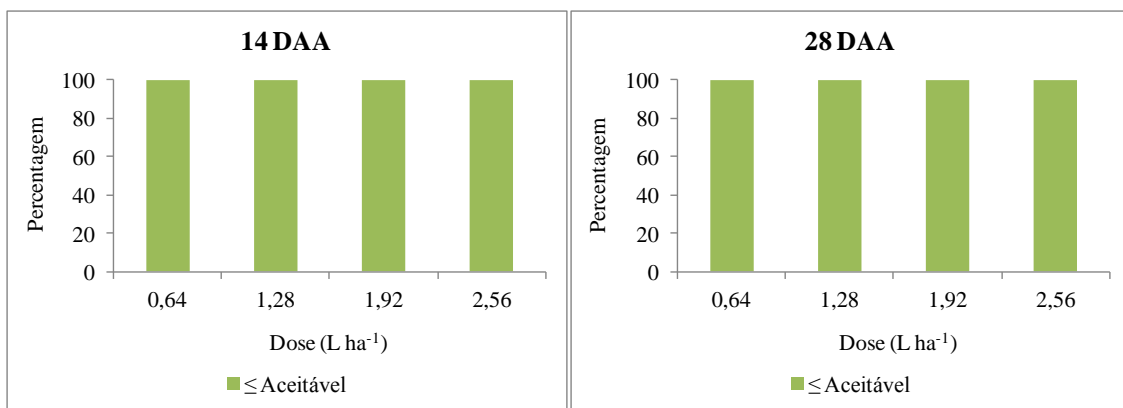


Figura 20: Frequência de *Pseudobombax grandiflorum* nas classes de fitotoxicidade aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate.

A ausência de sintomas severos de intoxicação apresentado pelas plantas de embiruçu frente às doses crescentes de glyphosate (0 a 2,56 L ha⁻¹) é validado quando se observa a Figura 21.



Figura 21: Fitotoxicidade de plantas de *Pseudobombax grandiflorum* ocasionado pelo glyphosate nas subdoses de 0; 0,64; 1,28; 1,92; 2,56 L ha⁻¹ da formulação (da esquerda para direita), aos 21 dias após a aplicação.

Juntamente com as classes de fitotoxicidade, esta imagem mostra que *Pseudobombax grandiflorum* pode ser classificada como tolerante ao glyphosate, não apresentando sintomas severos de intoxicação.

Morfometria das plantas de *Pseudobombax grandiflorum* e quantificação da massa seca da parte aérea

As variáveis morfométricas bem como os valores de massa seca da parte aérea são apresentados na Tabela 21. No experimento I, os incrementos em H e DC apresentado por essa espécie, não foram influenciados pelo glyphosate não sendo ajustadas equações de regressão. Ao contrário dessas, para a área foliar e massa seca foi possível ajustar equações de regressão, no entanto, o glyphosate nas doses aplicadas no experimento I acarretou em aumentos nos valores médios dessas variáveis.

Tabela 21: Valores médios de incrementos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), área foliar e de massa seca da parte aérea de plantas de *Pseudobombax grandiflorum* submetidas à aplicação das subdoses de glyphosate, avaliadas aos 56 dias após aplicação

Dose (%)	H (cm)	DC(mm)	Área foliar (cm ²)	Matéria seca (g)
Experimento I				
0	4,40 (3,97)	5,14 (2,97)	2622,73 (955,11)	48,01 (14,30)
4	4,80 (3,56)	6,50 (4,31)	2691,14 (1358,34)	47,22 (12,50)
8	4,20 (3,03)	4,88 (3,32)	2374,64 (1575,07)	47,48 (25,59)
12	7,00 (8,43)	7,85 (1,72)	3778,16 (1259,92)	74,07 (19,58)
16	6,00 (4,18)	4,74 (7,92)	3099,42 (834,02)	67,10 (13,95)
Equação	Não	Não	Sim ¹	Sim ²
Experimento II				
0	1,4 (1,7)	5,2 (2,5)	-	113,1 (29,8)
16	1,8 (0,8)	5,7 (3,6)	-	116,9 (9,8)
32	1,2 (1,3)	8,5 (1,4)	-	128,3 (37,0)
48	2,0 (1,4)	7,1 (1,8)	-	117,0 (15,4)
64	2,4 (1,7)	6,5 (1,7)	-	141,7 (48,7)
Equação	Não	Não		Não

¹ AF = 2623,8671 + 51,0102**.dose; R² = 49,03

² MS = 43,7693 + 1,6258**.dose; R² = 49,03

** significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste t.

Quando se procedeu com a aplicação de maiores doses de glyphosate (experimento II), não foi ajustada equações de regressão para nenhuma das variáveis, não sendo essas influenciadas pelo glyphosate. Contudo, percebe-se um padrão tendencioso de aumentos nos valores de incremento em H e matéria seca em relação aos aumentos das doses de glyphosate.

Alguns trabalhos utilizando subdoses de glyphosate em eucalipto também comprovam esse efeito, embora isso tenha ocorrido em doses menores que as utilizadas nesse experimento. Machado et al. (2010) avaliaram a influência do glyphosate na eficiência fotossintética e uso da água em plantas de clones de eucalipto utilizando as doses de 43,2; 86,2; 129,6 e 172,8 g ha⁻¹. Segundo os autores, a dose de 43,2 g ha⁻¹ proporcionou aumentos na produção de massa seca das plantas de eucalipto aos 50 dias após aplicação. Costa et al. (2012), estudando o efeito de subdoses de glyphosate (0; 30; 60; 90 e 120 g e.a. ha⁻¹) em plantas de *Eucalyptus grandis*, observaram aumentos em altura e massa seca quando da aplicação desse herbicida na dose de 30 g ha⁻¹ e.a.. Para ambos os estudos com clones de eucalipto, a dosagem da formulação de glyphosate que proporcionaram aumentos nas variáveis supracitadas nestes trabalhos equivalem a doses menores que as utilizadas nesse experimento com espécies nativas. Nesse caso, a menor dose (0,16 L ha⁻¹) equivale a 76,8 g ha⁻¹ da formulação de glyphosate ou 57,6 g ha⁻¹ do e. a. (equivalente ácido) o que representa quase o dobro das dosagens utilizadas por esses autores.

Os valores de incrementos negativos relatados neste trabalho são resultados diretos da intoxicação dessas espécies, uma vez que um dos sintomas de fitotoxicidade envolve a seca dos ápices das plantas que, sob ação de intempéries como o vento, por exemplo, ocorre a quebra dessas partes. Mesmo a planta emitindo novas brotações, quando da tomada das mensurações realizadas aos 56 DAA, algumas plantas

apresentaram alturas menores que no momento da primeira leitura, resultando dessa forma em incrementos negativos.

No geral, das espécies estudadas o embiruçu apresentou-se a mais tolerante ao glyphosate em comparação às demais. O ipê-verde apresentou-se menos tolerante, apresentando quadros de fitotoxicidade mais agravados, conforme pode ser observado pelas notas médias de fitotoxicidade apresentadas na Tabela 22, referentes ao experimento II.

Tabela 22: Valores médios de fitotoxicidade das espécies florestais ao glyphosate em três épocas de avaliação (DAA)

Espécie	14 DAA	28 DAA	56 DAA
Ipê-verde	51,5 a	53,1 a	53,8 a
Ipê-rosa	27,3 b	33,0 b	32,4 b
Farinha-seca	23,8 b	20,2 c	14,2 c
Embiruçu	5,2 c	8,1 d	2,6 c

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente, pelo teste de Scott-knott ($p \leq 0,05$).

Os resultados obtidos nesses dois experimentos passam a fornecer informações importantes, principalmente quando se confronta esses dados com os obtidos por outros autores que conduziram estudos envolvendo esse herbicida e sua intoxicação em espécies florestais.

A toxicidade de glyphosate em plantas de *Myracrodruon urundeuva*, nas doses de 720; 1.440 e 2.880 g ha⁻¹ e. a. (equivalente ácido), foi avaliada por Duarte et al. (2006) aos 7; 14; 21 e 28 DAA. Nesse estudo, o glyphosate causou intoxicações severas, principalmente quando da utilização das maiores doses (1.440 e 2.880 g ha⁻¹) se revelando sintomaticamente por necroses e queda foliar evoluindo à morte de algumas plantas. Segundo os dados apresentados por esses autores, a espécie *M. urundeuva*, mesmo apresentando fitotoxicidade severa, repercutindo em efeitos negativos no incremento em altura, pode ser intitulada como tolerante ao glyphosate. Tal afirmação passa ser verdadeira com base nas doses que apresentaram ser problemáticas (1.440 e 2.880 g ha⁻¹ e. a.) as quais equivalem, respectivamente, a aplicações de 4 e 8 L ha⁻¹ do produto comercial (sal de isopropilamina), que são dosagens altas para o controle da maior parte das plantas herbáceas no Brasil.

Monquero et al. (2011) estudaram a seletividade de quatro herbicidas incluindo o glyphosate, utilizando doses desse produto equivalentes a 90, 180, 360, 720, 1.440 e 2.160 g ha⁻¹ e. a. nas espécies florestais *Acacia polyphylla*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Ceiba speciosa* e *Luehea divaricata*. A fitotoxicidade, avaliada aos 30 DAA, alcançou valores médios acima de 35 % (preocupante) quando utilizadas as dose correspondentes a 90 g ha⁻¹ nas espécies *A. polyphylla* e *C. speciosa*. Para *E. contortisiliquum* e *L. divaricata* os danos severos (nota > 35) foram atingidos a partir de 180 g ha⁻¹. Considerando uma dose de 4 L ha⁻¹ do formulação comercial a base de glyphosate utilizada neste estudo, o que equivale a 1.440 g ha⁻¹ (e. a.), as doses utilizadas pelos autores de 90; 180; 360; 720; 1.440 e 2.160 g ha⁻¹ equivalem a 6,75; 12,5; 25; 50; 100 e 150 % daquela. Confrontando os resultados obtidos por Monquero et al. (2011) com os deste trabalho, tem-se que as espécies utilizadas no estudo conduzido por esses autores apresentaram fitotoxicidade semelhantes ao ipê-verde (*C. antisiphilitica*), uma vez que essa espécie apresentou evoluções no quadro de intoxicação a partir da dose de 8 %.

A fitotoxicidade do glyphosate (sal de isopropilamina de glifosato, 480 g L⁻¹) nas dosagens de 0,5 e 1,0 L ha⁻¹ (p. c. – produto comercial) em *Ceiba pentandra* e *Schizolobium amazonicum* foi avaliada por Yamashita et al. (2009). Aos 28 DAA, danos severos (nota > 35) foram alcançados somente quando da utilização da maior dose. De acordo com os autores, as espécies apresentaram tolerância ao glyphosate na dose de 0,5 L ha⁻¹.

Rondon Neto et al. (2011) avaliaram a fitotoxicidade em plantas de *Aspidosperma desmanthum* ao glyphosate, utilizando as doses equivalentes a 86,4; 172,8 e 345,6 g ha⁻¹ (i. a.) em condições de campo, após um ano de plantio. Avaliando a fitotoxicidade da *A. desmanthum* aos 7, 14, 21, 28 e 180 DAA, os autores constataram leves intoxicações, com recuperação das plantas aos 180 DAA. Gusmão et al. (2011) também avaliaram a fitotoxicidade em plantas de *Genipa americana* em condições de campo, seguindo a mesma metodologia realizada por Rondon Neto et al. (2011). Para tanto, a intoxicação das plantas de *G. americana* foi avaliada aos 7; 14; 21; 28 e 120 DAA, onde os danos mais severos foram observados quando da utilização da dose de 345,6 g ha⁻¹ (i. a.) ao final de 28 DAA. No entanto, aos 120 DAA as plantas de *G. americana* se recuperaram. Farias et al. (2012), utilizaram a mesma metodologia adotada por Rondon Neto et al. (2011), contemplando as mesmas doses de glyphosate e períodos de avaliação, em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Aubl.) em condições de campo, onde relataram que a dose de 345,6 g ha⁻¹ diminuiu o crescimento das plantas, no entanto estas se recuperaram aos 180 dias após a aplicação.

Embasando-se nos estudos realizados pelos autores supracitados, os quais conduziram seus experimentos em diferentes condições, utilizando recipientes passando desde tubetes (MONQUERO et al., 2011) e vasos (DUARTE et al., 2006; YAMASHITA et al., 2006 e 2009) até as condições de campo (RONDON NETO et al., 2011; GUSMÃO et al., 2011; FARIAS et al., 2012) constata-se algumas diferenças entre as espécies florestais quando submetidas a aplicação de dosagens semelhantes de doses de glyphosate.

Os estudos em ambientes controlados, normalmente realizados em primeira instância, são importantes, pois permitem fazer um prognóstico do comportamento das espécies quando da aplicação desses produtos químicos, agrupando-as de acordo com os padrões de fitotoxicidade. Esses resultados poderão ser complementados com algumas características morfológicas e/ou anatômicas das espécies, obtendo-se dessa forma uma possível correlação entre essas características e a tolerância ou susceptibilidade a um dado herbicida.

Outra informação importante a ser conseguida pelos testes em condições controladas diz respeito à dose do herbicida que ocasionaria danos toleráveis à espécie florestal. Identificada essa dose, o próximo passo seria estabelecer um manejo em áreas implantadas com as espécies florestais que, havendo a aplicação do glyphosate, garanta que o máximo da quantidade da calda herbicida que poderia chegar à espécie florestal seja aquela identificada nos experimentos anteriores, ou seja, a máxima tolerável e que não causaria danos severos às espécies.

Estudos com herbicidas direcionados para as espécies florestais nativas ainda são bem escassos. Conta-se atualmente com muitos trabalhos realizados com espécies do gênero *Eucalyptus* englobando não somente a fitotoxicidade de herbicidas, mas também os mecanismos de tolerância envolvidos desde as características anatômicas foliares até as de cunho fisiológicas (TUFFI SANTOS et al., 2006; TUFFI SANTOS et al., 2008; CARBONARI et al., 2012; TIBURCIO et al., 2012).

A fim de comparar a fitotoxicidade das plantas nativas com uma espécie classificada como sensível a glyphosate, na época de instalação do experimento II foi

incluído o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, conhecido como *E. urograndis*, um dos mais cultivados no País, que receberam 8, 16, 24 e 32 % da dose de glyphosate, além de plantas como testemunha absoluta, sem aplicação do herbicida. Constatou-se que doses de 1,28 L ha⁻¹ de glyphosate apresentaram-se tóxicas às plantas de eucalipto, onde todos os indivíduos se enquadraram na maior classe de fitotoxicidade (Figura 22).

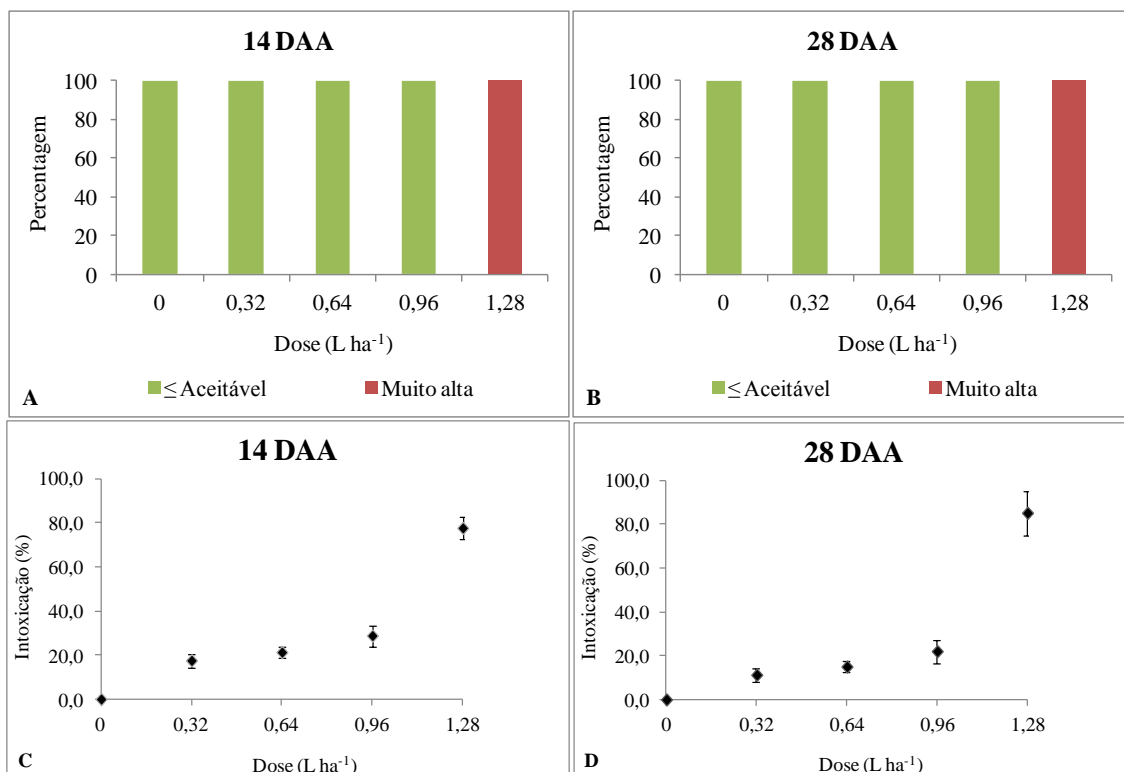


Figura 22: Frequência de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* nas classes de fitotoxicidade (A e B) e valores médios de fitotoxicidade (C e D) aos 14 e 28 dias após aplicação de subdoses de glyphosate equivalentes a 8; 16; 24 e 32 % da recomendada (1.440 g ha⁻¹) no controle da braquiária. *As barras de erros se referem aos respectivos desvios padrão.

Outra informação importante obtida da Figura 22 é que em todos os tratamentos foi observada baixa variação, com base nos respectivos desvios padrão (Figura 22 C e D). Isso deixa evidente a influência da variabilidade genética nos padrões de fitotoxicidade apresentado pelas espécies florestais, uma vez que as espécies nativas apresentaram altas variações de fitotoxicidade e no caso do eucalipto, por ser material genético mais estudado e com base genética bem mais estreita do que eucalipto, a variação foi bem menor.

Na Figura 23 são apresentadas plantas de eucalipto que receberam diferentes subdoses de glyphosate, evidenciando, aos 21 dias após a aplicação, que a partir da dose correspondente a 0,64 L ha⁻¹ de glyphosate já são bastante nítidos os sintomas de intoxicação e que quando da aplicação da dose de 1,28 L ha⁻¹ as plantas estão praticamente mortas.



Figura 23: Fitotoxicidade de plantas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, ocasionado pelo glyphosate nas subdoses de 0; 0,32; 0,64, 0,96 e 1,28 L ha⁻¹ da formulação (da esquerda para direita) aos 21 dias após a aplicação.

Na Figura 24 são apresentados os sintomas de fitotoxicidade apresentado pelo eucalipto e pelas quatro espécies florestais nativas, submetidas à subdose de 1,28 L ha⁻¹ de glyphosate.



Figura 24: Sintomas de fitotoxicidade apresentado por plantas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, *Tabebuia avellanedae*, *Cybistax antisiphilitica*, *Peltophorum dubium* e *Pseudobombax grandiflorum* (da esquerda para direita) quando submetidas a aplicação de glyphosate na dose de 1,28 L ha⁻¹, aos 21 dias após aplicação.

Nesse contexto, comparando as espécies nativas avaliadas nesse estudo com o eucalipto, percebe-se que essa última é bem mais susceptível ao glyphosate, frente ao aumento das doses desse herbicida. Isso também pode ser constatado quando se observa a Figura 25, que apresenta o crescimento relativo total das plantas de eucalipto e espécies nativas aos 56 dias após a aplicação, quando submetidas a duas doses de deriva do experimento II.

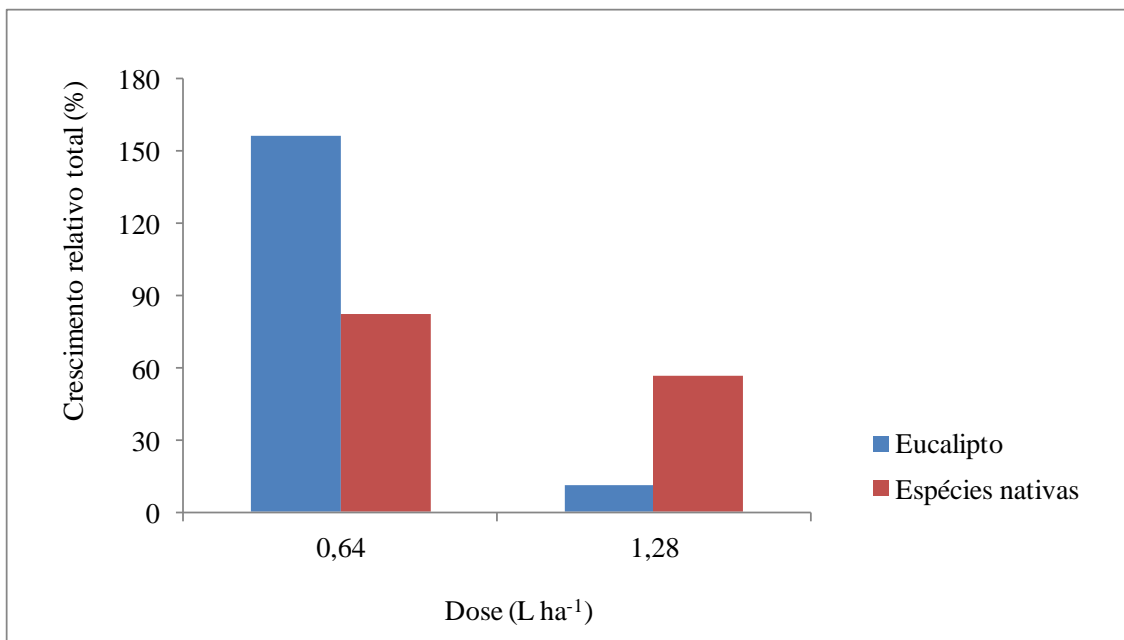


Figura 25: Crescimento relativo total apresentado pelas plantas de eucalipto e espécies nativas submetidas à aplicação das subdoses de 16 e 32 % de glyphosate, avaliadas aos 56 dias após aplicação.

Na dose de 0,64 L ha⁻¹ as plantas de eucalipto ainda se desenvolveram melhor que a testemunha. No caso das nativas, o baixo incremento em altura apresentado pelas plantas bignoniáceas refletiu no decréscimo do crescimento relativo total desse grupo de espécies.

Nota-se ainda que a redução do crescimento relativo total, quando do aumento da dose de 0,64 para 1,28 L ha⁻¹ de glyphosate, foi de mais de 140 pontos percentuais para o eucalipto contra 25% para as espécies nativas. Essa maior amplitude observada para o eucalipto ratifica mais ainda a susceptibilidade dessa espécie ao glyphosate.

Levando-se em consideração somente as espécies florestais nativas, o ipê-verde e ipê-rosa apresentaram-se mais susceptíveis ao glyphosate quando comparadas a farinha-seca e embiruçu. Pelos dados obtidos e apresentados nestes dois experimentos é possível elencar uma ordem de tolerância ou susceptibilidade dessas espécies ao glyphosate quando aplicadas as doses trabalhadas neste estudo. Dessa forma, em termos de susceptibilidade tem-se: ipê-verde > ipê-rosa > farinha-seca > embiruçu. Demais fatores excludentes aos anatômicos certamente estariam influenciando esses resultados. Tem-se, então, um amplo campo nos estudos de tolerância de espécies florestais ao glyphosate que englobem estudos morfológicos, anatômicos e fisiológicos a ser desbravado, ampliando o conhecimento dos mecanismos de tolerância das espécies ao herbicida. Nesse contexto, percebe-se a carência na área florestal de estudos que objetivam estudar a intoxicação das espécies florestais nativas quando submetidas a

doses de glyphosate, bem como a importância desses estudos uma vez que essa molécula herbicida é a mais comercializada no meio agrário (SANTOS et al., 2004).

Espera-se que maior número de espécies florestais seja avaliado quanto à tolerância ao glyphosate, permitindo assim a confecção de um banco de dados consistente. Com isso, hipóteses de tolerância ou susceptibilidade de espécies florestais poderão ser testadas em condições de campo, dando aplicabilidade aos estudos nessa linha de pesquisa, suprimindo dessa forma a atual necessidade dos programas de restauração florestal.

4 CONCLUSÃO

As espécies avaliadas apresentam diferentes graus de tolerância ao glyphosate, sendo a *Cybistax antisiphilitica* a menos tolerante e a *Pseudobombax grandiflorum* a mais tolerante.

Nenhuma das doses alterou o crescimento das plantas de *P. grandiflorum*, no que diz respeito aos incrementos em altura e diâmetro do coleto e massa seca da parte aérea.

Menores influências nos incrementos em altura e diâmetro do coleto e produção de massa seca da parte aérea em plantas de *Tabebuia avellanadae* e *Peltophorum dubium* são obtidas quando da aplicação de subdoses de até 1,28 L ha⁻¹ p. c..

De maneira geral, as espécies florestais nativas utilizadas neste estudo são mais tolerantes a deriva de glyphosate do que *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, nas doses utilizadas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I.; MACHADO, R. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; RODRIGUES, R. R.. Seletividade dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon a espécies arbóreas nativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.3, p.251-257, 2009.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; CAMPOS, L. C.; SILVA, E.; GLERIANI, J. M.. Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.5, p.871-880, 2013.

CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D.; GOMES, G. L. G. C.; TAKAHASHI, E. N.; ARALDI, R. Seletividade e absorção radicular do sulfentrazone em clones de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 147-153, 2012.

CHEUNG, K. C.; MARQUES, M. C. M.; LIEBSCH, D. Relação entre a presença de vegetação herbácea e a regeneração natural de espécies lenhosas em pastagens abandonadas na Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 23, n. 4, p. 1048-1056, 2009.

COSTA, A. C. P. R.; COSTA, N. V.; PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D.. Efeito da deriva simulada de glyphosate em diferentes partes da planta de *Eucalyptus grandis*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1663-1672, 2012.

CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; SCHIOCCHET, M. A.. Aplicação tardia de glyphosate e estande e desenvolvimento inicial do arroz em sistema de cultivo mínimo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 45 - 51, 2002.

DUARTE, N. F.; KARAM., D.; SÁ, N.; CRUZ, M. B.; SCOTTI.; M. R. M. Seletividade de herbicidas sobre Myracrodruon urundeuva (AROEIRA). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 329-337, 2006.

FARIAS, C. C. M.; RONDON NETO, R. M.; YAMASHITA, O. M.; FARIAS, C. B. M.. Efeitos de subdoses de glyphosate em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Aubl.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 119-125, 2012.

FERREIRA, D. F.. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GUSMÃO, G. A.; RONDON NETO, R. M.; YAMASHITA, O. M.. Deriva simulada de glyphosate em plantas (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.10, n.1, p.13-19, 2011.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, L. D. T.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; MACHADO, M. S.; FREITAS, F. C. L.. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 319-327, 2010.

MACHADO, V. M.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, I. M; LARA, R.O; CABRAL, C.M; AMARAL, C. S.. Sensibilidade de mudas de espécies florestais nativas ao glyphosate. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, p. 1941-1951, 2013.

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

MONQUERO, P. A.; PENHA, A. S.; ORZARI, I.; HIRATA, A. C. S.. Seletividade de herbicidas em mudas das espécies nativas *Acacia polyphylla*, *Enterolobium contortisiliquum* (FABACEAE), *Ceiba speciosa* e *Luehea divaricata* (MALVACEAE). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 159 - 168, 2011.

PEREIRA, M. R. R.; RODRIGUES, A. C. P.; CAMPOS, C. F.; MELHORANÇA FILHO, A. L.; MARTINS, D.. Absorção de subdoses glyphosate aplicadas em diferentes locais de plantas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.589-594, 2011.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R.. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Biosciences Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8 - 19, 2008.

RONDON NETO, R. M.; BENETTI, E.; YAMASHITA, O. M.; GUSMÃO, G. A.. Fitotoxicidade de peroba-mica (*Aspidosperma desmanthum*) submetidas à deriva de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.10, n.2, p.13-19, 2011.

RUAS, R. A. A.; LIMA, J. C. L.; APPELT, M. F.; DEZORDI, L. R.. Controle de *Brachiaria decumbens* Stapf com adição de ureia à calda do glifosato. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 455 – 461, 2012.

SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SANTOS, J. B.; JACQUES, R. J. S.; PROCÓPIO, S. O.; KASUYA, M. C. M.; SILVA, A. A.; SANTOS, E. A.. Efeitos de diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre estirpes de *Bradyrhizobium*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 293 - 299, 2004.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. p. 83-148.

SILVA, A. P. **Influência da forma e posição da encosta nas características do solo e na regeneração natural de espécies florestais em áreas de pastagens abandonadas**. 2011. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

TIBURCIO, R. A. S.; FERREIRA, F. A.; PAES, F. A. S. V.; MELO, C. A. D.; MEDEIROS, W. N.. Crescimento de mudas de clones de eucalipto submetidos à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 65-73, 2012.

TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; MEIRA, R. M. S. A.; BARROS, N. F.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L.. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2005.

TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; DUARTE, W. M.; TIBURCIO, R. A. S.; MACHADO, A. F. L.. Intoxicação de eucalipto submetido à

deriva simulada de diferentes herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 521-526, 2006.

TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SOUZA, G. V. R.. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 133-137, 2007.

TUFFI SANTOS, L. D.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; MEIRA, R. M. S. A.; TIBURCIO, R. A. S.; FERREIRA, F. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, E. F. S.. Danos visuais e anatômicos causados pelo glyphosate em folhas de *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 9-16, 2008.

WEIDLICH, E. W. A.. **Desenvolvimento de espécies arbóreas nativas e competição com *Brachiaria humidicola* em área de restauração de floresta fluvial**. 2011. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

YAMASHITA, O. M.; BETONI, J. R.; GUIMARÃES, S. C.; ESPINOSA, M. M.. Influência do glyphosate e 2,4-D sobre o desenvolvimento inicial de espécies florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 359 - 366, 2009.

YAMASHITA, O. M.; VIEIRA, R. G.; SANTI, A.; RONDON NETO, R. M.; ALBERGUINI, S. E.. Resposta de varjão (*Parkia multijuga*) a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 527-531, 2006.

**CAPÍTULO III: TOLERÂNCIA DE ESPÉCIES FLORESTAIS A HERBICIDAS
PÓS-EMERGENTES EM CONDIÇÕES DE CAMPO E EFEITOS DESTES
SOBRE BRAQUIÁRIA**

RESUMO

Objetivou-se avaliar a tolerância de quatro espécies florestais nativas da Mata Atlântica a herbicidas pós-emergentes em condições de campo, bem como a influência desses produtos químicos no capim braquiária. Para tanto, foi selecionada uma área com predominância de capim braquiária (*Urochloa humidicola* (Rendle) Schweick), localizada no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, município de Seropédica, RJ. O preparo da área consistiu em roçada, marcação das linhas de plantio (espaçamento 2,0 x 1,3 m), abertura de covas e adubação de plantio. Efetuou-se o plantio de quatro espécies florestais: Aroeirinha-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), Cambará (*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera), Ingá (*Inga laurina* (Sw.) Willd.) e Paineira (*Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna) em março de 2014. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Cada parcela consistiu de 16 plantas (4 por espécie). Os tratamentos avaliados consistiram da aplicação de três herbicidas pós-emergentes em área total nas parcelas: mesotrione (0,4 L ha⁻¹ p. c.); fluazifop-p-butyl (1,0 L ha⁻¹ p. c.); e nicosulfuron (1,5 L ha⁻¹ p. c.) mais a testemunha (sem aplicação de herbicidas) sendo realizado coroamento das plantas num raio de 0,3 m. A influência dos herbicidas nas espécies florestais foi verificada aos 56 dias após aplicação (DAA), avaliando os sintomas e sobrevivência das plantas bem como calculando o incremento em altura (H). A influência dos herbicidas no capim braquiária foi verificada por registro fotográfico e pela determinação da matéria seca estocada na parte aérea, aos 56 DAA. As espécies florestais foram tolerantes aos herbicidas, sendo observada mortalidade apenas para *S. terebinthifolius* (6,25 %) quando da aplicação do herbicida mesotrione, porém com baixo percentual. Os demais herbicidas não ocasionaram morte das espécies florestais. Os herbicidas também não afetaram o crescimento das espécies florestais. O fluazifop-p-butyl apresentou maior controle da forrageira nos primeiros 30 dias após aplicação, conforme avaliação visual. Posteriormente, a forrageira se recuperou da intoxicação sendo que aos 56 DAA não foi observado diferenças estatísticas na matéria seca estocada na parte aérea de *U. humidicola* entre os tratamentos. Conclui-se que as espécies florestais utilizadas no estudo são tolerantes aos herbicidas pós-emergentes avaliados, sendo o fluazifop-p-butyl o que proporcionou um maior controle da *U. humidicola* aos 30 DAA.

Palavras-chave: fitotoxicidade, crescimento arbóreo e seletividade de herbicidas.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the tolerance of four native species from Atlantic Forest to post-emergence herbicides under field condition, as well as the influence of these chemicals in *Urochloa humidicola* (Rendle) Schweick. We selected an experimental field with predominance of *U. humidicola* in Seropédica, RJ, Brazil. The preparation of the area consisted of mowing, opening the planting holes (2.0 x 1.3 m spacing) and fertilization. The experiment was performed with the following forest species: *Schinus terebinthifolius* (Raddi), *Gochnatia polymorpha* ((Less) Cabrera.), *Inga laurina* (Sw) Willd. and *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna, which were planted in march 2014. A randomized complete-block design was used with five replications. Each plot was composed of 16 plants (4 plants of each specie). The treatments consisted of the broadcast application of three post-emergence herbicides: mesotrione (0.4 L ha⁻¹ of the commercial product); fluzifop-p-butyl (1.0 L ha⁻¹ of the commercial product); and nicosulfuron (1.5 L ha⁻¹ of the of the commercial product) and one control (without application of herbicide) with controlling the weeds growing around the base of seedling by hoeing. The influence of herbicides on forest species was assessed at 56 days after application (DAA) through evaluating the symptoms and survival of plants as well as calculating the increase in height. The influence of herbicides in *U. humidicola* was analyzed by photographic recording and by determination of dry matter stored in the shoot at 56 DAA. The forest species were in general tolerant to herbicides. The mortality of plants was onberved only for *S. terebinthifolius* (6.25 %) when applying the herbicide mesotrione, but with low percentage. The other herbicides did not kill the forest species. The herbicides did not affect the growth of forest species. Fluzifop-p-butyl was the most effective herbicide for controlling forage in the first 30 DAA, as indicated by visual assessment. However, it was observed a subsequent reestablishment of forage after the intoxication, which was indicated by no significant effect of the treatments in dry matter of this plant at 56 DAA. It is concluded that the forest species used in the present study are tolerant to the three post-emergence herbicides, being the fluzifop-p-butyl the most effective for control *U. humidicola* at 30 DAA.

Keywords: phytotoxicity, tree growth, selectivity of herbicide.

1 INTRODUÇÃO

Em áreas de restauração florestal, tanto as espécies arbóreas implantadas como as plantas espontâneas possuem demandas por água, luz, gás carbônico, oxigênio e nutrientes em quantidades adequadas. À medida que as plantas crescem e se desenvolvem essas quantidades no ambiente podem se tornar limitadas. Dessa forma, esses recursos se tornando limitados passam a gerar uma competição entre as plantas, o que, dependendo do período que esta aconteça, poderá prejudicar o crescimento das mudas implantadas. Isso é bastante nítido à luz da agricultura, onde o período de convivência entre a planta daninha e cultura de interesse poderá interferir negativamente na produção da cultura (SILVA & DURIGAN, 2009; ALVES et al., 2013). Em se tratando de reflorestamento focando a restauração isso não é diferente. Muitos projetos são comprometidos pela falta de manutenção das áreas reflorestadas, o que é uma grande preocupação das instituições que estão intimamente ligadas a essas atividades.

No setor de restauração florestal as espécies da família Poaceae ocupam lugar de destaque, pois normalmente possuem capacidade de crescimento rápido, o que caracteriza sua agressividade e habilidade de colonização de ambientes abertos e as torna uma grande barreira para a dinâmica da sucessão ecológica (VIEIRA & PESSOA, 2001), seja natural ou induzida. Esse fato é claramente observado em áreas de restauração florestal, visto que é comum essas áreas terem sido ocupadas anteriormente por pastagem, onde as espécies do gênero *Urochloa* são bem comuns. Tudo isso desestimula a recuperação de ambientes naturais quando se considera áreas maiores (MELO, 2005). Os custos elevados basicamente estão relacionados aos métodos pouco eficientes de controle de plantas daninhas o que reduz o crescimento das espécies florestais plantadas e /ou manejadas, o caso da condução da regeneração natural (GONÇALVES et al., 2003; BRANCALION et al., 2009).

Diante desse cenário, a adoção de métodos que proporcionem um efetivo controle de plantas daninhas e ao mesmo tempo a redução dos custos envolvidos se faz necessária. Uma boa alternativa seria a utilização do controle químico. Para tanto, a correta recomendação desses produtos requer, além do conhecimento de suas propriedades intrínsecas e sua relação com o ambiente, a possível seletividade desses produtos às espécies florestais.

O objetivo deste capítulo é avaliar a tolerância de quatro espécies florestais nativas quando submetidas à aplicação de herbicidas pós-emergentes em condições de campo e avaliar o efeito de herbicidas pós-emergentes no capim braquiária em condições de campo.

2 MATERIAL DE MÉTODOS

Área de estudo e delineamento experimental

O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica - RJ. Para tanto, foi selecionada uma área com predomínio de capim braquiária (*Urochloa humidicola* (Rendle) Schweick) (Figura 26).



Figura 26: Área de estudo com predomínio de capim braquiária.

Para a implantação do experimento, procedeu-se a roçada da área com auxílio de uma roçadeira mecânica acoplada a um trator agrícola. Em seguida efetuou-se a marcação das linhas de plantio (espaçamento 2,0 x 1,3 m), coroamento e abertura de covas (0,3 x 0,3 x 0,3 m), a adubação de plantio por cova com 100 g de superfosfato simples, 80 g de calcário dolomítico e 10 g de FTE BR12. O plantio foi realizado na 2ª semana de março de 2014.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Cada bloco foi composto de quatro parcelas, uma para cada tratamento. As parcelas, com área útil de 41,6 m², foram compostas de 16 plantas (4 / espécie) distribuídas aleatoriamente. As espécies florestais utilizadas foram: Aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), Cambará (*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera), Ingá (*Inga laurina* (Sw.) Willd.) e Paineira (*Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna). Excetuando-se o cambará, as demais espécies foram utilizadas nos estudos anteriores de fitotoxicidade conduzidos em viveiro. Com base nos experimentos realizados em viveiro, no presente estudo optou-se por abdicar da utilização de dois herbicidas dentre os três inibidores de ACCase, optando pelo de menor classe toxicológica. Dessa forma, utilizaram-se os herbicidas mesotrione - Callisto[®] (0,4 L ha⁻¹ p. c.); fluazifop-p-butyl - Fusilade[®] (1,0 L ha⁻¹ p. c.) e nicosulfuron - Sanson[®] (1,5 L ha⁻¹ p. c.), obedecendo às mesmas recomendações (L ha⁻¹) adotadas nos experimentos conduzidos em viveiro.

Aplicação dos tratamentos

A aplicação dos herbicidas foi efetuada em área total nas parcelas, atingindo o capim braquiária e a espécie arbórea. Foi realizada em 25/06/2014, utilizando-se um pulverizador costal manual, com válvula reguladora de pressão acoplada a uma barra provida de bico com ponta de pulverização do tipo TT 11002, aplicando 300 L ha⁻¹ de calda herbicida. A aplicação foi realizada no período matutino onde as condições de temperatura e umidade relativa do ar eram de 24,0 °C e 62,7 %, respectivamente, e a velocidade do vento de 3,6 m s⁻¹.

Como testemunha, estabeleceu-se um tratamento em que não foi realizada a aplicação de herbicida, realizando somente o coroamento das espécies, por meio de capina manual num raio de 0,30 m.

Avaliação do efeito dos herbicidas às espécies florestais e forrageira

A influência dos herbicidas foi verificada com base no estado das plantas florestais aos 56 dias após aplicação (DAA), verificando se houve ou não a morte dessas, bem como a mensuração da altura.

Antes da aplicação dos tratamentos (herbicidas e testemunha), as espécies foram mensuradas quanto à altura total (H) incorrendo no tempo zero (T0), com auxílio de uma régua graduada, e aos 56 dias após aplicação, obtendo-se dessa forma o incremento em altura:

$$Ic = Mf - Mi, \text{ onde:}$$

Ic = Incremento em altura ou diâmetro do coleto

Mf = Mensuração no tempo final

Mi = Mensuração no tempo inicial

A influência dos herbicidas no capim braquiária foi verificada por registro fotográfico antes da aplicação, aos 15 e 21 DAA em cada parcela, em um único ponto previamente estabelecido e demarcado por uma estaca. Nesse ponto, um gabarito quadrado com 0,5 m de lados foi colocado delimitando a mesma área para a tomada das fotografias nas diferentes épocas. Aos 56 DAA foi computado o estoque de matéria seca da parte aérea da forrageira. Para tanto, estabeleceu-se o corte dessa rente ao solo com auxílio de tesoura de poda apropriada com as demarcações de um gabarito de 0,50 m de lados (Figura 27).



Figura 27: Tesoura de poda e gabarito utilizados na coleta do capim braquiária.

As amostras do capim braquiária foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e encaminhados para secagem em estufa a 65 °C com ventilação forçada até peso constante. De posse desses dados, extrapolou-se a massa seca por unidade de área ($Mg\ ha^{-1}$) estocada na parte aérea da forrageira.

Análise dos dados

Os dados de incremento em altura das espécies florestais e estoque de massa seca do capim braquiária foram submetidos à análise de variância e teste de Scott-Knott, ao nível de 5 % de significância, obedecendo-se para tanto os preceitos de homocedasticidade e normalidade. As análises foram feitas no software SAEG 9.1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Influência dos herbicidas nas espécies florestais

As espécies florestais foram tolerantes aos herbicidas. Constatou-se baixo percentual de mortalidade (6,25 %) para a *S. terebinthifolius* quando da aplicação do herbicida mesotrione. Para os demais tratamentos não foi observado mortalidade. Nesse tratamento, as plantas apresentaram sintomas típicos dos inibidores de carotenoides revelando-se através do aspecto de “albinismo”, principalmente nas folhas mais novas das plantas de aroeirinha e paineira (Figura 28). Ressalta-se que o período de condução desse estudo em campo, desde o plantio das mudas até a avaliação final (março a agosto de 2014), as condições ambientais, sobretudo de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar foram bem atípicas, favorecendo o estresse das plantas, ocorrendo altas temperaturas durante o dia. Condições ambientais como essas podem ter influenciado na ocorrência da mortalidade observado em plantas de *S. terebinthifolius*.



Figura 28: Sintomas de intoxicação provocados pelo mesotrione em folhas jovens de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Ceiba speciosa* (B).

As plantas que apresentaram esses sintomas se recuperaram ao final da avaliação, 56 DAA, revertendo o quadro de intoxicação.

Com relação ao incremento em altura das plantas, apresentado na Tabela 23, observa-se que os dados corroboram com os experimentos anteriores conduzidos em vasos, nos quais não houve influência dos herbicidas no crescimento inicial em altura das plantas arbóreas.

Tabela 23: Incremento médio em altura (cm) das espécies florestais avaliadas aos 56 dias após a aplicação dos herbicidas

Espécie	Callisto®	Fusilade®	Sanson®	Testemunha
Aroeira ^{ns}	4,1 (2,7)	7,6 (4,4)	2,5 (1,6)	7,4 (2,0)
Cambará ^{ns}	2,0 (1,1)	2,3 (1,8)	1,9 (0,9)	1,9 (0,5)
Ingá ^{ns}	2,0 (1,1)	2,8 (1,9)	3,9 (2,0)	4,0 (3,8)
Paineira ^{ns}	1,5 (0,6)	1,6 (0,7)	3,2 (2,8)	1,8 (1,0)

^{ns} = não significativo pelo teste F ($p < 0,05$). Valores entre parênteses referem-se aos desvios padrão.

Constata-se, também, pela Tabela 23 com base nos respectivos desvios padrão, a alta variação apresentada para essa variável, o que também corrobora com os dados obtidos nos experimentos em vasos, denotando uma significativa influência do material genético apresentado pelas espécies nativas. Estudos de tolerância de espécies florestais a herbicidas são escassos, ainda mais quando se considera a condução desses em condições de campo. A exemplo, a tolerância das espécies *Aspidosperma desmanthum* Benth. ex Müll. Arg., *Genipa americana* L. e *Hevea brasiliensis* Aubl. ao glyphosate em diferentes doses, foi avaliada, respectivamente, por Rondon Neto et al.(2011), Gusmão et al. (2011) e Farias et al. (2012). Apesar dos danos observados pelos autores, os mesmos constataram recuperação aos 180 dias após aplicação. No entanto, nesses experimentos a aplicação do herbicida ocorreu após um ano de plantio, diferente das condições adotadas no presente estudo, período, normalmente, em que as plantas florestais estão num estágio de crescimento mais avançado.

Influência dos herbicidas na espécie forrageira

Com relação aos efeitos dos herbicidas no capim braquiária, aos 15 DAA os sintomas de intoxicação eram nítidos, variando de acordo com o herbicida.

No caso do mesotrione, houve o branqueamento das folhas (Figura 29), dando um aspecto de “albinismo”. Em alguns locais pontuais esse quadro evoluiu chegando à necrose dos tecidos foliares.



Figura 29: Sintomas de braqueamento das folhas do capim braquiária. Períodos equivalentes a 0 (A), 15 (B) e 21 (C) dias após aplicação do mesotrione.

Avaliando a seletividade de herbicidas em *Urochloa ruziziensis* (A. Rich.) R.D. Webster, incluindo o mesotrione na dose de $0,3 \text{ L ha}^{-1}$, Adegas et al. (2011) constataram evolução rápida dos sintomas de intoxicação aos 7 dias após aplicação, diminuindo nas semanas posteriores.

Ulgum et al. (2013) avaliaram a eficiência dos herbicidas mesotrione e tembotriona, ambos inibidores de síntese de carotenoide, no controle de controle de *Urochloa plantaginea* (Link) Hitchc. (capim marmelada) e *Raphanus raphanistrum* L. (nabo). Segundo os autores, o mesotrione proporcionou maior eficiência de controle aos 7 e 14 dias após a aplicação, na dose de $0,4 \text{ L ha}^{-1}$ da formulação comercial, diminuindo nas semanas posteriores.

Com relação ao Sanson[®], os sintomas de intoxicação foram pouco nítidos (Figura 30) em que as folhas do capim braquiária apresentaram-se com coloração bronzeada. A evolução a necrose dessa espécie quase não foi observada, no entanto, observou-se que o referido herbicida reduziu o crescimento da forrageira quando comparado às parcelas que não receberam a aplicação de herbicidas.

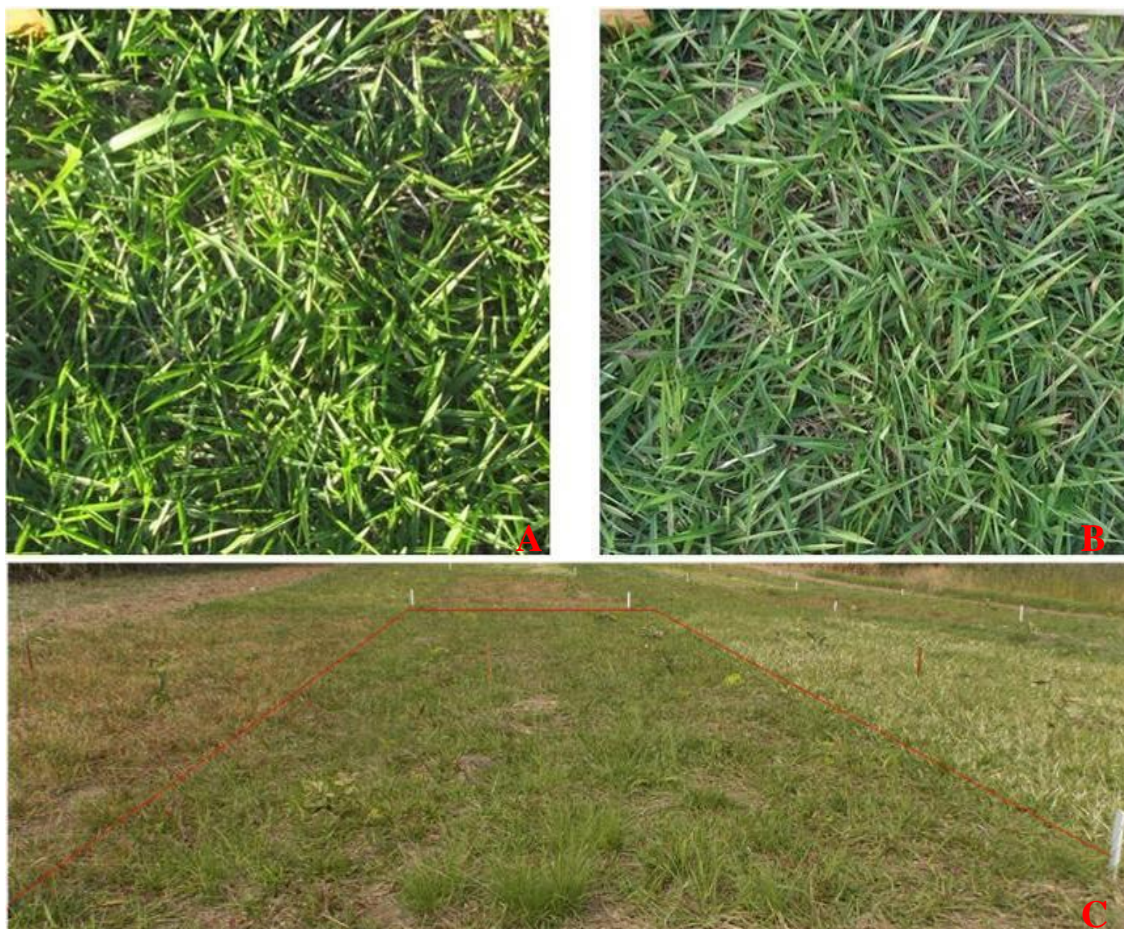


Figura 30: Aspecto da forrageira quando submetida à aplicação do herbicida Sanson[®]. Períodos equivalentes a 0 (A), 15 (B) e 21 (C) dias após aplicação.

Ceccon et al. (2010) avaliaram o uso de herbicidas no consórcio com milho safrinha com *Urochloa ruziziensis* (A. Rich.) R. D. Webster. Constataram que o nicosulfuron acarretou clorose com posterior necrose das folhas e redução do crescimento da forrageira o que ocasionou na redução da massa seca avaliada aos 150 dias após a aplicação do herbicida na dose de 8 e 16 g ha⁻¹ (i.a.), doses estas abaixo da utilizada no presente estudo (40 g ha⁻¹ i.a.).

Para o Fusilade[®] (Figura 31), percebeu-se um eficiente controle da forrageira, levando a seca dessa espécie a partir dos 15 DAA.



Figura 31: Sintomas de intoxicação apresentado pelo capim braquiária. Períodos equivalentes a 0 (A), 15 (B) e 21 (C) dias após aplicação do Fusilade®.

Ressalta-se que nas parcelas onde foi aplicado o Fusilade®, observou-se a seletividade desse produto químico a dicotiledôneas, uma vez que as espécies regenerantes desse grupo não apresentaram sintomas de intoxicação (Figura 32). Isso demonstra a funcionalidade da utilização desse herbicida na condução da regeneração natural em áreas infestadas por gramíneas e uma alternativa a intervenção por roçada, por exemplo, que além da espécie daninha irá eliminar também as regenerantes.



Figura 32: Eficiência de controle da gramínea apresentada pelo Fusilade®. Em detalhes a seletividade do herbicida à aroeira e espécie dicotiledônea espontânea.

Os herbicidas aplicados afetaram a espécie forrageira, o que pode ser constatado pelos sintomas de intoxicação (Figuras 30 a 32). No entanto, a influência foi notada com maior clareza nos 30 dias posteriores à aplicação através de diagnóstico visual. No segundo mês após a aplicação, notou-se que o capim braquiária apresentou recuperação a ação dos herbicidas, iniciando a emissão de novas brotações e revertendo o quadro de intoxicação. Essa observação foi percebida com maior contraste nas parcelas em que foi aplicado o Fusilade®, visto que o controle foi eficiente. Aos 56 DAA, os valores de matéria seca estocadas na parte aérea da forrageira não diferiram estatisticamente (Figura 33).

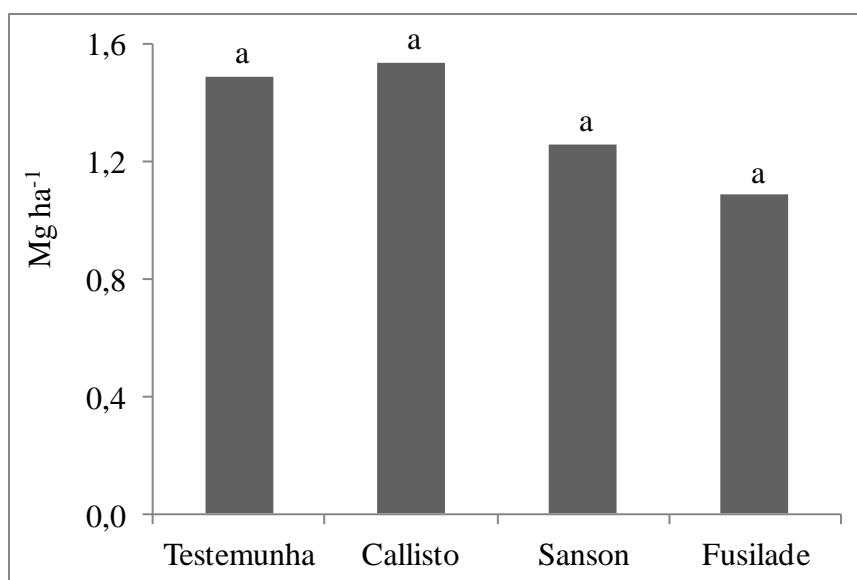


Figura 33: Matéria seca estocada na parte aérea do capim braquiária aos 56 dias após aplicação. Médias seguidas de mesma letra, não diferem significativamente, pelo teste de Scott-knott ($p \leq 0,05$).

Em termos de valores absolutos, constata-se que as parcelas que receberam a aplicação do Fusilade® tenderam a apresentar menores valores médios de massa seca estocada na parte aérea.

Outra observação que também merece respaldo diz respeito à época de controle. É sabido que a eficiência do controle químico de plantas daninhas é dependente, dentre outros, das condições ambientais e do estado fisiológico da planta (CRUSCIOL et al., 2002; QUEIROZ et al., 2008). A condução desse estudo ocorreu em épocas de intensas oscilações ambientais (temperatura e umidade relativa do ar, pluviosidade) as quais possivelmente influenciaram a atividade fisiológica da forrageira. Uma vez que isso tenha ocorrido, esse fato pode ter resultado na redução da eficiência de controle da planta daninha, principalmente em se tratando dos herbicidas Callisto[®] e Sanson[®], os quais são bastante utilizados em plantio consorciados de milho e *Urochloa* spp. aplicando-se subdoses desses produtos para diminuir a interferência da forrageira na cultura do milho nos períodos iniciais (DAN et al., 2011; DAN et al., 2012; CECCON et al., 2010).

O controle de plantas daninhas em reflorestamento com espécies nativas na região sudeste normalmente é iniciado cerca de 60 dias posterior ao plantio. Uma vez que o período de plantio nessa região ocorre no início do período chuvoso, o controle de plantas daninhas também coincide com a época chuvosa. Visto que nessa época as condições ambientais são favoráveis ao metabolismo das plantas, o controle proporcionado por esses produtos possivelmente apresentaria maior eficiência que o obtido nesse estudo. Em adição, não se descarta a possibilidade da espécie forrageira *U. humidicola* apresentar algum mecanismo de tolerância aos herbicidas aqui utilizados, principalmente o mesotrione e nicosulfuron, sejam eles de ordem anatômica foliar, uma vez que essa forrageira apresenta folhas glabras, ou de ordem bioquímica, estando essa metabolizando ou compartimentalizando a molécula herbicida, como acontece no milho conforme descrito por Ogliari et al. (2009), fazendo menção a vários autores.

Embora o número de espécies utilizadas nesse estudo tenha sido baixo, presume-se, com base nos resultados aqui apresentados, que a utilização dos referidos herbicidas em áreas de reflorestamento já implantadas é possível, uma vez que foram validados os resultados obtidos em condições de viveiro, caracterizando as espécies florestais como tolerantes aos herbicidas pós-emergentes avaliados na presente tese. Deve-se buscar as adequações mais promissoras desses herbicidas em áreas implantadas quanto as espécies daninhas presentes bem como as doses a serem utilizadas objetivando aumentar a eficácia do controle.

4 CONCLUSÃO

As espécies florestais são tolerantes aos herbicidas pós-emergentes Callisto[®], Fusilade[®] e Sanson[®], onde o crescimento em altura das plantas não é prejudicado por esses produtos nas doses aplicadas.

O maior controle de *Urochloa humidicola* é proporcionado pelo Fusilade[®] nos primeiros 30 dias após aplicação, apresentando-se tolerante aos demais nas doses aplicadas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, G. S.; TARTAGLIA, F. L.; ROSA, J. C.; LIMA, P. C.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M.. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do girassol em Rondônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, 275 – 282, 2013.
- BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I.; MACHADO, R. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; RODRIGUES, R. R.. Seletividade dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon a espécies arbóreas nativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.3, p.251-257, 2009.
- CECCON, G.; MATOSO, A. O.; NETO NETO, A. L.; PALOMBO, L.. Uso de herbicidas no consórcio de milho safrinha com *Brachiaria ruziziensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 359 - 364, 2010.
- CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; SCHIOCCHET, M. A.. Aplicação tardia de glyphosate e estande e desenvolvimento inicial do arroz em sistema de cultivo mínimo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 45 - 51, 2002.
- DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S. O.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; FELDKIRCHER, C.. Supressão imposta pelo mesotrione a *Brachiaria brizantha* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 861-867, 2011.
- DAN, H. A.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; DAN, L. G. M.; BRAZ, G. B. P.; BALBINOT, E.; SOUSA, F. G.; REIS, R. H. P.. Controle de plantas daninhas em sistemas de cultivo consorciados. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.11, n.1, p.108-118, 2012.
- FARIAS, C. C. M.; RONDON NETO, R. M.; YAMASHITA, O. M.; FARIAS, C. B. M.. Efeitos de subdoses de glyphosate em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Aubl.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 119-125, 2012.
- GONÇALVES, J.L.M.; NOGUEIRA JÚNIOR, L.R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P.Y. et al. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003. p.111-163.
- GUSMÃO, G. A.; RONDON NETO, R. M.; YAMASHITA, O. M.. Deriva simulada de glyphosate em plantas (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.10, n.1, p.13-19, 2011.
- MELO, A. C. G. A legislação como suporte a programas de recuperação florestal no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v.8, p.9-15, 2005.
- OGLIARI, J.; FREITAS, S. P.; RAMOS, A. C.; BRESSAN SMITH, R. E.; FAÇANHA, A. R.. Sistemas primários de transporte de prótons integram os mecanismos de desintoxicação do mesotrione em plantas de milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 799 - 807, 2009.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R.. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Biosciences Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8 - 19, 2008.

RONDON NETO, R. M.; BENETTI, E.; YAMASHITA, O. M.; GUSMÃO, G. A.. Fitotoxicidade de peroba-mica (*Aspidosperma desmanthum*) submetidas à deriva de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.10, n.2, p.13-19, 2011.

SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SILVA, M. R. M.; DURIGAN, J. C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. II - Cultivar Caiapó. **Bragantia**, Campinas, v.68, p.373-379, 2009.

ULGUIM, A. R.; PERBONI, L. T.; WESTENDORFF, N. R.; NOHATTO, M. A.; SILVA, B. M.; AGOSTINETTO, D.. Redução do espaçamento entrelinhas do milho e sua influência na dose do herbicida. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.12, n.3, p.232-241, 2013.

VIEIRA, C. M.; PESSOA, S. V.A. Estrutura e composição florística do estrato herbáceo subarbustivo de um pasto abandonado na Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, RJ. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 80, p. 17 - 30. 2001.

6 CONCLUSÃO GERAL

Conforme os resultados deste trabalho, conclui-se que:

- Os herbicidas Callisto[®], Fusilade[®], Poast[®], Targa[®] e Sanson[®] não afetam o crescimento das espécies florestais utilizadas nesse estudo. Desses os herbicidas, o Callisto[®] acarreta maiores toxidez às espécies, conforme sintomatologia, sendo passíveis de recuperação;
- As espécies *Cybistax antisiphilitica*, *Tabebuia avellanadae*, *Peltophorum dubium*, e *Pseudobombax grandiflorum* apresentam diferentes graus de tolerância ao glyphosate, sendo a *C. antisiphilitica* a menos tolerante. No entanto, essas espécies são mais tolerantes que o *Eucalyptus urophila* x *E. grandis* (*E. urograndis*);
- Em condições de campo, os herbicidas Callisto[®], Fusilade[®] e Sanson[®] não afetam o crescimento das espécies florestais *Schinus terebinthifolius*, *Gochnatia polymorpha*, *Inga laurina* e *Ceiba speciosa*. Conforme as doses aplicadas, o Fusilade[®] ofertou maior controle a *Urochloa humidicola*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação da tolerância de espécies florestais a herbicidas ainda requer um grande esforço. Estudos envolvendo a caracterização anatômica foliar das espécies florestais nativas também são escassos. É necessário investigar e correlacionar essas características com os estudos de tolerância dessas espécies aos herbicidas, e dessa forma, tentar ajustar equações que permitirão fazer um prognóstico dos possíveis efeitos que determinados herbicidas poderão resultar em espécies florestais. Tais estudos possibilitariam selecionar alguns herbicidas, contemplando diferentes mecanismos de ação, os quais poderão ser adotados em casos particulares, dependendo das condições do reflorestamento, da espécie daninha presente na área e do ambiente.

Uma vez selecionado herbicidas que as espécies florestais seriam mais tolerantes, testes em plântulas também seriam interessantes com vista à utilização dessas moléculas químicas na condução da regeneração natural, equacionando também as doses a serem utilizadas.

Com relação ao glyphosate, sua grande eficiência de controle de plantas daninhas possibilita outro horizonte, indo além da sua utilização na etapa de implantação, quando se procede a aplicação como dessecante em área total, sem a presença das espécies florestais, como ocorre em áreas de pastagens abandonadas, ambientes comumente alvo de restauração. Visto que o glyphosate é mais danoso às espécies florestais, quando comparado aos demais herbicidas avaliados nessa tese, a utilização terá que obedecer alguns cuidados. Diagnosticado a dose menos danosa às espécies florestais, acredita-se ser possível sua utilização em áreas já implantadas, onde a aplicação também pode atingir as espécies florestais (deriva). Nesse caso a aplicação poderia ocorrer em um momento do estágio inicial de crescimento da planta daninha, onde, acredita-se, que essa seria a fase em que a planta daninha estaria mais susceptível a ação do glyphosate.

Os trabalhos a serem desenvolvidos nessa linha de pesquisa são muitos e a área florestal carece desses. É preciso que a rede de pesquisadores seja diversa, envolvendo as áreas da engenharia florestal (silvicultura), agronomia (fitotecnia) e biologia (anatomia e fisiologia vegetal) em busca de resultados promissores, que possibilitem maiores sucessos no controle de plantas daninhas em reflorestamento e com menores custos de intervenção.

ANEXOS

Anexo 1A: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida mesotrione (Callisto®) nas diferentes épocas de avaliação – Experimento I

Espécie	Classes de Fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
Araçá	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Aroeira	I	Muito leve	100,0	83,3	50,0	83,3	100,0
	II	Leve	0,0	16,7	50,0	16,7	0,0
Carrapeta	I	Muito leve	50,0	16,7	16,7	16,7	83,3
	II	Leve	0,0	33,3	0,0	0,0	0,0
	III	Moderada	50,0	0,0	16,7	16,7	16,7
	IV	Aceitável	0,0	50,0	50,0	50,0	0,0
	V	Preocupante	0,0	0,0	16,7	16,7	0,0
Ingá	I	Muito leve	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3
	II	Leve	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	III	Moderada	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7
	IV	Aceitável	16,7	16,7	16,7	16,7	0,0
Leiteira	I	Muito leve	66,7	66,7	66,7	83,3	100,0
	II	Leve	16,7	0,0	16,7	16,7	0,0
	III	Moderada	16,7	33,3	16,7	0,0	0,0
Pau-viola	I	Muito leve	33,3	0,0	0,0	0,0	33,3
	II	Leve	16,7	0,0	0,0	0,0	66,7
	III	Moderada	16,7	50,0	16,7	16,7	0,0
	IV	Aceitável	33,3	33,3	66,7	50,0	0,0
	V	Preocupante	0,0	16,7	0,0	33,3	0,0
	VI	Alta	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0
Tamanqueira	I	Muito leve	16,7	0,0	16,7	16,7	66,7
	II	Leve	16,7	16,7	0,0	50,0	0,0
	III	Moderada	0,0	16,7	33,3	0,0	16,7
	IV	Aceitável	50,0	0,0	16,7	16,7	0,0
	V	Preocupante	16,7	50,0	16,7	0,0	0,0
	VII	Muito alta	0,0	16,7	16,7	16,7	16,7

Anexo 1B: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida mesotrione (Callisto[®]) nas diferentes épocas de avaliação – Experimento II

Espécie	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
Açoita-cavalo	I	Muito Leve	30	0	0	10	70
	II	Leve	30	10	10	0	20
	III	Moderada	40	70	20	90	10
	IV	Aceitável	0	20	60	0	0
	V	Preocupante	0	0	0	0	0
	VI	Alta	0	0	10	0	0
Capororoca	I	Muito Leve	90	0	0	0	40
	II	Leve	10	30	0	30	60
	III	Moderada	0	70	40	50	0
	IV	Aceitável	0	0	60	20	0
Embaúba	I	Muito Leve	100	10	0	10	70
	II	Leve	0	0	0	20	30
	III	Moderada	0	80	30	60	0
	IV	Aceitável	0	0	40	10	0
	V	Preocupante	0	10	20	0	0
	VI	Alta	0	0	10	0	0
Farinha-seca	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Tamboril	I	Muito Leve	60	30	60	100	0
	II	Leve	10	30	10	0	0
	III	Moderada	20	10	30	0	0
	IV	Aceitável	10	30	0	0	0
Paineira	I	Muito Leve	60	10	10	30	100
	II	Leve	30	10	20	50	0
	III	Moderada	10	80	60	20	0
	IV	Aceitável	0	0	10	0	0
Quaresmeira	I	Muito Leve	20	0	0	0	20
	II	Leve	20	10	10	10	70
	III	Moderada	60	50	40	80	10
	IV	Aceitável	0	40	40	10	0
	V	Preocupante	0	0	10	0	0

Anexo 1C: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida Fusilade® nas diferentes épocas de avaliação – Experimento I

Espécie	Classes de Fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
Araçá	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Aroeira	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Carrapeta	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Ingá	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Leiteira	I	Muito leve	83,3	83,3	100,0	100,0	100,0
	II	Leve	16,7	16,7	0,0	0,0	0,0
Pau-viola	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Tamanqueira	I	Muito leve	83,3	83,3	83,3	100,0	100,0
	II	Leve	16,7	16,7	16,7	0,0	0,0

Anexo 1D: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida Fusilade® nas diferentes épocas de avaliação – Experimento II

Espécie	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
Açoita-cavalo	I	Muito leve	100	90	90	100	100
	II	Leve	0	0	10	0	0
	III	Moderada	0	10	0	0	0
Capororoca	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Embaúba	I	Muito leve	100	90	100	100	100
	II	Leve	0	10	0	0	0
Farinha-seca	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Tamboril	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Paineira	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Quaresmeira	I	Muito leve	100	80	100	100	100
	II	Leve	0	20	0	0	0

Anexo 1E: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida Poast[®] nas diferentes épocas de avaliação – Experimento I

Espécie	Classes de Fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
Araçá	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Aroeira	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Carrapeta	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Ingá	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Leiteira	I	Muito leve	66,7	83,3	83,3	83,3	100,0
	III	Moderada	16,7	0,0	0,0	16,7	0,0
	V	Preocupante	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	VI	Alta	0,0	16,7	16,7	0,0	0,0
Pau-viola	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Tamanqueira	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Anexo 1F: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida Poast[®] nas diferentes épocas de avaliação – Experimento II

Espécie	Classe de fitotoxicidade		Dias após avaliação				
			7	14	21	28	56
Açoita-cavalo	I	Muito leve	100	67	100	100	100
	II	Leve	0	33	0	0	0
Capororoça	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Embaúba	I	Muito leve	100	80	100	100	100
	II	Leve	0	20	0	0	100
Farinha-seca	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Tamboril	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Paineira	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Quaresmeira	I	Muito leve	100	80	100	100	100
	II	Leve	0	20	0	0	0

Anexo 1G: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida Targa® nas diferentes épocas de avaliação – Experimento I

Espécie	Classes de Fitotoxicidade			Dias após aplicação				
				7	14	21	28	56
Araçá	I	0-5	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Aroeira	I	0-5	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Carrapeta	I	0-5	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Ingá	I	0-5	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Leiteira	I	0-5	Muito leve	83,3	83,3	100,0	100,0	100,0
	II	6-10	Leve	16,7	16,7	0,0	0,0	0,0
Pau-viola	I	0-5	Muito leve	83,3	83,3	66,7	66,7	100,0
	II	6-10	Leve	0,0	0,0	16,7	33,3	0,0
	III	11-20	Moderada	16,7	16,7	16,7	0,0	0,0
Tamanqueira	I	0-5	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Anexo 1H: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida Targa® nas diferentes épocas de avaliação – Experimento II

Espécie	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
Açoita-cavalo	I	Muito leve	100	89	100	100	100
	II	Leve	0	11	0	0	0
Capororoca	I	Muito leve	100	90	100	100	100
	II	Leve	0	10	0	0	0
Embaúba	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Farinha-seca	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Tamboril	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Paineira	I	Muito leve	100	90	100	100	100
	II	Leve	0	10	0	0	0
Quaresmeira	I	Muito leve	100	80	90	90	100
	II	Leve	0	10	10	0	0
	III	Moderada	0	10	0	10	0

Anexo II: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida Sanson[®] nas diferentes épocas de avaliação – Experimento I

Espécie	Classes de Fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	62
Araçá	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Aroeira	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Carrapeta	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Ingá	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Leiteira	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pau-viola	I	Muito leve	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Tamanqueira	I	Muito leve	100,0	100,0	83,3	100,0	100,0
	II	Leve	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0

Anexo IIJ: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação do herbicida Sanson[®] nas diferentes épocas de avaliação – Experimento II

Espécie	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
Açoita-cavalo	I	Muito leve	89	67	100	100	100
	II	Leve	0	33	0	0	0
	III	Moderado	0	0	0	0	0
	IV	Aceitável	0	0	0	0	0
	V	Preocupante	11	0	0	0	0
Capororoca	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Embaúba	I	Muito leve	100	89	89	89	89
	II	Leve	0	0	0	0	11
	III	Moderado	0	11	0	11	0
	IV	Aceitável	0	0	0	0	0
	V	Preocupante	0	0	11	0	0
Farinha-seca	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Tamboril	I	Muito leve	100	100	100	100	100
Paineira	I	Muito leve	100	80	100	100	100
	II	Leve	0	20	0	0	0
Quaresmeira	I	Muito leve	100	60	90	90	100
	II	Leve	0	40	0	10	0
	III	Moderado	0	0	10	0	0

Anexo 2A: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação das subdoses de glyphosate á espécie *Cybistax antisyphilitica* (experimento I)

Dose (L ha ⁻¹)	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
0	-	-	-	-	-	-	-
0,16	I	Muito leve	70	20	10	10	50
	II	Leve	30	50	40	30	50
	III	Moderada	0	30	50	30	0
	IV	Aceitável	0	0	0	30	0
0,32	I	Muito leve	30	0	0	0	50
	II	Leve	50	0	10	10	30
	III	Moderada	20	80	60	50	20
	IV	Aceitável	0	20	20	30	0
	V	Preocupante	0	0	10	10	0
0,48	I	Muito leve	50	0	0	0	50
	II	Leve	20	10	20	10	30
	III	Moderada	30	60	40	40	10
	IV	Aceitável	0	30	40	30	0
	V	Preocupante	0	0	0	10	0
	VI	Alta	0	0	0	10	10
0,64	I	Muito leve	20	0	10	0	40
	II	Leve	40	0	10	10	40
	III	Moderada	40	40	20	30	10
	IV	Aceitável	0	20	40	20	0
	V	Preocupante	0	30	0	20	0
	VI	Alta	0	10	20	20	0
	VII	Muito alta	0	0	0	0	10

Anexo 2B: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação das subdoses de glyphosate á espécie *Cybistax antisiphilitica* (experimento II)

Dose (L ha ⁻¹)	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
0	-	-	-	-	-	-	-
0,64	I	Muito leve	0	0	0	0	0
	II	Leve	0	0	0	0	0
	III	Moderada	100	0	0	0	25
	IV	Aceitável	0	25	25	25	0
	V	Preocupante	0	25	25	0	0
	VI	Alta	0	25	25	0	0
	VII	Muito alta	0	25	25	75	75
1,28	I	Muito leve	0	0	0	0	0
	II	Leve	0	0	0	0	0
	III	Moderada	50	0	0	0	0
	IV	Aceitável	25	0	0	0	25
	V	Preocupante	25	25	0	0	0
	VI	Alta	0	25	50	25	0
	VII	Muito alta	0	50	50	75	75
1,92	I	Muito leve	0	0	0	0	0
	II	Leve	0	0	0	0	0
	III	Moderada	0	0	0	0	0
	IV	Aceitável	25	0	0	0	0
	V	Preocupante	0	0	0	0	0
	VI	Alta	0	0	0	0	0
	VII	Muito alta	75	100	100	100	100
2,56	I	Muito leve	0	0	0	0	0
	II	Leve	0	0	0	0	0
	III	Moderada	25	0	0	0	0
	IV	Aceitável	50	0	0	0	0
	V	Preocupante	0	0	0	0	0
	VI	Alta	0	0	0	0	0
	VII	Muito alta	25	100	100	100	100

Anexo 2C: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação das subdoses de glyphosate à espécie *Tabebuia avellanedae* (experimento I)

Dose (L ha ⁻¹)	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
0	-	-	-	-	-	-	-
0,16	I	Muito leve	90	80	70	70	90
	II	Leve	10	20	30	20	0
	III	Moderada	0	0	0	10	0
	IV	Aceitável	0	0	0	0	0
	V	Preocupante	0	0	0	0	10
0,32	I	Muito leve	60	60	40	40	70
	II	Leve	20	0	20	20	20
	III	Moderada	10	30	30	20	10
	IV	Aceitável	10	10	10	20	0
0,48	I	Muito leve	90	10	30	30	70
	II	Leve	0	10	10	10	10
	III	Moderada	10	70	50	50	20
	IV	Aceitável	0	10	10	10	0
0,64	I	Muito leve	90	10	30	30	70
	II	Leve	0	10	10	10	30
	III	Moderada	10	70	50	50	0
	IV	Aceitável	0	10	10	10	0

* Representa o percentual da dosagem recomendada para o controle do capim braquiária, de 4 L ha⁻¹.

Anexo 2D: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação das subdoses de glyphosate à espécie *Tabebuia avellanedae* (experimento II)

Dose (L ha ⁻¹)	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
0	-	-	-	-	-	-	-
0,64	I	Muito leve	20	20	20	20	40
	II	Leve	40	0	20	20	0
	III	Moderada	20	40	20	0	40
	IV	Aceitável	20	20	20	40	20
	V	Preocupante	0	20	20	20	0
1,28	I	Muito leve	40	0	0	20	20
	II	Leve	20	40	40	0	20
	III	Moderada	0	20	20	20	20
	IV	Aceitável	40	20	20	0	0
	V	Preocupante	0	0	0	20	0
	VI	Alta	0	0	0	0	0
	VII	Muito alta	0	20	20	40	40
1,92	I	Muito leve	60	20	20	0	0
	II	Leve	0	0	20	40	20
	III	Moderada	40	40	20	20	40
	IV	Aceitável	0	20	20	20	0
	V	Preocupante	0	0	0	0	0
	VI	Alta	0	20	20	0	0
	VII	Muito alta	0	0	0	20	40
2,56	I	Muito leve	0	0	0	20	20
	II	Leve	20	0	20	0	0
	III	Moderada	20	20	0	0	0
	IV	Aceitável	40	0	0	0	0
	V	Preocupante	20	0	0	0	20
	VI	Alta	0	20	0	0	0
	VII	Muito alta	0	60	80	80	60

Anexo 2E: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação das subdoses de glyphosate à espécie *Peltophorum dubium* (experimento I)

Dose (L ha ⁻¹)	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
0	-	-	-	-	-	-	-
0,16	I	Muito leve	20	40	60	70	100
	II	Leve	40	20	0	10	0
	III	Moderada	40	40	40	20	0
0,32	I	Muito leve	0	0	10	30	100
	II	Leve	30	40	50	40	0
	III	Moderada	70	40	40	30	0
	IV	Aceitável	0	20	0	0	0
0,48	I	Muito leve	0	10	0	0	90
	II	Leve	50	80	50	50	10
	III	Moderada	50	10	50	50	0
0,64	I	Muito leve	10	0	0	0	90
	II	Leve	10	0	20	50	10
	III	Moderada	70	90	80	50	0
	IV	Aceitável	10	10	0	0	0

Anexo 2F: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação das subdoses de glyphosate à espécie *Peltophorum dubium* (experimento II)

Dose (L ha ⁻¹)	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
0	-	-	-	-	-	-	-
0,64	I	Muito leve	20	20	20	40	60
	II	Leve	20	20	20	40	20
	III	Moderada	40	40	40	0	20
	IV	Aceitável	0	0	0	0	0
	V	Preocupante	20	0	0	0	0
	VI	Alta	0	20	20	20	0
1,28	I	Muito leve	0	0	20	20	20
	II	Leve	20	20	0	40	40
	III	Moderada	20	40	40	20	40
	IV	Aceitável	40	20	20	0	0
	V	Preocupante	20	20	20	20	0
1,92	I	Muito leve	0	0	0	0	0
	II	Leve	0	0	0	0	40
	III	Moderada	60	40	60	60	20
	IV	Aceitável	20	40	20	0	40
	V	Preocupante	20	0	0	20	0
	VI	Alta	0	20	20	20	0
2,56	I	Muito leve	0	0	0	0	0
	II	Leve	0	0	0	0	20
	III	Moderada	40	0	0	20	20
	IV	Aceitável	40	60	60	40	20
	V	Preocupante	0	20	20	20	20
	VI	Alta	20	0	20	0	0
	VII	Muito alta	0	20	0	20	20

Anexo 2G: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação das subdoses de glyphosate à espécie *Pseudobombax grandiflorum* (experimento I)

Dose (L ha ⁻¹)	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
0	-	-	-	-	-	-	-
0,16	I	Muito leve	100	90	100	100	100
	II	Leve	0	10	0	0	0
0,32	I	Muito leve	90	90	90	90	100
	II	Leve	10	10	10	10	0
0,48	I	Muito leve	100	100	100	100	100
0,64	I	Muito leve	80	80	90	90	100
	II	Leve	10	10	10	10	0
	III	Moderada	10	10	0	0	0

Anexo 2H: Ocorrência de indivíduos, em %, nas respectivas classes de fitotoxicidade quando da aplicação das subdoses de glyphosate à espécie *Pseudobombax grandiflorum* (experimento II)

Dose (L ha ⁻¹)	Classe de fitotoxicidade		Dias após aplicação				
			7	14	21	28	56
0	-	-	100	100	100	100	100
0,64	I	Muito leve	80	80	80	60	100
	II	Leve	20	20	0	20	0
	III	Moderada	0	0	20	20	0
1,28	I	Muito leve	80	100	100	0	100
	II	Leve	20	0	0	80	0
	III	Moderada	0	0	0	20	0
1,92	I	Muito leve	80	60	60	40	60
	II	Leve	0	20	0	20	40
	III	Moderada	20	20	40	40	0
2,56	I	Muito leve	60	40	20	0	40
	II	Leve	20	20	20	0	60
	III	Moderada	20	40	60	100	0