



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**Efeito de inibidores de crescimento e do tipo de
poda em plantas utilizadas na arborização
urbana**

Valéria Polese

Seropédica, RJ

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**Efeito de inibidores de crescimento e do tipo de poda em plantas
utilizadas na arborização urbana**

VALÉRIA POLESE

Sob a Orientação do Professor

Jorge Jacob Neto

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no curso de Pós-Graduação em Fitotecnia. Área de concentração: Fisiologia da produção.

Seropédica, RJ

Abril de 2013

Página destinada a Ficha Catalográfica

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

VALÉRIA POLESE

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração Fisiologia da Produção, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências, em Fitotecnia.

DISSERTAÇÃO aprovada em 15/04/2013

Jorge Jacob Neto, Ph.D. UFRRJ (Orientador)

Regina Celi Cavestré Coneglian, Dr. UFRRJ

Vera Lucia Divan Baldani, Dr. EMBRAPA Agrobiologia

A Deus e a minha família.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me abençoado em mais uma etapa da minha vida.

À minha linda família, meus pais Jonas e Marinalva, irmãos Flávio e Diogo, sobrinha Heloísa, que sempre estiveram ao meu lado.

Ao Rodolfo, meu companheiro desde a graduação, sempre me incentivando minha vida acadêmica.

Ao Professor Jorge Jacob Neto, que convidou a trabalhar com ele, pela sua dedicação e conhecimento doados, por sempre estar disposto a ajudar, muito obrigado!

A todos os antigos colegas do Laboratório de Química da Rizosfera e agora grandes amigos, Aldir, Joice, Ana Karen e Núbia por todo apoio.

Ao funcionário do Departamento de Fitotecnia Marcos Luis de Souza por todo apoio técnico, sempre disposto a resolver os problemas.

A instituição que me acolheu na graduação e na pós-graduação, UFRRJ.

Ao Curso de Pós Graduação em Fitotecnia, aos professores e funcionários, pelo apoio e ensinamentos prestados.

Ao professor Aroldo Ferreira Lopes Machado pela colaboração.

As empresas AMPLA Energia e Serviços S.A. e LIGHT Serviços de Eletricidade S.A. pela bolsa concedida e pelo apoio financeiro através do Projeto “Coexistência da Rede de Distribuição Aérea com Arborização Urbana: Pesquisa de Novas Tecnologias para melhor Interação” para a realização da dissertação.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia pelo apoio técnico.

Aos membros da banca Regina Celi Cavestré Coneglian e Vera Lucia Divan Baldani pelas sugestões.

Aos meus amigos da Rural, Cíntia, Elisa, Fernanda, Givanildo, Tilé, Flávia, Débora, Rafaela, Letícia por fazerem parte da minha vida.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

Valéria Polese, filha de Jonas Casoti Polese e Marinalva Nunes Pinto Polese, nasceu em 7 de outubro de 1985, na cidade de Colatina – Espírito Santo. Coursou o ensino fundamental e médio na Escola Estadual Geraldo Vargas Nogueira, em Colatina - ES. Em Agosto de 2008 ingressou no curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), concluindo-o Dezembro de 2010. Durante a graduação, foi bolsista de Iniciação Científica no Departamento de Solos, no período de janeiro a dezembro de 2009. No período de março a dezembro de 2010 foi monitora da disciplina Fitopatologia e Entomologia Aplicada. Em maio de 2011 ingressou no curso de mestrado em Fitotecnia da UFRRJ, sendo contemplada com uma bolsa de projeto financiado pelas Empresas Light e Ampla.

RESUMO GERAL

POLESE, Valéria. **Efeito de inibidores de crescimento e do tipo de poda em plantas utilizadas na arborização urbana**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2013. 76p. (Dissertação, Mestrado em Fitotecnia).

O presente estudo buscou alternativas de manejo de crescimento e de poda em plantas utilizadas na arborização urbana, visando à diminuição de conflitos destas com fiações de energia elétrica. No capítulo I foram realizados experimentos com Flamboyant em solo e solução nutritiva simples contendo Al, com objetivo de estudar alternativas de manejo visando diminuir o crescimento e desenvolvimento de plântulas Flamboyant. O alumínio atrofia raízes podendo afetar o crescimento. Foram realizados seis experimentos com plântulas (Solo e solução nutritiva simples) em condições de câmara de crescimento e casa de vegetação, Departamento de Fitotecnia - UFRRJ. Nos experimentos de solo foram utilizadas duas fontes de sulfato de alumínio, sendo uma comercial e uma fonte pura analiticamente, nas concentrações 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ nos solos Planossolo e Argissolo, com quatro repetições. Os experimentos realizados em solução nutritiva simples receberam apenas cálcio (0,001 mM) e tiveram como fonte AlCl₃ com doses que variaram de 0,075 a 5,0 mM. Através dos resultados do capítulo I conclui-se que em condições de solo concentrações iguais ou superiores a 0,4 Cmol/dm³ de Al causaram toxicidade às plântulas de Flamboyant, com efeitos principalmente no comprimento radicular, e em solução nutritiva simples doses iguais ou superiores a 0,075 mM de AlCl₃ paralisaram o crescimento radicular. O Al pode ser utilizado como inibidor de crescimento vegetal em plântulas de Flamboyant. O capítulo II teve como objetivo estudar os efeitos da poda e da sua associação com inibidores de crescimento em espécies arbóreas. Foram realizados quatro experimentos com as plantas Sabiá, Sombreiro, e Pepino (Avaliação de fitotoxicidade a herbicidas). Os experimentos foram instalados no Departamento de Fitotecnia-UFRRJ, Seropédica-RJ. No experimento 1 (Sabiá) todas as plantas foram decepadas a 2 m de altura, e foram aplicados os tratamentos: Testemunha; 2,4-D+Picloram; e Picloram. No experimento 2 (Sabiá) todas as plantas foram podadas retirando 1/3 da copa e aplicando os tratamentos: Testemunha, HCl, AlCl₃, Picloram e Corte rente (Sem poda de 1/3 da copa). O experimento 3 (Sombreiro) teve como tratamentos tipos de corte em relação ao tronco principal: rente, deixando toco de 20 cm e de 40 cm. O experimento 4 (Pepino) foi instalado no solo proveniente do primeiro experimento com Sabiá. No experimento 1, o tratamento com Picloram atrasou o início da rebrota, fator importante para o presente estudo, a fim de que demorem chegar à fiação de energia elétrica. No experimento 2, apenas o tratamento Picloram apresentou comprimento e diâmetro de brotos um pouco menores em relação aos demais tratamentos. No experimento 3 foi verificado que o corte rente não apresentou novas brotações até os 145 dias após a poda. No experimento 4 o pepino apresentou toxidez mais intensa no tratamento com Picloram. Conclui-se que o Picloram e 2,4-D+Picloram foram eficientes para manejo de brotações em plantas adultas de Sabiá, pois apresentaram brotações com comprimentos pequenos, atrasando a realização de nova poda. Em plantas de Sombreiro o corte rente foi eficiente, não apresentando brotações. Ocorreu toxidez por Picloram em plantas de Pepino.

Palavras chave: Arborização urbana, poda, alumínio, inibidor de crescimento.

ABSTRACT

POLESE, Valéria. **Effect of growth inhibitors and of the type of pruning of plants used in the forestation**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2013. 76p. (Dissertation, Master of Science in Fitotecnia).

The present study looked for alternatives of growth handling and of pruning in plants used in the urban forestation, seeking to the decrease of conflicts of these with electric power spinings. In the chapter I experiments were accomplished with Flamboyant in soil and simple nutritious solution containing Al, with objective of studying handling alternatives seeking to reduce the growth and development of plantules Flamboyant. The aluminum atrophies roots could affect the growth. Six experiments were accomplished with plantules (soil and simple nutritious solution) in conditions of growth camera and vegetation house, Department of Fitotecnia - UFRRJ. In the soil experiments they were used two sources of sulfate of aluminum, being a commercial one and a pure source analytically, in the concentrations 0, 100, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹ in the soils Planossolo and Argissolo, with four repetitions. The experiments accomplished in simple nutritious solution just received calcium (0,001 mM) and they had as source AlCl₃ with doses that varied from 0,075 to 5,0 mM. Through the results of the chapter I was ended that in same or superior conditions of soil concentrations to 0,4 Cmol/dm³ of Al caused toxicity to the plantules of Flamboyant, with effects mainly in the length root, and in solution simple nutritious doses same or upper to 0,075 mM of AlCl₃ paralyzed the growth root. Al can be used as inhibitor of vegetable growth in plantules of Flamboyant. The chapter II had as objective studies the effects of the pruning and association with growth inhibitors in arboreal species. Four experiments were accomplished with the plants Sabiá, Sombreiro, and Cucumber (phytotoxicity Evaluation the herbicides). The experiments were installed in the Department of Fitotecnia-UFRRJ, Seropédica. In the experiment 1 (Sabiá) all the plants were cut off 2 m of height, and they were applied the treatments: control, 2,4-D+Picloram, and Picloram. In the experiment 2 (Sabiá) all the plants were pruned removing 1/3 of the cup and applying the treatments: control, HCl, AlCl₃, Picloram and nearby Cut (Without pruning of 1/3 of the cup). The experiment 3 (Sombreiro) had as treatments cut types in relation to the main trunk: nearby, leaving stub of 20 cm and of 40 cm. The experiment 4 (Pepino) it was installed in the originating from soil the first experiment with Sabiá. In the experiment 1, the treatment with Picloram delayed the beginning of the regrowth, important factor for the present study, so that they delay to arrive to the electric power spinning. In the experiment 2, just the treatment Picloram presented length and diameter of sprouts a little smaller in relation to the other treatments. In the experiment 3 it was verified that the nearby cut didn't present new budding until the 145 days after the pruning. In the experiment 4 the cucumber presented more intense toxicity in the treatment with Picloram. Was ended that Picloram and 2,4-D+Picloram were efficient for budding handling in adult plants of Sabiá, because they presented budding with small lengths, delaying the accomplishment of new pruning. In plants of Sombreiro the nearby cut was efficient, not presenting budding. It happened toxicity for Picloram in plants of Pepino.

Key words: Urban forestation, prunes, aluminum, growth inhibitor.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I.....	3
EFEITO DO ALUMÍNIO COMO INIBIDOR DE CRESCIMENTO EM PLANTAS DE FLAMBOYANT(<i>Delonix regia</i> ssp).....	3
Figura 1. Concentração de nutrientes no solo, após a coleta das plantas do experimento 1, em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas no solo.	13
Figura 2. Determinação do pH do solo no final do experimento 1 em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas no solo.	13
Figura 3. pH rizosférico de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio comercial. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 3,09 %. Experimento 1.	15
Figura 4. pH não rizosférico de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio comercial. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 4,41 %. Experimento 1.....	15
Figura 5. Concentração de nutrientes no solo ao final do experimento, em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas ao solo no início do experimento 2.	17
Figura 6. Determinação do pH do solo em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas ao solo. Experimento 2.....	17
Figura 7. Plântulas de Flamboyant aos 7 dias após o plantio, crescidas em solo adubado com diferentes doses de sulfato de alumínio comercial. As doses crescem da esquerda para a direita (0; 0,4; 1,1; 2,3 e 3,5 Cmol/dm ³). Experimento 3.	19
Figura 8. Plântulas de Flamboyant aos 10 dias após o plantio, crescidas em solo adubado com diferentes doses de sulfato de alumínio comercial. As doses crescem da esquerda para a direita (0; 0,4; 1,1; 2,3 e 3,5 Cmol/dm ³). Experimento 3.	19
Figura 9. Comprimento da raiz principal (mm) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 22,90 %. Experimento 3.	21
Figura 10. Diâmetro do ápice da raiz principal (mm) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 35,56 %. Experimento 3.	21
Figura 11. Altura da plântula (mm) de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras não diferem pelo teste Tukey (5%), CV =11,38 %. Experimento 3.....	22

Figura 12. Massa seca da raiz (g) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 18,21 %. Experimento 3.	22
Figura 13. Massa seca da parte aérea (g) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). A ausência de letras significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 12,99 %. Experimento 3.	23
Figura 14. pH da rizosfera de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 2,28 %. Experimento 3.	23
Figura 15. pH não rizosférico de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 4,36 %. Experimento 3.	24
Figura 16. Média das notas do corante Hematoxilina em raízes de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 3,24 %. Experimento 3.	24
Figura 17. Média das notas do corante Pirocatecol em raízes de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 10,82%. Experimento 3.	25
Figura 18. Concentração de nutrientes no solo em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas ao solo. Experimento 4.	25
Figura 19. Determinação do pH do solo em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Experimento 4.	26
Figura 20. Comprimento da raiz principal (mm) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 23,75%. Experimento 4.	27
Figura 21. Diâmetro do ápice da raiz principal (mm) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). A ausência de letras significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 48,07%. Experimento 4.	28
Figura 22. Altura de plântula (mm) de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 24,22%. Experimento 4.	28
Figura 23. Massa seca de raiz (g) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 27,92%. Experimento 4.	29

Figura 24. Massa seca de parte aérea (g) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV=16%. Experimento 4.	29
Figura 25. pH rizosférico de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 2,73%. Experimento 4.	30
Figura 26. pH não rizosférico de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 4,39%. Experimento 4. ...	30
Figura 27. Comprimento radicular (cm) de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de Alumínio (Fonte: AlCl ₃) em função do tempo de exposição. CV = 11,47; 10,95; 10,4 e 10,55%, respectivamente para 0, 48, 72 e 96 horas. Experimento 5.	31
Figura 28. Comprimento radicular (cm) de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de Alumínio (Fonte: AlCl ₃) em relação ao tempo de exposição. CV = 19,84; 20,89; 21,36 e 24,35, respectivamente para 0, 24, 48 e 72 horas. Experimento 6.	32
CAPITULO II.....	44
AVALIAÇÃO DA PODA E DE SUA ASSOCIAÇÃO COM INIBIDORES DE CRESCIMENTO EM DUAS ESPÉCIES ARBÓREAS	44
Figura 1. Número de brotos em plantas de Sabiá dias após o início do experimento.	53
Figura 2. Comprimento de brotos em plantas de sabiá aos 15 (A), 30 (B), 45 (C), 60 (D), 90 (E) e 180 (F) dias após a instalação do experimento. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 28,84; 43,38; 38,20; 44,70; 56,78; 55,29% respectivamente para as figuras 2.A, B, C, D, E e F.	54
Figura 3. Avaliações de diâmetro médio de brotos em plantas de Sabiá aos 45 (A), 60 (B), 90 (C) e 180 (D) dias após a instalação do experimento. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 15,37; 29,20; 37,70 e 39,60%, respectivamente para as figuras 3.A, B, C e D.	55
Figura 4. Planta de Sabiá do tratamento testemunha 45 dias após a instalação do experimento.....	55
Figura 5. Planta de Sabiá do tratamento com Picloram 45 dias após a instalação do experimento.....	56
Figura 6. Número médio de brotos após 30 e 60 dias após a instalação do experimento.....	56
Figura 7. Avaliação periódica do comprimento de brotos de Sabiá 30 (A) e 75 (B) dias após a instalação do experimento. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 54,52 e 39,06%, respectivamente para as figuras 7.A e B.	57

Figura 8. Avaliação periódica do diâmetro de brotos de Sabiá 30 (A) e 75 (B) dias após a instalação do experimento. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 40,12 e 26,72%, respectivamente para a figura 8.A e B.....	57
Figura 9. Número médio de brotos por planta aos 60, 75, 90, 105, 145 dias após a poda.	58
Figura 10. Avaliação do comprimento médio de broto por planta realizada aos 60 (A), 75 (B), 90 (C), 105 (D) e 145 (E) dias após a poda. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 125,86; 124,67; 93,26; 63,02 e 22,48%, respectivamente para as figuras 10.A, B, C, D e E.	59
Figura 11. Diâmetro médio de broto por planta realizada aos 60 (A), 75 (B), 90 (C), 105 (D) e 145 (E) dias após a poda. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 119,69; 120,90; 85,18; 50,72 e 29,20%, respectivamente para as figuras 11.A, B, C, D e E.....	60
Figura 12. Tipo de corte rente aos 145 dias após a instalação do experimento.	61
Figura 13. Tipo de corte com toco de 20 cm aos 145 dias após a instalação do experimento.....	61
Figura 14. Tipo de corte com toco de 40 cm aos 145 dias após a instalação do experimento.....	61
Figura 15. Comprimento de parte aérea de Pepino em relação aos tratamentos Testemunha, Picloram+2,4-D, e Picloram. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 15,86%.....	61
Figura 16. Plantas de Pepino do tratamento com Picloram.	62
Figura 17. Massa seca de parte aérea de Pepino em relação aos tratamentos Testemunha, Picloram+2,4-D, e Picloram. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 33,56%.....	62
Figura 18. Massa seca de raiz de Pepino em relação aos tratamentos Testemunha, Picloram+2,4-D e Picloram. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 62,56%.	63

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I.....	3
EFEITO DO ALUMÍNIO COMO INIBIDOR DE CRESCIMENTO EM PLANTAS DE FLAMBOYANT (<i>Delonix regia</i>).....	3
Tabela 1. Análise completa do sulfato de alumínio comercial.....	11
Tabela 2. Concentração de nutrientes da raiz de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio comercial (kg ha^{-1}). Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.....	14
Tabela 3. Concentração de nutrientes da parte aérea de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio comercial (kg ha^{-1}). Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.....	14
Tabela 4. Comprimento e diâmetro do ápice radicular, altura de plântula, massa seca de raiz e de parte aérea em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicado ao solo (kg ha^{-1}). A ausência de letras nas colunas significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.....	14
Tabela 5. Concentração de nutrientes da raiz de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio PA (kg ha^{-1}). Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.....	16
Tabela 6. Concentração de nutrientes da parte aérea de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio PA (kg ha^{-1}). Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.....	16
Tabela 7. Comprimento e diâmetro do ápice radicular, altura de plântula, massa seca de raiz e de parte aérea, pH rizosférico e não rizosférico em função das doses de sulfato de alumínio PA aplicado ao solo. A ausência de letras nas colunas significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.....	16
Tabela 8. Comprimento e diâmetro do ápice radicular, altura de plântula em função das doses de sulfato de alumínio comercial (kg ha^{-1}). A ausência de letras nas colunas significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 2.....	18
Tabela 9. Comprimento e diâmetro do ápice radicular, altura de plântula em função das doses de sulfato de alumínio PA (kg ha^{-1}). A ausência de letras nas colunas significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 2.....	18
Tabela 10. Concentração de nutrientes de raízes de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 3.....	20
Tabela 11. Concentração de nutrientes da parte aérea de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). A	

ausência de letras nas colunas significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 3.	20
Tabela 12. Concentração de nutrientes da raiz de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 4.	26
Tabela 13. Concentração de nutrientes da parte aérea de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 4.	27
Tabela 14. Equação de regressão que melhor definiu a tendência da característica avaliada, para os experimentos 3 e 4.	31
CAPITULO II.....	44
AVALIAÇÃO DA PODA E DE SUA ASSOCIAÇÃO COM INIBIDORES DE CRESCIMENTO EM DUAS ESPÉCIES ARBÓREAS	44
Tabela 1. Dados médios do diâmetro a altura do peito (DAP) das árvores de cada tratamento e diâmetro médio dos galhos podados (DGTP) de cada tratamento do experimento.....	52
Tabela 2. Dados de temperatura, umidade relativa e precipitação nos meses de 2012, época da realização dos experimentos.	52

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I.....	3
EFEITO DO ALUMÍNIO COMO INIBIDOR DE CRESCIMENTO EM PLANTAS DE FLAMBOYANT (<i>Delonix regia</i>).....	3
1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1. Experimento 1	9
2.2. Experimento 2	11
2.3. Experimento 3	12
2.4. Experimento 4.....	12
2.5. Experimento 5	12
2.6. Experimento 6.....	12
3. RESULTADOS.....	12
3.1. Experimento 1 (Planossolo).....	12
3.1.1. Experimento 1 - Fonte de sulfato de alumínio comercial	12
3.1.2. Experimento 1 - Fonte de sulfato de alumínio analiticamente puro.....	15
3.2.1. Experimento 2 - Fonte de sulfato de alumínio comercial	17
3.2.2. Experimento 2 - Fonte de sulfato de alumínio analiticamente puro	18
3.3. Experimento 3 - Planossolo e fonte de sulfato de alumínio comercial.....	18
3.4. Experimento 4 - Planossolo e fonte de sulfato de alumínio comercial.....	25
3.5. Experimento 5 (Solução nutritiva)	31
3.6. Experimento 6 (Solução nutritiva)	32
4. DISCUSSÃO	32
5. CONCLUSÕES.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CAPITULO II.....	44
AVALIAÇÃO DA PODA E DE SUA ASSOCIAÇÃO COM INIBIDORES DE CRESCIMENTO EM DUAS ESPÉCIES ARBÓREAS	44
1. INTRODUÇÃO	47
2. MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1. Experimento 1 – Sabiá.....	51
2.2. Experimento 2 – Sabiá.....	51
2.3. Experimento 3 - Sombreiro.....	52
2.4. Experimento 4 – Pepino.....	52

3. RESULTADOS.....	53
3.1. Experimento 1 – Sabiá.....	53
3.2. Experimento 2 – Sabiá.....	56
3.3. Experimento 3 - Sombreiro.....	58
3.4. Experimento 4 – Pepino.....	61
4. DISCUSSÃO	63
5. CONCLUSÕES.....	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
CONCLUSÕES GERAIS	75

INTRODUÇÃO GERAL

A arborização urbana é de grande importância para o bem estar do ambiente como um todo, desenvolvendo conforto térmico, significando qualidade de vida para a população. Esta exerce um importante papel na absorção de gás carbônico e liberação de oxigênio, melhorando a qualidade do ar urbano, além da função física de oferta de sombra e proteção térmica. A presença de vegetação nas cidades proporciona melhorias de ordem social e microclimática, minimiza a poluição hídrica, visual e sonora, além de propiciar condições para a manutenção da flora e fauna (GREY e DENEKE, 1978; MASCARÓ e MASCARÓ, 2002). A qualidade de vida na cidade está diretamente relacionada com a preservação dos elementos naturais ainda existentes no meio urbano. Neste sentido, a presença do verde é um fator fundamental para garantir e melhorar o conforto e o bem-estar dos cidadãos (OLIVEIRA, 1996).

Plantas como Flamboyant, Sabiá e Sombreiro são comumente utilizadas na arborização de cidades e em áreas rurais. Estas espécies são de grande interesse para recuperação de áreas degradadas, pois são lenhosas e se adaptam bem a diversas regiões. Pertencem à família Fabaceae, sendo capazes de fazer associações simbióticas com bactérias do gênero *Rhizobium*, que fixam nitrogênio atmosférico e o fornecem para a planta. Foram realizados estudos de fixação biológica de nitrogênio com espécies florestais desta família, como *Mimosa escrabella*, *Inga marginata* (GONÇALVEZ et al., 1996), *Mimosa caesalpiniaefolia* (GOI et al., 1997), *Acacia mangium* (JACOB NETO, et al., 1988).

Arborizar uma cidade sem critérios traz prejuízos tanto ao poder público (POSSEBON, et al., 1999) quanto à população. A valorização dos benefícios que as plantas trazem aos habitantes das cidades é muito recente (fim do século XIX). Existe uma longa história de valorização de tudo o que é civilizado e urbano, e a depreciação pelo que é natural e selvagem (SALATINO, 2001).

A quantificação do efeito positivo das árvores no meio urbano é um importante pré-requisito para o manejo da vegetação a fim de aperfeiçoar os serviços ambientais oriundos da arborização (NOWAK e CRANE, 2000).

Poucas cidades brasileiras possuem um planejamento efetivo para arborização de suas vias públicas. O quadro atual da população de árvores é representado em grande parte por plantio de espécies em vias públicas de forma inadequada sob linhas de distribuição de energia elétrica ou telefone. Estando sob estas linhas, freqüentemente necessitam de podas para evitar o contato direto com as mesmas. As empresas, especialmente as de energia elétrica, despendem anualmente um enorme esforço físico e financeiro para manter estas árvores livres de conflitos com as fiações. Outros danos a serem considerados são as danificações às calçadas, casas e edifícios, além da possibilidade da queda de galhos sobre carros e pedestres.

Para que as árvores cumpram com suas funções no ambiente urbano, mantendo-se em estado adequado e sadio, é necessária a adoção de práticas sistematizadas de manutenção, dentre as quais está a poda, que deve ser conduzida por profissionais treinados e norteada por conhecimentos técnico-científicos (MILANO e DALCIN, 2000). A poda é uma prática que elimina ramos ou partes de ramos de uma planta, para que ela adquira as formas compatíveis com a finalidade desejada. Esta povoca uma alteração, não só na forma como na fisiologia da planta, o que justifica uma explicação sobre os princípios fisiológicos e anatômicos, sobre os quais esta prática se baseia. Para tanto, é necessário que o operador (técnico) tenha um perfeito conhecimento da espécie e do estado fisiológico em que a planta se encontra.

No presente trabalho foram propostos alguns estudos de alternativas de manejo de crescimento e de poda em espécies plantas no ambiente urbano. Foram estudadas três importantes espécies, o Flamboyant, o Sabiá e o Sombreiro. Na primeira proposta (Capítulo I) será abordada a utilização do efeito fitotóxico “moderado” do alumínio aplicado ao solo com objetivo de manejar o crescimento e desenvolvimento de plântulas de Flamboyant, sem causar a morte destas plantas. A segunda proposta (Capítulo II) é a utilização de técnicas de poda mais apuradas e a sua associação com aplicação de inibidores de crescimento na área do corte após a realização da poda, como o 2,4-D, o Picloram e o alumínio, avaliando a incidência de novas brotações. Após a poda ocorre uma grande emissão de novas brotações, visível nas proximidades da região podada, que vem a entrar em contato com as fiações de energia elétrica. Através da diminuição do crescimento de plantas de Flamboyant e da incidência de novas brotações em plantas podadas, se evitaria conflito com fiações de energia elétrica, prédios entre outros, ajudando para que estas cumpram seu papel no ambiente urbano, além da diminuição dos altos gastos financeiros com poda. Levantamentos promovidos pelas empresas cooperadas, LIGHT e AMPLA, revelam custos de aproximadamente R\$ 48 milhões com serviços de poda em árvores quando em contato com rede elétrica convencional tanto primária quanto a secundária (LIGHT, 2011). VELASCO (2003) observou para CEMIG/MG que a parcela de manutenção preventiva referente à poda, foi de R\$ 68,82/km para a rede convencional e R\$ 14,12/km para a rede compacta; para a CPFL, independente do sistema de distribuição de energia elétrica, o custo referente à rede primária foi R\$ 20/árvore e à rede secundária de R\$ 6,00/árvore; e para a MEDRAL, empresa terceirizada pela LIGHT, a poda por árvore foi de R\$ 32,02/árvore.

Antes de iniciar o presente trabalho, foram realizadas várias visitas no estado do Rio de Janeiro, fazendo um acompanhamento dos serviços executados e das metodologias utilizadas pelas equipes de poda contratadas pelas concessionárias de energia elétrica do Rio de Janeiro, AMPLA e LIGHT.

Assim, a importância da arborização urbana, as condições em que a planta se encontra neste ambiente, e os altos gastos com manejo destas justificam o presente estudo.

CAPÍTULO I

EFEITO DO ALUMÍNIO COMO INIBIDOR DE CRESCIMENTO
EM PLANTAS DE FLAMBOYANT
(Delonix regia)

RESUMO

POLESE, Valéria. **Efeito do alumínio como inibidor de crescimento em plantas de Flamboyant (*Delonix regia*)**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2013. 76p (Dissertação, Mestrado em Fitotecnia).

O objetivo deste trabalho foi estudar alternativas de manejo visando diminuir o crescimento e desenvolvimento de Flamboyant, planta largamente utilizada na arborização urbana. O Alumínio foi utilizado como uma possível alternativa de manejo, de modo a inibir o crescimento. Este elemento atrofia raízes podendo afetar o crescimento vegetativo. Foram realizados seis experimentos com plântulas, sendo quatro vasos utilizando como substrato os solos (Planossolo e Argissolo) e dois em solução nutritiva. Os experimentos foram instalados em condições de câmara de crescimento e casa de vegetação, no Departamento de Fitotecnia - Laboratório de Química da Rizosfera- UFRRJ. Nos experimentos com solo foram utilizadas duas fontes de sulfato de alumínio, sendo uma comercial (Marca: Propiscinas) e um fonte pura analiticamente, nas concentrações 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ em solo Planossolo e Argissolo e com quatro repetições. Outros dois experimentos foram realizados em solução nutritiva simples utilizando apenas cálcio na concentração de 0,001 mM e concentrações de alumínio aplicadas como AlCl₃ com doses que variaram de 0,075 a 5,0 mM. Conclui-se que concentrações iguais ou superiores a 0,4 Cmolc/dm³ de Al em condições de solo causaram toxicidade às plântulas de Flamboyant, com efeitos no comprimento radicular, diâmetro do ápice radicular, altura de plântula, massa seca de raiz, nutrientes na raiz e na parte aérea, além de pH rizosférico e não rizosférico. Em solução nutritiva simples doses iguais ou superiores a 0,075 mM de AlCl₃ paralisaram o crescimento radicular. O Al pode ser utilizado como inibidor de crescimento vegetal em plântulas de Flamboyant. As doses de alumínio utilizadas demonstraram que as plântulas de Flamboyant são sensíveis a este elemento, alterando inclusive as concentrações de cálcio, fosforo e magnésio nos tecidos, semelhante a outras plantas cultivadas.

Palavras chave: Arborização urbana, poda, alumínio, inibidor de crescimento.

ABSTRACT

POLESE, Valéria. **Effect of the aluminum as growth inhibitor in plants of Flamboyant (*Delonix regia*)**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2013. 76p. (Dissertation, Master of Science in Fitotecnia).

The objective of this work was it of studying handling alternatives seeking to reduce the growth and development of Flamboyant, it plants broadly used in the urban forestation. The Aluminum was used as a possible handling alternative, in way to inhibit the growth. This element atrophies roots could affect the vegetative growth. Six experiments were accomplished with plantules, being four vases using soils (Planossolo and Argissolo) and two in nutritious solution. The experiments were installed at conditions of growth camera and vegetation house, in the Department of Fitotecnia - Laboratory of Chemistry of Rhizosphere of UFRRJ. In the soil experiments they were used two sources of sulfate of aluminum, being a commercial one (it Marks: Propiscinas) and a pure source analytically, in the concentrations 0, 100, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹ in soil Planassolo and Argissolo and with four repetitions. Other two experiments were accomplished in simple nutritious solution just using calcium in the 0,001mM concentration and concentrations of aluminum applied like AlCl₃ with doses that varied from 0,075 to 5,0 mm. Was ended that concentrations same or upper to 0,4 Cmolc/dm³ of Al in soil conditions caused toxicity to the plantules of Flamboyant, with effects in the length root, diameter of the apex root, plantule height, mass dries of root, nutritious in the root and in the aerial part, besides pH rhizosphere and no rhizosphere. In solution simple nutritious doses same or superior to 0,075 mM of AlCl₃ paralyzed the growth radicular. Al can be used as inhibitor of vegetable growth in plantules of Flamboyant.

Key words: Urban forestation, prunes, aluminum, growth inhibitor.

1. INTRODUÇÃO

A arborização exerce grande importância no ambiente urbano, trazendo muitos benefícios, como na absorção de gás carbônico, melhoria da qualidade do ar urbano, proteção térmica, oferta de sombra, minimização da poluição hídrica, visual e sonora, além de propiciar condições para a manutenção da flora e fauna (GREY e DENEKE, 1978; MASCARÓ e MASCARÓ, 2002), porém existe uma grande dificuldade de manejar essas plantas, que muitas vezes encontram-se em locais inadequados, suprimidas por prédios, calçadas, fiações de energia elétrica, telefonia e TV a cabo.

O Flamboyant, *Delonix regia* spp, é uma árvore muito utilizada na arborização de cidades, devido às suas belíssimas flores de cor vermelha, vermelho-alaranjada e amarela, o que a torna bastante ornamental. Conhecida também como flor-do-paráiso, e acácia-rubra, é uma árvore da família Fabaceae, originária de Madagascar, considerada uma espécie florestal exótica, sendo adaptada às condições ambientais de clima tropical (CÓRREA, 1978). Possui altura de 7 a 10 m, o que pode inclusive afetar as linhas de distribuição de energia elétrica, e causar danos. Suas raízes, por serem muito superficiais, podem provocar danos a calçadas e pavimentos. A árvore de Flamboyant geralmente tem copa larga e com crescimento relativamente rápido, e apresenta folhas caducifólias. O seu fruto é do tipo vagem, de coloração castanho-escuro, possui tamanho avantajado e permanece na árvore por mais de seis meses. A semente é dura, alongada, com 1,70 cm de comprimento em média (LORENZI, 2000).

No presente trabalho o alumínio foi utilizado em flamboyant como uma alternativa de manejo de crescimento. O alumínio é um dos grandes constituintes dos minerais do solo, sendo o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre (RENGEL, 1992). Grande parte do alumínio está incorporada nos minerais aluminossilicatos do solo e uma pequena quantidade aparece em formas solúveis capazes de influenciar os sistemas biológicos (MAY e NORDSTROM, 1991). Em geral, os solos brasileiros apresentam baixa fertilidade, muitos deles, possuindo níveis de elementos considerados tóxicos para as plantas. Dentre estes, o alumínio que combinado com o pH baixo, pode ser um dos principais fatores de declínio das plantas cultivadas. Segundo SOBRAL (1992) os solos das regiões tropicais e subtropicais são em sua maioria, bastante intemperizados, possuidores de um complexo bastante baixo de troca cátions e presença de alumínio em concentrações tóxicas que limitam a produtividade agrícola. A maioria das plantas não crescem em concentrações acima de 0,3 Cmol_c de alumínio por dm³ de solo, algumas apenas são tolerantes (ALMEIDA et al., 1988). Na agricultura, de forma geral, a toxidez do alumínio tem sido corrigida pelo uso de calagem e de cultivares tolerantes (ROSSIELLO e JACOB-NETO, 2006). A correção de alumínio no solo na parte superficial é facilmente manipulável pelo homem, entretanto, nas camadas mais profundas do solo esta é mais dificultada. A alternativa para recuperar a fertilidade nestas camadas é a incorporação de corretivos e fertilizantes. As técnicas atualmente disponíveis para este fim são dificultadas pelo manejo da aplicação, para controlar adequadamente o alumínio permutável nas camadas mais profundas dos solos. Outra razão que pode estar associada à correção do alumínio está ligada os custos dos corretivos e de sua aplicação, geralmente em grandes áreas, que por sua vez pode estar localizada longe da fonte de adubo corretivo (BALBINO, 2010).

O Al é absorvido em grande parte na forma do íon trivalente (Al³⁺), ou mais corretamente (Al(OH)₆³⁺). A maior parte do Al que penetra nas raízes (cerca de 99% do total) fica retida nas paredes celulares, pelas cargas negativas de grupos carboxílicos livres de pectinas (TAYLOR et al., 2000) ou precipita na forma de fosfato de Al

(JACOB-NETO, 2003; ZHENG et al., 2005). No citoplasma, em função do pH prevalente (7,0-7,5) assume a forma de íon aluminato ($Al(OH)_4^-$), precipita com fosfato, é complexado por ligantes orgânicos como ATP, ácidos orgânicos, compostos fenólicos etc, ou então é "sequestrado" na forma de complexo com ácidos orgânicos dentro de vacúolos (JACOB-NETO, 1993; MIYASAKA et al., 2007).

Estudos de Al em plantas são dificultados pela complexidade do metal em solução aquosa, pela falta de melhor conhecimento da especiação do alumínio (KOCHIAN, 1995). A ocorrência e as atividades químicas das diversas formas de alumínio em solução são reguladas pela inter-relação das variáveis: pH, composição e força iônica total da solução (ROSSIELO e JACOB-NETO, 2006).

O uso de soluções nutritivas para avaliar a toxidez do Al apresenta diversos problemas, como a precipitação do Al pelo acréscimo de alcalinidade para ajuste do pH ou pela adição de P (BLAMEY, et al., 1987), pela remoção do Al por quelantes usados para fornecer Fe, ou precipitação deste devido ao aumento do pH da solução causado pelo efeito das raízes (SHUMAN et al., 1993). A utilização de soluções nutritivas simples, desprovidas dos nutrientes essenciais, exceto Ca, é própria para estudos de curta duração, que normalmente utilizam plântulas com poucos dias de germinação, com reservas para sustentar seu crescimento inicial (ROSSIELO e JACOB-NETO, 2006), vindo a manifestar mais rapidamente os efeitos de fitotoxidez do Al. Soluções nutritivas completas, com Ca e Mg dentre outros nutrientes, vem a aumentar a força iônica da solução, além de competirem com o Al pelos sítios eletronegativos tanto na superfície da membrana plasmática quanto na parede celular (KINRAIDE, 1993).

A influência da toxidez do Al sobre o desenvolvimento do sistema radicular e na interferência da absorção de nutrientes tem sido apresentada como uma das principais causas da baixa produtividade de muitos desses solos (KAMPRATH, 1967). Normalmente, o efeito tóxico do Al é notado em raízes de plantas antes que qualquer sintoma possa ser evidente na parte aérea. As plantas ao serem afetadas pelo cátion tóxico apresentam, com frequência, sintomas de déficit nutricional (fósforo, potássio, cálcio e magnésio), uma vez que o Al interfere no processo de absorção, translocação e transporte de nutrientes (JACOB-NETO, 1993, SIVAGURU et al., 1999, FREITAS et al., 2006). O limitado crescimento das raízes restringe a absorção de nutrientes e água, o que pode afetar consideravelmente o rendimento das culturas em solos com baixa fertilidade (FOY, 1992).

O sintoma primário e mais evidente da toxicidade do Al em vegetais é a inibição do alongamento radicular (RENGEL, 1992; CHANDRAN et al., 2008), provavelmente como resultado da indução de distúrbios na divisão celular no meristema apical das raízes (TAYLOR, 1988). O excesso de alumínio inibe a formação normal de raízes, tornando-as engrossadas, inchadas, com coloração marrom, menos ramificadas, quebradiças e ocasionalmente com manchas necróticas (FOY, 1992). CAMARGO et al., (1998) verificaram que o alumínio causa mudanças severas e irreversíveis na parede celular, induzindo a lignificação do ápice radicular de trigo, e causando inibição do alongamento celular (FOY, 1983).

Em estudos com plantas de pinhão manso, sob diferentes doses de alumínio em solução nutritiva, buscando característica de adaptação a solos com baixa fertilidade, verificou que doses superiores a 3 mg L^{-1} foram as mais prejudiciais ao crescimento da cultura (MACEDO et al., 2010). Em plantas de arroz ocorreu redução do crescimento radicular quando expostas as concentrações crescentes de Al em solução nutritiva (VASCONCELOS, 1997), o mesmo ocorrendo em soja (JACOB-NETO, 1993).

Em estudos envolvendo exposições mais longas do sistema radicular, a toxidez se manifesta por meio de um conjunto de sintomas que expressa o efeito contínuo do Al

no crescimento do sistema radicular, da parte aérea e na absorção e utilização de nutrientes (FAGERIA, 1988), incluindo também reduções de peso de massa seca e altura da planta (SIVAGURU e PALIWAL, 1993).

WAGATSUMA et al., (1987) mostraram que danos causados pelo Al nas raízes de diversas espécies não estavam restritos ao meristema radicular e sugeriram que os danos observados na células adjacentes da coifa eram associados aos danos a plasmalema das células da epiderme e do córtex.

Quando aumentada a concentração de Al na solução, associada ao pH baixo, ocorre redução nos índices de matéria seca e fresca das raízes, bem como da parte aérea. O pH na rizosfera pode ser alterado devido ao desequilíbrio eletroquímico das células, ocorrendo liberações de H^+ , resultantes da maior absorção de cátions, em relação a ânions; produção e hidrólise de CO_2 , pela respiração radicular e troca protônica associada a grupos carboxílicos; além da liberação de prótons por microrganismos associados à raiz. Esta liberação de OH^- é devido a maior absorção e assimilação de ânions em relação aos cátions (RAVEN e SMITH, 1976; WILKINSON, 1989; RAVEN et al., 1990; NOLLA et al., 2007).

Os efeitos do Al nas folhas são indiretos, que devido às efeitos causados ao sistema radicular, influenciam a biossíntese de clorofila, podendo ficar amareladas, arroxeadas nas bainhas e margens do limbo e apresentar atrofiamento pela deficiência de fósforo, ou enrolarem suas folhas jovens, colapsar o ápice e o pecíolo da planta, caracterizando sintomas de deficiência de cálcio. Os decréscimos nos teores de clorofila dependem da espécie, do cultivar, tempo de exposição e concentração de Al na solução nutritiva (FOY, 1974; BEN ET al., 1976; CODOGNOTTO et al., 2002; PEIXOTO et al., 2007). Sintomas ligados à deficiência de fósforo são: redução geral no crescimento, redução do perfilhamento, menor tamanho de folhas que adquirem cor verde escura, atraso na sua maturidade, amarelecimento, morte dos ponteiros (FOY, 1983).

Em estudos com 75 genótipos de cereais de inverno suscetíveis ao Al^{3+} , PORTALUPPI (2010) observou sintomas como raízes atrofiadas, folhas amareladas, formação de espigas rudimentares, com poucas ou até mesmo sem espiguetas. Segundo SANTOS et al., (2010) à medida que se aumentavam as doses de alumínio tóxico na solução nutritiva, a rúcula apresentou limitação com relação ao comprimento do sistema radicular. O aumento do crescimento radicular em baixos níveis de alumínio pode estar relacionado à sua neutralização nas células das raízes da planta (SILVA et al., 2011). O Al pode ter sido complexado por ácidos orgânicos (SILVA, 2008) e mantido inativo no citoplasma, nos vacúolos (TAYLOR, 1988), prevenindo os seus efeitos negativos nos processos metabólicos.

Uma alternativa para seleção de plantas, quanto à tolerância ao Al, é o uso de corantes como Hematoxilina e Pirocatecol em raízes de plântulas, usada para selecionar grandes populações de plantas e milhares de linhagens em programas de melhoramento (POLLE et al., JACOB NETO, 1993). É um método simples, rápido e que requer espaço e trabalhos mínimos. Em muitas espécies de interesse econômico, normalmente plantas agrícolas, têm sido encontrada alta correlação positiva entre a fitotoxicidade de Al na fase inicial de crescimento de plantas e a fase adulta destas em ambientes ácidos (GARLAND-CAMPELL e CARTER, 1990).

Na arborização, a manutenção destas plantas, muitas das vezes inclui tomada de medidas que impedem seu crescimento e desenvolvimento, podas e até mesmo o impedimento do seu desenvolvimento radicular. Na maioria dos casos estas técnicas devem ser executadas sem causar a morte da planta, devido a sua importância das árvores para o meio urbano. A poda e suas diferentes facetas é a mais utilizada técnica de manejar o crescimento de plantas no meio urbano, entretanto esta é trabalhosa e

dispendiosa, principalmente para o setor de energia elétrica que necessita manter linhas de distribuição sem o contato direto com estas plantas. Em plantas de interesse econômico, principalmente agrícolas, são utilizados produtos químicos que inibem seu crescimento parcial, total ou que até mesmo que estimule brotações (BOTELHO et al., 2004; CALDEIRA et al., 2012), porém o uso destes produtos no meio urbano no Brasil possui restrições legais.

As empresas de energia elétrica, pela legislação no estado do Rio de Janeiro, procuram manter suas linhas de distribuição sem contato direto com árvores e arbustos, devido ao perigo da interrupção do fornecimento de energia elétrica aos consumidores. Ao longo dos anos, a prática de poda ou mesmo a erradicação de espécies sob linhas de distribuição tem sido os métodos mais utilizados.

O uso do alumínio foi a idéia central deste estudo visando sua utilização como um possível inibidor de crescimento de plantas de Flamboyant. Não foram encontrados na literatura trabalhos mostrando o efeito fitotóxico do Al para esta planta visando causar toxicidade moderada. Foi utilizada uma fonte comercial de sulfato de alumínio, de menor custo, se comparada ao produto sulfato de alumínio puro analiticamente, pois viabilizaria a alternativa de manejo, se esta fosse eficiente em condições de campo.

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito do alumínio no crescimento de plântulas de Flamboyant utilizando fontes de Al adicionadas ao solo e a solução nutritiva, visando buscar uma alternativa de manejo para inibir ou retardar o crescimento e desenvolvimento destas plantas, para que no ambiente urbano não venham a causar conflitos, evitando assim os altíssimos gastos com podas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados seis experimentos com plântulas de Flamboyant (*Delonix regia* spp). Os experimentos 1, 2, 3, 5 e 6 foram instalados em condições de câmara de crescimento (Laboratório de Química da Rizosfera), mantidos a 400 Lux e fotoperíodo de 12h/12h, sob temperaturas de 31°C durante o dia e 20°C a noite. Apenas o experimento 4 foi instalado na casa de vegetação do setor de Horticultura no Departamento de Fitotecnia-UFRRJ, a 22°45'54.52"Sul de latitude 43°41'52.50"O de longitude de Greenwich, com temperaturas de 39,5°C durante o dia e de 20°C à noite.

Em todos os experimentos as sementes de Flamboyant foram desinfestadas com hipoclorito de sódio 0,5% durante dois minutos e lavadas com água destilada deionizada, sendo posteriormente escarificadas utilizando lixa nº100. As sementes foram coletadas de uma única planta matriz de Flamboyant (*Delonix regia* spp) para homogeneização do padrão genético das sementes.

2.1. Experimento 1

Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, utilizando 5 tratamentos de sulfato de alumínio - $Al_2(SO_4)_3$ (0, 100, 200, 300, 400 kg ha⁻¹) com 4 repetições (4 vasos), foram utilizadas duas fontes sulfato de alumínio: analiticamente puro (P.A. - Marca: VETEC) e comercial (Marca: Propiscinas – SP, vide Tabela 1). Os cálculos das doses para os experimentos 1 e 2 baseou-se que em 1 hectare possui 2.000.000 kg de solo, considerando uma camada de 20 cm. Sabendo-se que o produto comercial continha 10,25% de Al na forma de sulfato de alumínio, fez-se os cálculos das quantias do sulfato de alumínio P.A. a ser aplicado de forma equivalente. Na tabela 1 encontram-se as análises da fonte de Al comercial

utilizada (Realizada pelo Instituto Campineiro de Análises de Solos e Produtos, Campinas-SP).

Para a realização do experimento 1 foram coletados os primeiros 20 cm de um perfil de um solo classificado como Planossolo (RAMOS et al., 1973), localizado em uma área da UFRRJ. A análise deste solo, antes da aplicação de sulfato de alumínio, teve como resultados de K, Ca, Mg, e Al respectivamente 0,08; 2,2; 0,4 e 0 $\text{Cmol}_c/\text{dm}^3$, e para P e Na, respectivamente 9 e 12 mg/dm^3 . Estas análises foram realizadas pelo Laboratório de Solos da PESAGRO, Seropédica/RJ. Depois de coletado, o solo foi passado em peneira de 2,50 mm mesh, posteriormente o solo foi adubado com o alumínio e colocado em vasos não furado, com capacidade de 1 kg. Esta mistura foi deixada por três dias para homogeneização, antes do plantio. O plantio foi realizado com quatro sementes por vaso, sendo posteriormente desbastados, deixando apenas três plântulas. A irrigação foi realizada diariamente, até que o solo atingisse a capacidade de campo. O solo não foi adubado com nutrientes, apenas com alumínio. A coleta de plantas do experimento com análise destrutiva foi realizada 20 dias após a germinação, foi realizada fazendo avaliações de altura de plantas (mm), diâmetro de ápice radicular (mm), comprimento radicular (mm). O diâmetro foi medido utilizando um Paquímetro. Foram coletadas raiz e parte aérea, que foram secas em estufa sem ventilação forçada a 60° C, até estabilização do peso da massa seca do material. O pH da rizosfera foi determinado após a retirada do solo aderido as raízes. Para a medição do pH foi colocada uma parte de solo medida em volume para duas de água deionizada, em volume, que foi agitado com bastão de vidro individual, deixando-a em repouso por um período de uma hora. Após esse período, cada amostra foi agitada novamente com o bastão de vidro, sendo colocado o eletrodo na suspensão homogeneizada para a leitura do pH com o peagâmetro (potenciômetro), previamente calibrados em solução tampão (EMBRAPA, 1997). O solo não rizosférico foi coletado da parte do solo sem contato direto das raízes, sendo o pH medido como descrito acima.

A metodologia de corantes no sistema radicular, para avaliação da tolerância ao alumínio em plantas, foi realizada no experimento 3, utilizando para a coloração das raízes de flamboyant os corantes químicos pirocatecol – 1 (JACOB-NETO, 1993) e hematoxilina (POLLE et al., 1978). A solução estoque de violeta de pirocatecol foi preparada com a concentração de 1,1 mM. A solução estoque de hematoxilina foi preparada pela dissolução de 2 g de hematoxilina e 0,2 g de KNO_3 em 1L de água deionizada, além de uma gota de KOH 0,1 mol L^{-1} para facilitar a dissolução do corante. As soluções para coloração das raízes das plântulas foram preparadas pela diluição de 5 mL da solução estoque de hematoxilina em 20 mL de água deionizada e 1 mL da solução estoque de violeta de pirocatecol em 24 mL de água deionizada.

Para avaliar a coloração das raízes, as plântulas foram colocadas em água deionizada por 30 minutos, a fim de retirar o excesso de alumínio, e depois colocadas por 15 minutos na solução do corante. A avaliação da coloração ocorreu 20 minutos após a retirada da mesma, sendo as plântulas colocadas sobre papel branco na temperatura ambiente. A avaliação da coloração foi realizada por análise visual da tonalidade de azul, através de notas que variaram de 1 a 5 sendo 1 raízes sem cor (sem Al) e 5 o tom de azul mais intenso entre as raízes e 2, 3 e 4 as intensidades medianas de azul. Quanto maior a nota, maior a presença do Al nas raízes. As notas foram obtidas através da media de quatro avaliadores selecionados ao acaso.

A determinação de nutrientes da raiz e da parte aérea baseou-se na metodologia de digestão que foi realizada para determinação dos macronutrientes (P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) e do sódio (Na^+). Para tanto, toma-se 0,250 g de tecido vegetal em tubo de teflon de 75 ml, adiciona-se 9 ml de HNO_3 , e após vedado, o tubo é submetido a aquecimento por

micro-ondas. O digestor utilizado foi da marca MARS XPRESS®, programado de acordo com o método 3052A (USEPA, 1996) para potência de 1600 W, atingindo 180 °C em 5,5 minutos, permanecendo nesta temperatura por mais 9,5 minutos. Após digerida, a amostra foi diluída à 50 ml com água mili-Q®, sendo realizadas as leituras de Na⁺ e K⁺ por fotometria de emissão, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al por espectrofotometria de absorção atômica e o P por colorimetria do metavanadato (MALAVOLTA et al., 1997). Para controle de qualidade da abertura das amostras e das análises, foram analisadas adicionalmente, amostras de tecido vegetal (folha de tomate) com teores de metais certificados (National Institute of Standards and Technology - NIST). A recuperação de cada metal foi obtida pelo quociente entre os valores certificados com os encontrados nas análises. Quando a massa de tecido não foi suficiente para análise, repetições foram somadas o que ocorreu no 3 e 4. Todas as análises de material vegetal e as análises de solos após a coleta dos experimentos foram realizadas pelo Laboratório de Solo e Planta-Departamento de Solos-IA.

Tabela 1. Análise completa do sulfato de alumínio comercial.

Determinação	Análise	Resultado
Nitrogenio	%	0,23
Proteína	prot.	ND
Fósforo	ac organico	ND
Fósforo	citrato+água	ND
Fósforo	agua	ND
Fósforo	total %	0,01
Potássio	K ₂ O mg/kg	135,85
Cálcio	%	0,07
Magnésio	mg/ kg	15
Enxofre	%	18,5
Ferro	%	0,35
Manganês	%	0,07
Cobre	mg/kg	1
Zinco	mg/kg	1
Boro	mg/kg	10
Sódio	%	0,2
Cobalto	mg/kg	1
Molibdenio	mg/kg	23
Alumínio	%	10,25
Umidade	U 65%	5,76
Umidade	U 100%	14,63
Densidade	kg/dm ³	0,99
Relação C/N		0,87
pH		2,63

*ND - não detectado.

2.2. Experimento 2

Este foi realizado seguindo os mesmos procedimentos e metodologias utilizadas no experimento 1, diferindo o solo, que neste foi utilizado um Argissolo (RAMOS, et al., 1973). Foi realizada a análise deste solo antes da aplicação do sulfato de alumínio, que teve como resultados de K, Ca, Mg, Na e Al respectivamente 0,09; 1,9; 0,9; 0,034 e 0,1 Cmol_c/dm³. Estas análises foram realizadas pelo Laboratório Solo Planta - Departamento de Solos – Instituto de Agronomia.

2.3. Experimento 3

Este experimento foi realizado de forma similar ao experimento 1, porém neste foi utilizada apenas a fonte de sulfato de alumínio comercial, com 8 repetições. Após a coleta da parte aérea e raízes do experimento 3, o solo deste experimento foi utilizado para instalação do experimento 4.

2.4. Experimento 4

O experimento foi realizado de forma similar ao experimento 3, como os mesmos procedimentos. No final, após o crescimento das plantas do experimento 4, foram retiradas amostras de solo para realização das análises químicas e verificar as concentrações finais dos elementos no solo (Figura 18).

2.5. Experimento 5

O experimento foi instalado em solução nutritiva simples, adicionando apenas 0,001 mM de cloreto de cálcio. O experimento foi instalado em um delineamento inteiramente casualizado, com os seguintes tratamentos de Al (0; 0,650; 1,25; 2,5 e 5,0 mM) e 8 repetições (4 vasos com 2 sementes cada). A fonte de alumínio utilizada foi de AlCl_3 e o pH da solução foi mantido conforme a concentração de Al. As sementes foram plantadas em areia lavada, e permaneceram por 7 dias até atingirem tamanho ideal (comprimento médio de 6 cm) para o transplante, com raízes claras e sem qualquer danificação, posteriormente foram transplantadas para a solução nutritiva simples. No transplante foram colocadas duas plântulas por vaso, e estas foram mantidas aeradas utilizando uma bomba de aquário. O comprimento radicular foi medido a cada 24 horas.

2.6. Experimento 6

O experimento foi instalado e conduzido de forma similar ao experimento 5, com alteração apenas das doses de alumínio que foram diminuídas para 0; 0,075; 0,150; 0,300 e 0,600 mM de Al.

Depois de verificada a homogeneidade e normalidade dos dados, as análises estatísticas dos experimentos foram realizadas utilizando o teste Tukey a 5 % de significância, através do software SAEG. Todas as diferenças ditas significativas no texto deste trabalho, foram significativas estatisticamente com base no teste Tukey a 5%.

3. RESULTADOS

3.1. Experimento 1 (Planossolo)

3.1.1. Experimento 1 - Fonte de sulfato de alumínio comercial

Na Figura 1 encontram-se os resultados das análises de solo ao final do experimento, relacionando concentração de nutrientes no solo às doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas ao solo no início do experimento. Na análise do planossolo realizada no início do experimento obteve-se respectivamente as concentrações de K, Ca, Mg, Al de 0,08; 2,2; 0,4 e 0 Cmol/dm^3 e para Na e P respectivamente 9 e 12 mg/dm^3 , como pode ser observado as concentrações finais (Figura 1) foram semelhantes as concentrações iniciais de nutrientes, significando que as plântulas não retiraram grandes quantidades dos elementos do solo. Também pode

ser observado, que a adição de sulfato de alumínio comercial (Marca Propiscinas) não influenciou demasiadamente as concentrações de Ca, Mg, Al, K e Na no solo. Ocorreu apenas um pequeno aumento da concentração de Al em função da dose aplicada.

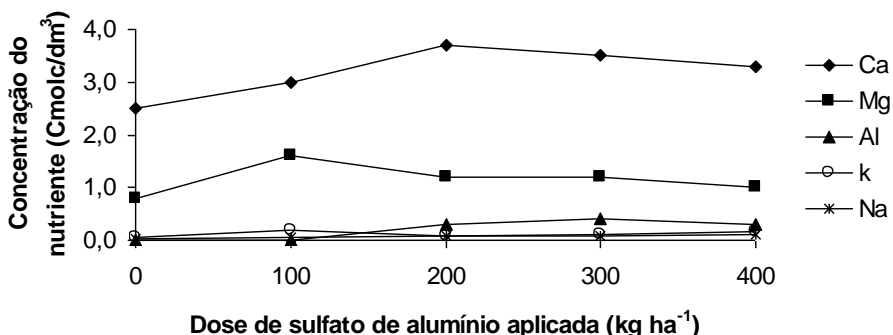


Figura 1. Concentração de nutrientes no solo, após a coleta das plantas do experimento 1, em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas no solo.

De acordo com a Figura 2 pode ser observado que partir da dose 100 kg ha⁻¹ de sulfato de alumínio comercial aplicado, o pH do solo diminuiu em função das doses de sulfato de alumínio. Isto indica que mesmo não havendo mudanças altamente significativas na concentração final de alumínio no solo (Figura 1), a dosagem de sulfato de alumínio comercial foi suficiente para abaixar o pH do solo no máximo em 0,9 unidades de pH.

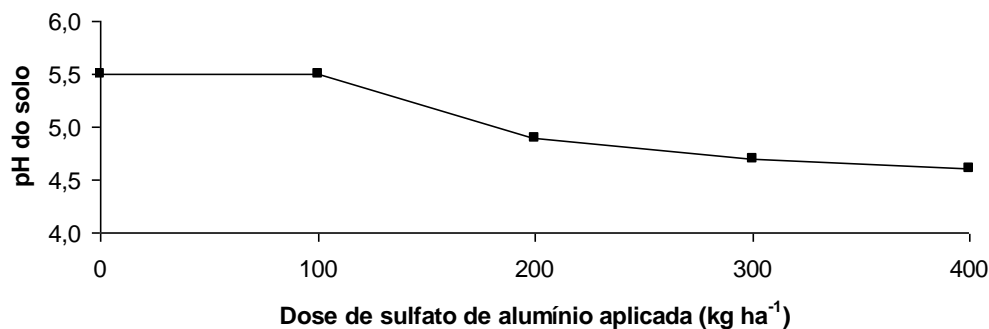


Figura 2. Determinação do pH do solo no final do experimento 1 em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas no solo.

Na tabela 2 encontram-se as concentrações de nutrientes realizadas nas raízes de plântulas de Flamboyant em função das doses de sulfato de alumínio comercial, 0, 300 e 400 kg ha⁻¹, como se pode verificar, não ocorreu diferenças significativas entre as doses testadas para todos os elementos, exceto para o Al. Como neste experimento praticamente não ocorreram efeitos para as características avaliadas, foi pertinente analisar apenas material vegetal das doses 0, 300 e 400 Kg ha⁻¹ de sulfato de alumínio comercial.

Tabela 2. Concentração de nutrientes da raiz de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio comercial (kg ha^{-1}). Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.

Tratamento $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (kg ha^{-1})	Cálcio		Magnésio		Potássio		Sódio		Fósforo		Alumínio	
	g kg^{-1}											
0	5,76	A	73,82	A	1,17	A	0,16	A	3,29	A	0,17	B
300	4,95	A	80,00	A	1,49	A	0,17	A	3,93	A	0,28	AB
400	4,25	A	63,46	A	1,05	A	0,07	A	3,21	A	0,43	A
CV %	16,26		17,51		36,25		47,12		84,37		44,05	

Diferente do que ocorreu na análise de nutrientes no sistema radicular, na parte aérea ocorreram diferenças significativas para o Mg, indicando que a adição de sulfato de alumínio comercial alterou a concentração deste elemento nestes tecidos (Tabela 3). Entretanto não ocorreram diferenças significativas para este elemento entre as doses de 300 e 400 kg ha^{-1} . Para os demais nutrientes analisados, Ca, Al, K e Na, não ocorreram diferenças significativas estatisticamente.

Tabela 3. Concentração de nutrientes da parte aérea de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio comercial (kg ha^{-1}). Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.

Tratamento $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (kg ha^{-1})	Cálcio		Magnésio		Potássio		Sódio		Fósforo		Alumínio	
	g kg^{-1}											
0	10,66	A	45,74	B	1,57	A	0,04	A	5,70	A	0,02	A
300	7,45	A	68,18	AB	2,32	A	0,05	A	6,08	A	0,06	A
400	7,15	A	71,88	A	2,18	A	0,08	A	5,07	A	0,08	A
CV %	18,27		14,86		13,71		43,56		15,45		50,65	

Não ocorreram diferenças significativas para as avaliações de comprimento radicular, diâmetro do ápice da raiz principal, altura de plântula, massa seca da raiz e massa seca da parte aérea (Tabela 4) quando utilizada a fonte de sulfato de alumínio comercial nas doses 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha^{-1} .

Tabela 4. Comprimento e diâmetro do ápice radicular, altura de plântula, massa seca de raiz e de parte aérea em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicado ao solo (kg ha^{-1}). A ausência de letras nas colunas significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.

Tratamento $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ comercial (kg ha^{-1})	Comprimento radicular (mm)	Diâmetro do ápice radicular (mm)	Altura de plântula (mm)	Massa seca de raiz (g)	Massa seca de parte aérea (g)
0	132,50	0,17	68,45	0,20	1,26
100	117,50	0,25	81,00	0,32	1,53
200	134,38	0,23	91,75	0,25	1,28
300	130,50	0,29	71,25	0,19	0,90
400	78,75	0,31	68,50	0,16	0,86
CV %	26,07	39,58	36,17	35,16	34,44

Na avaliação do pH rizosférico (Figura 3) ocorreram diferenças significativas entre tratamentos, ocorrendo uma diminuição gradual no pH com o aumento das doses de sulfato de alumínio comercial. Para o pH rizosférico a partir da dose de 200 kg ha⁻¹ de sulfato de alumínio comercial não mais ocorreram diferenças significativas entre as dosagens. Para o pH não rizosférico a partir da dose de 100 kg ha⁻¹ não ocorreram diferenças significativas (Figura 4).

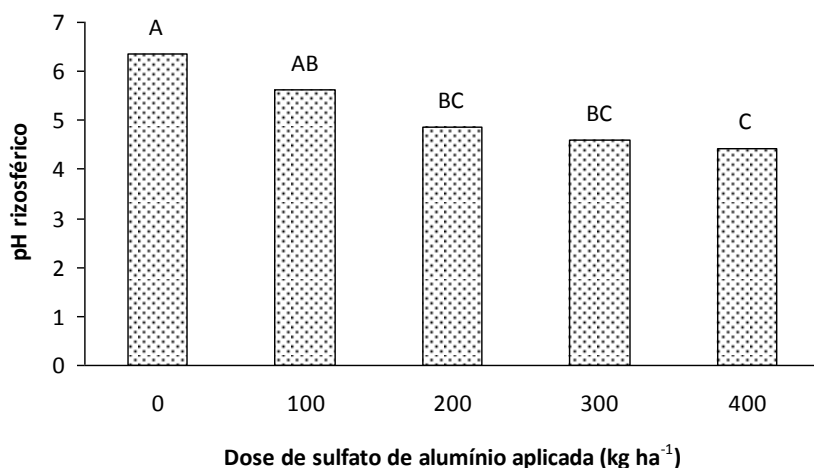


Figura 3. pH rizosférico de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio comercial. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 3,09 %. Experimento 1.

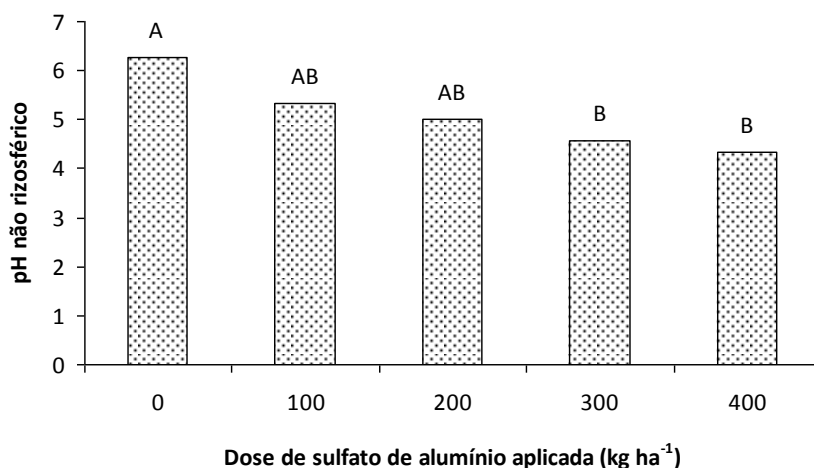


Figura 4. pH não rizosférico de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio comercial. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 4,41 %. Experimento 1.

3.1.2. Experimento 1 - Fonte de sulfato de alumínio analiticamente puro

Na tabela 5 encontram-se as concentrações de nutrientes da raiz, e pode-se observar que ocorreram diferenças significativas apenas para o P, que na maior concentração de sulfato de alumínio aplicado ao solo (400 kg ha⁻¹) apresentou menores valores de P na raiz. Os demais nutrientes não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos analisados (0, 300 e 400 kg ha⁻¹).

Tabela 5. Concentração de nutrientes da raiz de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio PA (kg ha^{-1}). Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.

Tratamento $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (kg ha^{-1})	Cálcio		Magnésio		Potássio		Sódio		Fósforo		Alumínio	
	g kg^{-1}											
0	5,761	A	73,825	A	1,165	A	0,159	A	3,291	A	0,165	A
300	8,479	A	80,940	A	1,295	A	0,177	A	3,587	A	0,188	A
400	6,714	A	81,832	A	1,131	A	0,126	A	0,718	B	0,191	A
CV %	28,23		11,44		24,60		57,11		38,87		11,95	

Na tabela 6 encontram-se as concentrações de nutrientes da parte aérea, e a partir desta pode-se observar que não ocorreram diferenças significativas entre as doses 0, 300, e 400 kg ha^{-1} de sulfato de alumínio PA, exceto para o Mg que no tratamento testemunha foi inferior aos tratamentos com doses de 300 e 400 kg ha^{-1} .

Tabela 6. Concentração de nutrientes da parte aérea de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de sulfato de alumínio PA (kg ha^{-1}). Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.

Tratamento $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (kg ha^{-1})	Cálcio		Magnésio		Potássio		Sódio		Fósforo		Alumínio	
	g kg^{-1}											
0	10,664	A	45,738	B	1,570	A	0,042	A	5,704	A	0,023	A
300	11,894	A	74,299	A	1,562	A	0,024	A	6,821	A	0,047	A
400	13,186	A	67,624	A	1,683	A	0,017	A	6,825	A	0,038	A
CV %	10,73		19,16		19,20		47,84		15,16		21,44	

Como observado na tabela 7, não ocorreram diferenças significativas para as avaliações de comprimento radicular, diâmetro do ápice da raiz principal, altura de plântula, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea, pH rizosférico e pH não rizosférico quando utilizada a fonte de sulfato de alumínio PA nas doses 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha^{-1} .

Tabela 7. Comprimento e diâmetro do ápice radicular, altura de plântula, massa seca de raiz e de parte aérea, pH rizosférico e não rizosférico em função das doses de sulfato de alumínio PA aplicado ao solo. A ausência de letras nas colunas significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 1.

Tratamento $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ PA (kg ha^{-1})	Comprimento radicular (mm)	Diâmetro do ápice radicular (mm)	Altura de plântula (mm)	Massa seca de raiz (g)	Massa seca de parte aérea (g)	pH rizosférico	pH não rizosférico
0	132,50	0,17	68,45	0,20	1,26	6,34	6,28
100	117,50	0,25	81,00	0,32	1,53	5,61	5,35
200	134,38	0,23	91,75	0,25	1,28	4,88	5,02
300	130,50	0,29	71,25	0,19	0,90	4,60	4,56
400	78,75	0,31	68,50	0,16	0,86	4,44	4,33
CV %	22,08	30,53	33,60	31,08	22,93	2,16	2,78

3.2.1. Experimento 2 - Fonte de sulfato de alumínio comercial

Na figura 5 encontram-se as concentrações de nutrientes no solo ao final do experimento em função da dose de sulfato de alumínio comercial aplicada. Nesta figura pode-se observar que ocorreram poucas variações para concentrações dos elementos Ca, Mg, K e Na no solo, exceto para o Al. Vale observar que este experimento foi realizado em Argissolo, entretanto, os resultados são muito semelhantes aos das análises do solo Planossolo (Figura 1), exceto para o Al que neste experimento teve aumento da concentração no solo. A análise deste solo, antes da instalação do experimento, teve como resultados para K, Ca, Mg, Na e Al respectivamente 0,09; 1,9; 0,9; 0,034 e 0,1 Cmol/dm^3 .

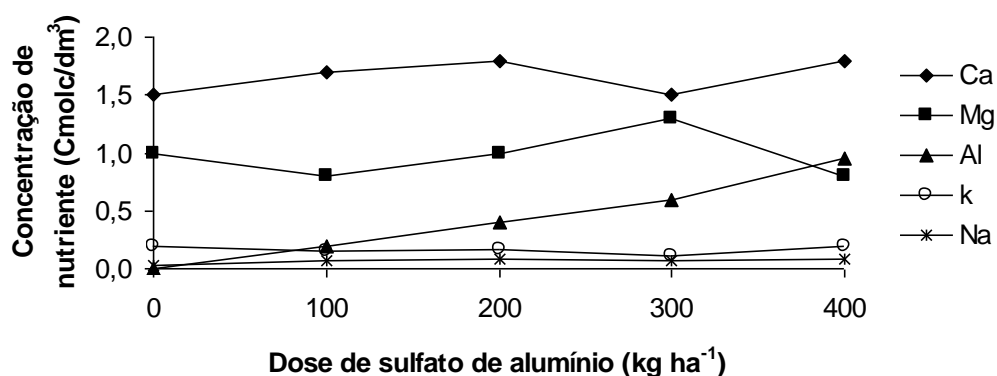


Figura 5. Concentração de nutrientes no solo ao final do experimento, em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas ao solo no início do experimento 2.

Na determinação do pH do solo ao final do experimento (Figura 6) pode-se observar que o pH diminuiu à medida que aumentaram as doses de sulfato de alumínio comercial, decresceu em 1,3 unidades de pH.

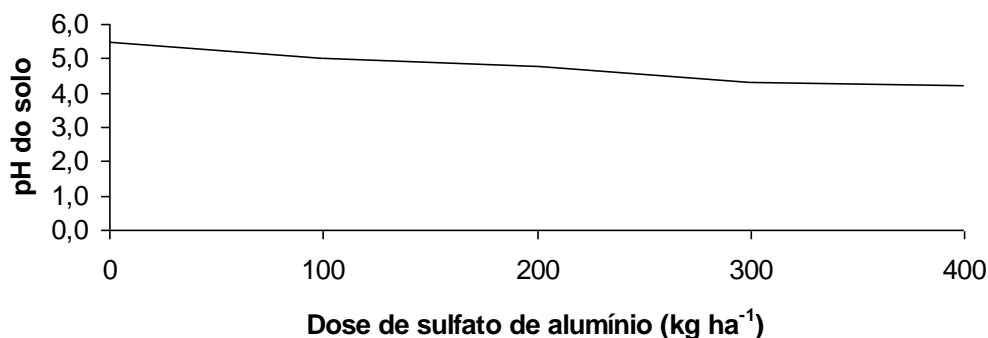


Figura 6. Determinação do pH do solo em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas ao solo. Experimento 2.

Na tabela 8 encontram-se avaliações de comprimento radicular, diâmetro do ápice da raiz principal, e altura de plântula de Flamboyant, onde não ocorreram diferenças significativas para estas características quando utilizada a fonte de sulfato de alumínio comercial nas doses 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha^{-1} .

Tabela 8. Comprimento e diâmetro do ápice radicular, altura de plântula em função das doses de sulfato de alumínio comercial (kg ha^{-1}). A ausência de letras nas colunas significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 2.

Tratamento $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ comercial (kg ha^{-1})	Comprimento Radicular (mm)	Diâmetro do ápice radicular (mm)	Altura de plântula (mm)
0	167,50	0,260	157,00
100	178,13	0,319	185,63
200	175,83	0,277	134,33
300	158,13	0,380	160,63
400	131,88	0,310	120,13
CV %	17,387	26,156	31,415

3.2.2. Experimento 2 - Fonte de sulfato de alumínio analiticamente puro

No experimento 2, quando utilizada à fonte $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (PA) nas doses 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha^{-1} , não ocorreram diferenças significativas para as avaliações de comprimento radicular, diâmetro do ápice da raiz principal, e altura de plântula (Tabela 9).

Tabela 9. Comprimento e diâmetro do ápice radicular, altura de plântula em função das doses de sulfato de alumínio PA (kg ha^{-1}). A ausência de letras nas colunas significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 2.

Tratamento $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ PA (kg ha^{-1})	Comprimento Radicular (mm)	Diâmetro do ápice radicular (mm)	Altura de plântula (mm)
0	167,50	0,26	157,00
100	198,13	0,25	171,88
200	198,13	0,29	160,63
300	200,00	0,33	155,63
400	200,00	0,20	161,67
CV %	10,20	23,29	11,79

3.3. Experimento 3 - Planossolo e fonte de sulfato de alumínio comercial

Neste experimento, como ocorreram dúvidas na real dose de sulfato de alumínio comercial utilizada, sabendo-se que o experimento 4 foi instalado no mesmo solo onde cresceram as plantas do experimento 3, e somente ao final do experimento 4 foi realizada a análise de solos, os dados do experimento 3 foram plotados utilizando as concentrações finais de Al determinadas por esta análise de solo (Figura 18). Neste caso foi assumido que as concentrações de Al, Ca, Mg, K, P e Na retiradas pelas plântulas dos dois experimentos não foram significativas a ponto de alterar suas concentrações de nutrientes na matriz do solo.

As figuras 7 e 8 mostram uma vista geral das plântulas do experimento em duas datas, aos 7 e 10 após o plantio.



Figura 7. Plântulas de Flamboyant aos 7 dias após o plantio, crescidas em solo adubado com diferentes doses de sulfato de alumínio comercial. As doses crescem da esquerda para a direita (0; 0,4; 1,1; 2,3 e 3,5 Cmol/dm³). Experimento 3.



Figura 8. Plântulas de Flamboyant aos 10 dias após o plantio, crescidas em solo adubado com diferentes doses de sulfato de alumínio comercial. As doses crescem da esquerda para a direita (0; 0,4; 1,1; 2,3 e 3,5 Cmol/dm³). Experimento 3.

Na tabela 10 encontram-se os dados das concentrações de nutrientes no sistema radicular das plantas de Flamboyant crescendo com Al comercial mostrando que ocorreram diferenças significativas entre tratamentos apenas para o Mg, P e Al. Quanto aos teores de Mg, os tratamentos com concentrações de 0; 1,1; 2,3 e 3,5 Cmol/dm³ de Al não diferiram estatisticamente entre si, apenas o tratamento com 0,4 Cmol/dm³ de Al foi inferior ao tratamento com concentração 0 Cmol/dm³ de Al. Para o P, as maiores concentrações no sistema radicular foram encontradas nos tratamentos com as maiores teores de Al no solo (2,3 e 3,5 Cmol/dm³), sendo estas concentrações diferentes de 0,4 Cmol/dm³ de Al. Para o Al, ocorreram variações significativas de teores nas raízes, sendo as maiores concentrações nos tratamentos com concentrações de 2,3 e 3,5 Cmol/dm³ de Al no solo. Pode ser observado que os coeficientes de variação altos prejudicando os resultados. Neste experimento, para análise de nutrientes no tecido foi necessário juntar material vegetal para formar material para análise. Existe uma tendência de que análises realizadas em tecidos com pouca massa disponível serem muito variáveis.

Tabela 10. Concentração de nutrientes de raízes de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 3.

Tratamento Al (Cmolc/dm ³)	Cálcio	Magnésio	Potássio	Sódio	Fósforo	Alumínio
0	42,303 A	8,485 A	52,798 A	1,466 A	7,394 AB	0,357 BC
0,4	33,582 A	2,194 B	22,418 A	0,563 A	3,751 B	0,182 C
1,1	31,991 A	2,493 AB	30,562 A	0,942 A	6,576 AB	0,360 BC
2,3	46,758 A	3,609 AB	78,057 A	0,861 A	8,741 A	0,835 A
3,5	41,614 A	3,256 AB	75,197 A	0,767 A	9,052 A	0,732 AB
CV %	43,62	70,56	64,07	89,80	27,71	36,03

Com relação à concentração de nutrientes da parte aérea (Tabela 11) não ocorreram diferenças significativas entre tratamentos, apesar de ter havido tendências das concentrações de Ca, Mg, K e P na parte aérea decaírem com o aumento das concentrações de Al no solo.

Tabela 11. Concentração de nutrientes da parte aérea de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). A ausência de letras nas colunas significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 3.

Tratamento Al (Cmolc/dm ³)	Cálcio	Magnésio	Potássio	Sódio	Fósforo	Alumínio
0	15,197	4,883	28,202	0,115	8,651	0,017
0,4	16,510	3,988	23,555	0,185	6,908	0,026
1,1	14,954	4,522	20,205	0,118	7,029	0,079
2,3	14,537	4,095	29,248	0,188	7,574	0,064
3,5	13,468	4,343	20,799	0,184	5,958	0,109
CV %	26,15	40,72	30,49	64,83	36,40	131,67

O comprimento radicular (Figura 9) no tratamento testemunha (sem Al) foi superior aos demais, seguido pelo tratamento com concentração de 0,4 Cmol/dm³ de Al no solo, não ocorrendo diferenças significativas entre os tratamentos com concentrações de 1,1; 2,3 e 3,5 Cmol/dm³ de Al.

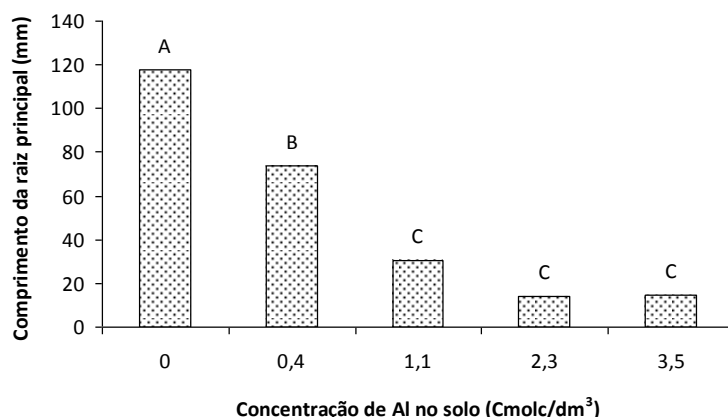


Figura 9. Comprimento da raiz principal (mm) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 22,90 %. Experimento 3.

À medida que aumentaram as concentrações de Al no solo, a tendência foi de aumentar o diâmetro do ápice da raiz (Figura 10), pode-se observar que ocorreram diferenças significativas. O tratamento com concentração 1,1 Cmol_c/dm³ de Al apresentou-se superior, com maior diâmetro de ápice radicular, em relação ao tratamento testemunha. Os tratamentos com concentrações 0,4; 2,3 e 3,5 Cmol_c/dm³ de Al não apresentaram diferenças significativas.

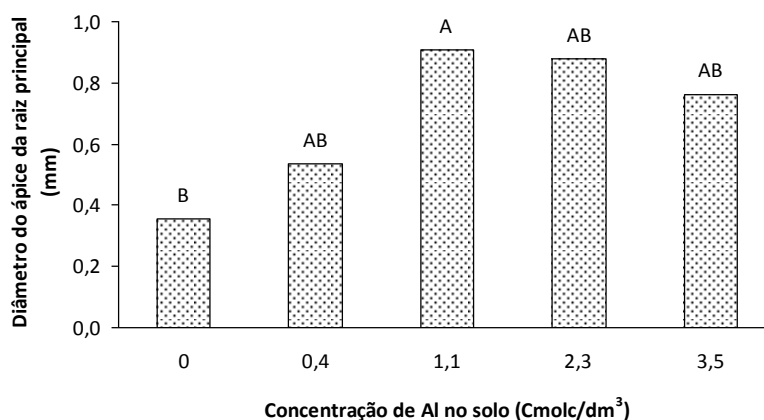


Figura 10. Diâmetro do ápice da raiz principal (mm) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 35,56 %. Experimento 3.

A altura da plântula é uma característica secundária a toxicidade de alumínio, devido o dano causado ocorrer principalmente na raiz, o que vem a dificultar a absorção de água e nutrientes embora podendo refletir na altura da planta posteriormente. Neste experimento foi observado que no tratamento testemunha ocorreu uma maior altura de plântula (Figura 11), apresentado diferenças significativas em relação aos tratamentos com concentrações 1,1; 2,3 e 3,5 Cmol_c/dm³ de Al no solo, o tratamento com 0,4 Cmol_c/dm³ de Al não diferiu dos tratamentos com 0 e 1,1 Cmol_c/dm³. O tratamento com concentração 1,1 Cmol_c/dm³ de Al foi superior aos tratamentos com 2,3 e 3,5

Cmol/dm³ de Al, estes apresentaram menor altura de plântula, mostrando que as maiores concentrações de Al afetaram mais a absorção de nutrientes e conseqüentemente a altura de plântula.

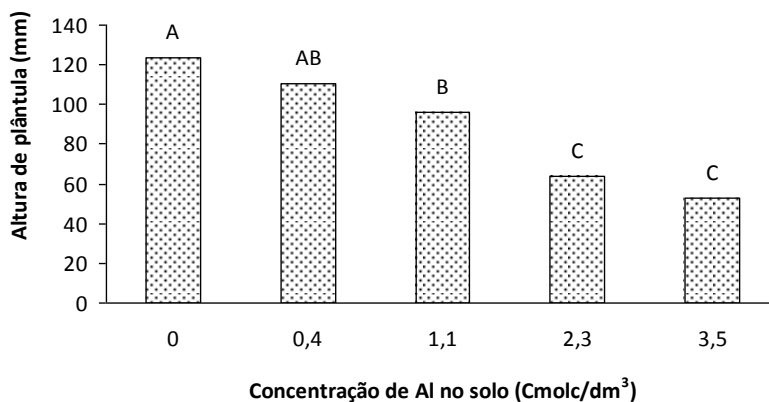


Figura 11. Altura da plântula (mm) de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 11,38 %. Experimento 3.

A característica de massa seca da raiz (Figura 12) foi afetada pelas concentrações de Al. Entre os tratamentos com concentrações 0; 0,4 e 1,1 Cmol/dm³ de Al não ocorreram diferenças significativas entre si, porém apresentaram-se superiores aos tratamentos com 2,3 e 3,5 Cmol/dm³ de Al.

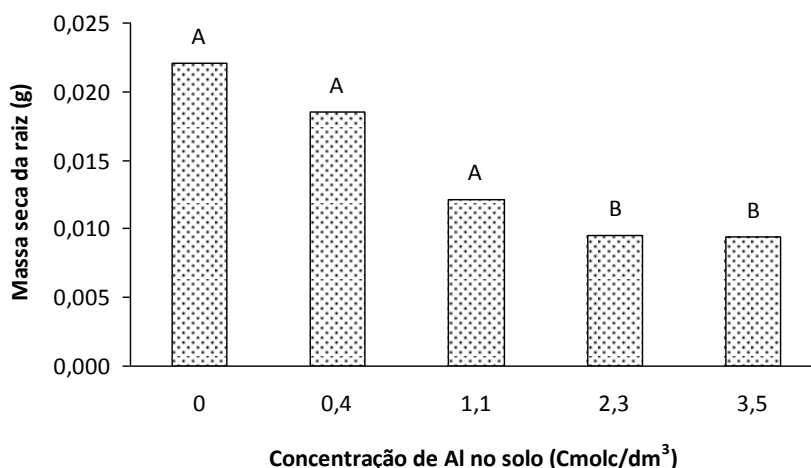


Figura 12. Massa seca da raiz (g) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 18,21 %. Experimento 3.

Com relação à massa seca da parte aérea (Figura 13) não ocorreram diferenças significativas. Assim como o comprimento da parte aérea, a massa seca da parte aérea é considerada efeito secundário do alumínio, que devido aos danos no sistema radicular diminui a absorção de água e nutrientes, e conseqüentemente a massa da parte aérea.

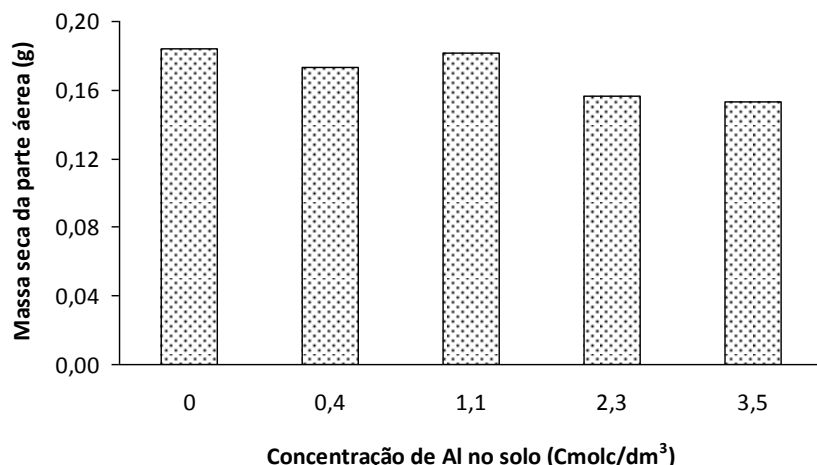


Figura 13. Massa seca da parte aérea (g) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). A ausência de letras significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 12,99 %. Experimento 3.

Como observado na Figura 14, ocorreram diferenças significativas com relação ao pH rizosférico em função das concentrações de Al no solo, o tratamento testemunha foi superior aos tratamentos com concentrações de 0,4 e 1,1 Cmol/dm³ de Al no solo. Não foi possível coletar solo da rizosfera nos tratamentos com concentrações de 2,3 e 3,5 Cmol/dm³ de Al, diante da menor quantidade de sistema radicular e conseqüentemente menor quantidade de solo retirada.

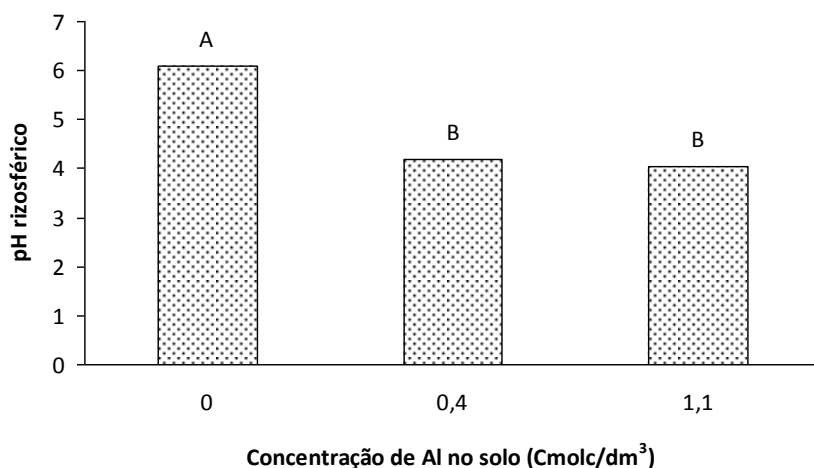


Figura 14. pH da rizosfera de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 2,28 %. Experimento 3.

Na avaliação do pH não rizosférico (Figura 15) ocorreram diferenças significativas, onde o tratamento testemunha apresentou pH superior aos demais tratamentos, indicando o efeito do Al no pH do solo.

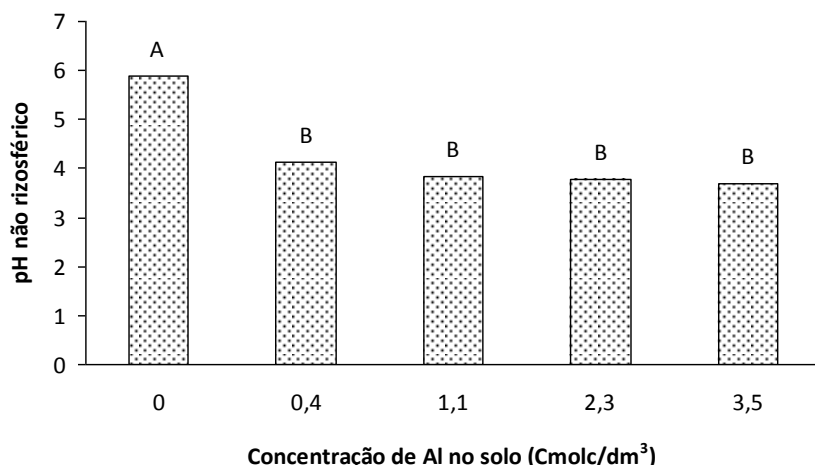


Figura 15. pH não rizosférico de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 4,36 %. Experimento 3.

Com relação ao corante Hematoxilina (Figura 16) ocorreram diferenças significativas. Os tratamentos com concentrações de 1,1; 2,3 e 3,5 Cmol/dm³ de Al apresentaram-se superiores, visualmente mais escuras. O tratamento com concentração 0,4 Cmol/dm³ de Al foi superior ao tratamento testemunha.

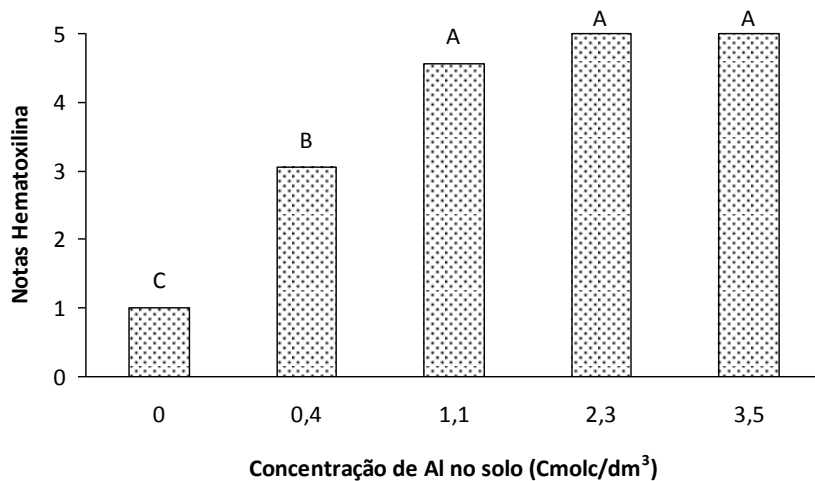


Figura 16. Média das notas do corante Hematoxilina em raízes de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 3,24 %. Experimento 3.

Na avaliação com o corante Pirocatecol (Figura 17) ocorreram diferenças significativas. Os tratamentos com concentrações 2,3 e 3,5 Cmol/dm³ de Al no solo foram superiores aos tratamentos com 0 e 0,4 Cmol/dm³ de Al. Os tratamentos com concentrações de 0,4 e 1,1 Cmol/dm³ de Al apresentaram coloração intermediária, e o tratamento testemunha foi inferior, sem coloração do corante, comparado aos demais.

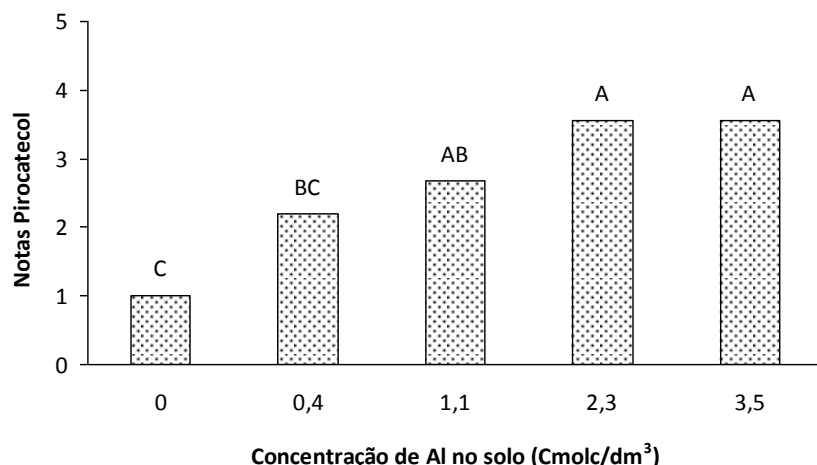


Figura 17. Média das notas do corante Pirocatecol em raízes de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 10,82%. Experimento 3.

3.4. Experimento 4 - Planossolo e fonte de sulfato de alumínio comercial

Ao final do experimento 4, foram realizadas as análises de solo para checagem dos valores de nutrientes. Portanto, a concentrações de nutrientes no solo (Figura 18), foram obtidas de dosagens de sulfato de alumínio comercial não precisamente determinadas, sendo denominadas D0, D1, D2, D3 e D4. Foi através destas análises que se determinaram as concentrações de Al usadas nos experimentos 3 e 4 como sendo: 0, 0,4, 1,1, 2,3 e 2,5 Cmol_c/dm³. Além do Al, esta análise de solo ao final do experimento 4, pode ser observado que as concentrações de Ca, Mg, K e Na no solo (Figura 18) não sofreram grandes alterações de valores em função das doses de sulfato de alumínio utilizadas. Ocorreu apenas uma pequena diminuição das concentrações de Ca e de Mg no tratamento com concentração de 3,5 Cmol_c/dm³ de alumínio.

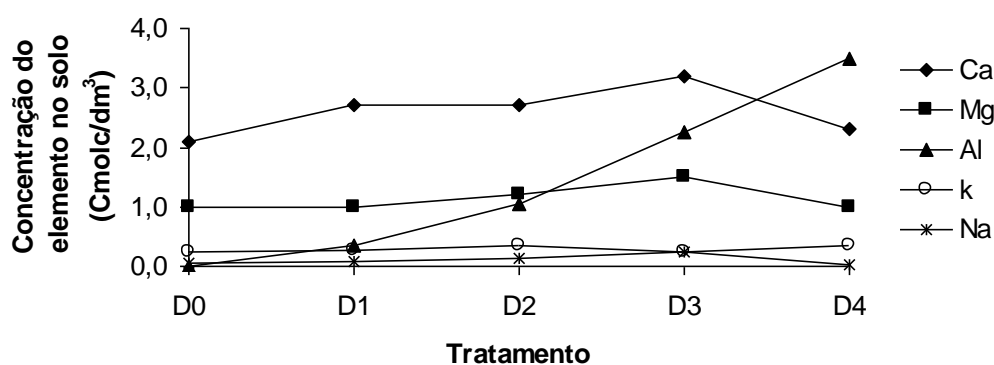


Figura 18. Concentração de nutrientes no solo em função das doses de sulfato de alumínio comercial aplicadas ao solo. Experimento 4.

O pH do solo (Figura 19) foi afetado pela adubação com sulfato de alumínio comercial, ocorrendo diminuição do pH com o aumento das concentrações de Al no solo.

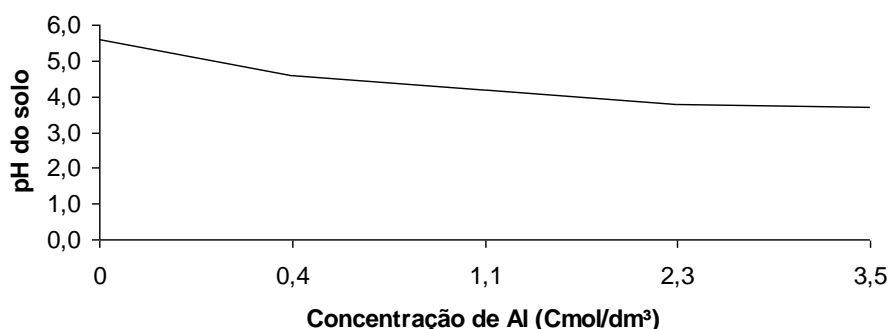


Figura 19. Determinação do pH do solo em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Experimento 4.

Na tabela 12 encontram-se as concentrações de nutrientes nas raízes de plântulas. Ocorreram diferenças significativas em função das dosagens de alumínio aplicadas para todos os nutrientes analisados, exceto para Ca e K. A concentração de Mg foi maior no tratamento testemunha, sendo este diferente dos demais. A concentração de Na no tratamento com 0,4 Cmol_c/dm³ de Al no solo foi diferente apenas dos tratamentos com concentrações de 2, 3 e 3,5 Cmol_c/dm³. As concentrações de P foram iguais estatisticamente, entre o tratamento testemunha e com concentração 0,4 Cmol_c/dm³ de Al sendo estas inferiores aos demais tratamentos. A concentração de Al na raiz das plantas de Flamboyant encontrada no tratamento com concentração 3,5 Cmol_c/dm³ de Al foi significativamente superior aos demais tratamentos.

Tabela 12. Concentração de nutrientes da raiz de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 4.

Tratamento Alumínio (Cmol _c /dm ³)	Cálcio	Magnésio	Potássio	Sódio	Fósforo	Alumínio
	g kg ⁻¹					
0	12,923 A	8,792 A	23,228 A	1,156 AB	3,302 B	0,342 B
0,4	10,308 A	3,635 B	30,726 A	1,853 A	4,085 B	0,215 B
1,1	14,122 A	2,582 B	33,173 A	0,942 AB	7,481 A	0,336 B
2,3	17,042 A	2,189 B	37,120 A	0,561 B	7,659 A	0,456 B
3,5	14,858 A	2,305 B	30,768 A	0,737 B	7,871 A	0,921 A
CV %	45,19	50,90	58,54	40,45	7,52	29,97

Na tabela 13 encontram-se as concentrações de nutrientes da parte aérea de plântulas em função das concentrações de Al no solo. A partir desta, pode-se observar que ocorreram diferenças significativas apenas para o cálcio, que no tratamento testemunha apresentou valor muito superior aos demais tratamentos.

Tabela 13. Concentração de nutrientes da parte aérea de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste Tukey (5%). Experimento 4.

Tratamento Alumínio (Cmol _e /dm ³)	Cálcio	Magnésio	Potássio	Sódio	Fósforo	Alumínio
	g kg ⁻¹					
0	11,836 A	4,998 A	30,256 A	0,118 A	8,120 A	0,009 A
0,4	6,978 B	4,700 A	28,367 A	0,118 A	8,008 A	0,011 A
1,1	7,043 B	4,413 A	27,203 A	0,118 A	6,710 A	0,015 A
2,3	6,500 B	4,081 A	25,274 A	0,125 A	8,131 A	0,054 A
3,5	5,186 B	3,940 A	20,570 A	0,251 A	6,682 A	0,034 A
CV %	12,52	11,06	21,38	81,97	32,53	132,11

Com relação ao comprimento radicular (Figura 20), ocorreram diferenças significativas entre tratamentos. O tratamento testemunha foi superior aos demais, e o tratamento com concentração de 3,5 Cmol_e/dm³ de Al apresentou-se inferior aos demais tratamentos, exceto para o tratamento 2,3 Cmol_e/dm³. A presença de 0,4 Cmol_e/dm³ de Al já inibiu o comprimento radicular das plantas de Flamboyant.

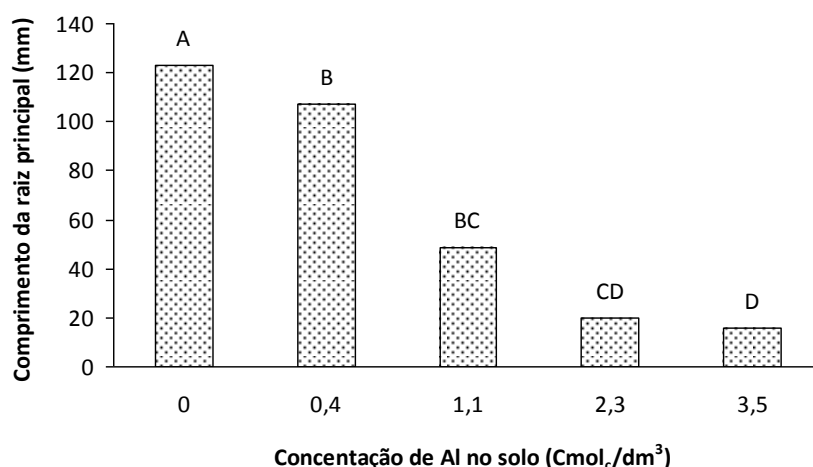


Figura 20. Comprimento da raiz principal (mm) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 23,75%. Experimento 4.

Não ocorreram diferenças significativas para o diâmetro do ápice da raiz principal (Figura 21), porém pode ser observada uma variação no diâmetro do ápice da raiz principal, não constatada na análise estatística, onde o diâmetro do ápice aumentou à medida que aumentaram as concentrações de Al no solo, considerando que o coeficiente de variação foi muito alto.

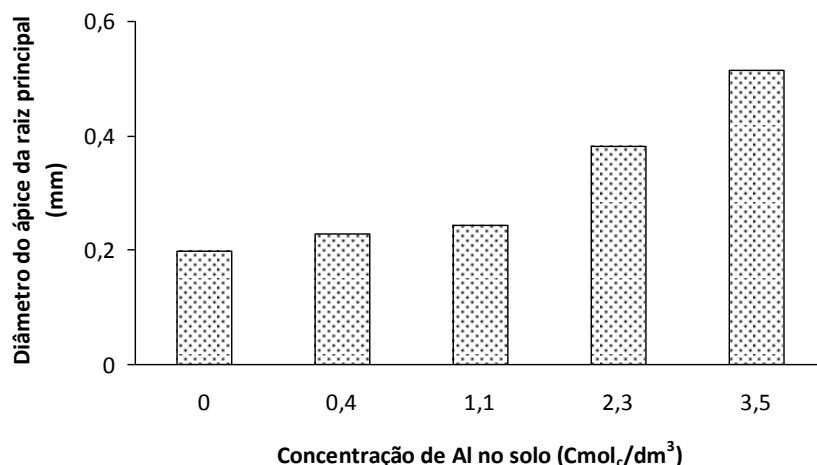


Figura 21. Diâmetro do ápice da raiz principal (mm) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). A ausência de letras significa que as médias não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 48,07%. Experimento 4.

Neste experimento foi observado (Figura 22) que nos tratamentos testemunha e com concentração de 0,4 Cmol/dm³ de Al ocorreu um maior crescimento da plântula, apresentado diferenças significativas estatisticamente em relação aos tratamentos com concentrações 2,3 e 3,5 Cmol/dm³ de Al no solo. O tratamento com concentração 1,1 Cmol/dm³ de Al diferiu estatisticamente apenas do tratamento com 3,5 Cmol/dm³ de Al.

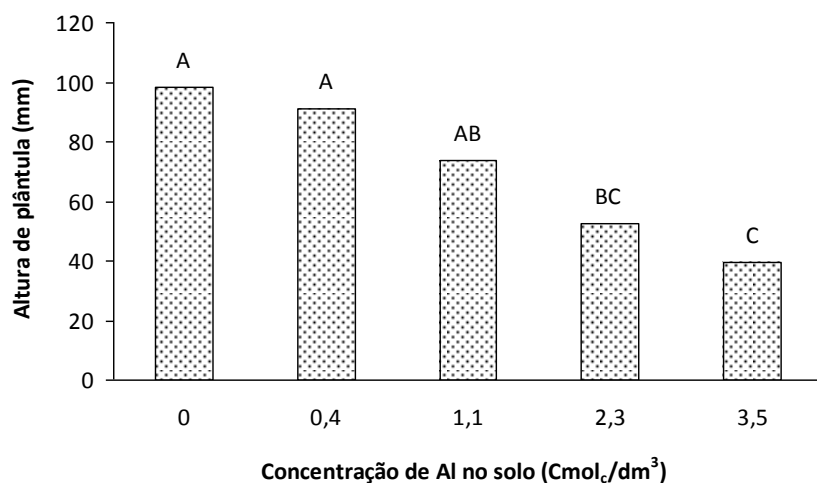


Figura 22. Altura de plântula (mm) de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 24,22%. Experimento 4.

A massa seca da raiz (Figura 23) diminuiu à medida que aumentaram as concentrações de Al no solo. O tratamento testemunha foi superior aos demais tratamentos, seguido pelo tratamento com concentração 0,4 Cmol/dm³ de Al, que foi superior aos demais.

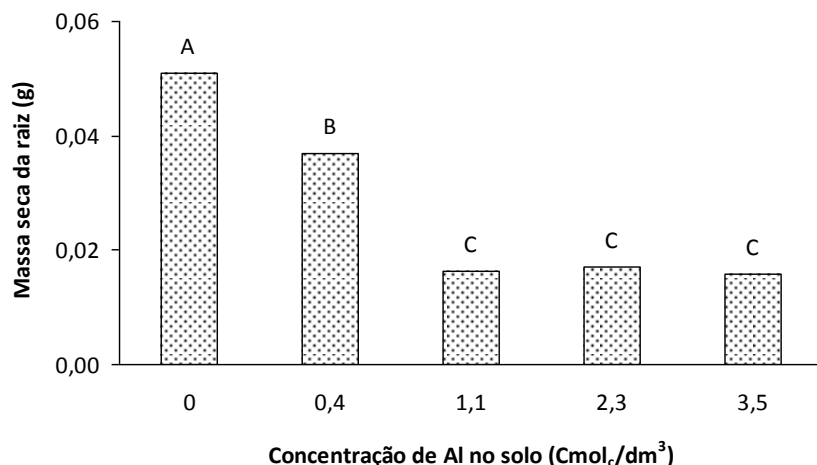


Figura 23. Massa seca de raiz (g) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 27,92%. Experimento 4.

Com relação a massa seca da parte aérea (Figura 24), observou-se que os tratamentos com concentrações 0,0 e 0,4 Cmol/dm³ de Al foram iguais entre si e superiores aos demais tratamentos.

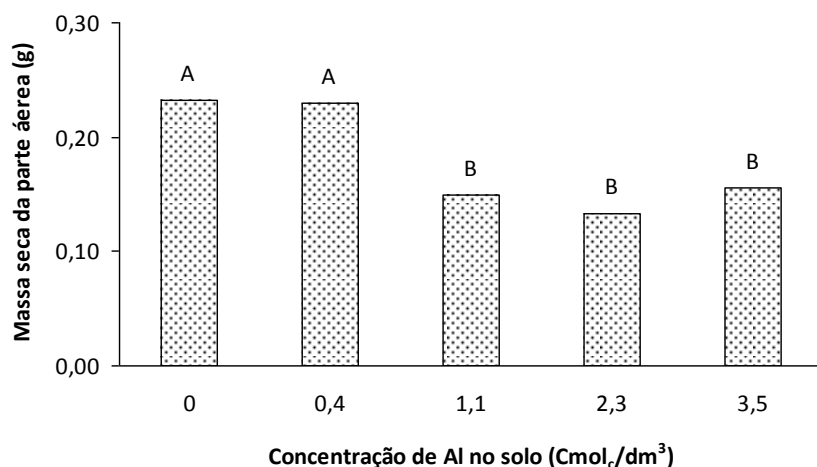


Figura 24. Massa seca de parte aérea (g) de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV=16%. Experimento 4.

Quanto ao pH rizosférico ocorreram diferenças significativas (Figura 25). O tratamento testemunha foi superior aos demais tratamentos, os tratamentos com concentrações de 0,4; 1,1 e 2,3 Cmol/dm³ de Al não diferiram estatisticamente entre si. O tratamento com concentração 3,5 Cmol/dm³ de Al apresentou-se inferior aos demais tratamentos.

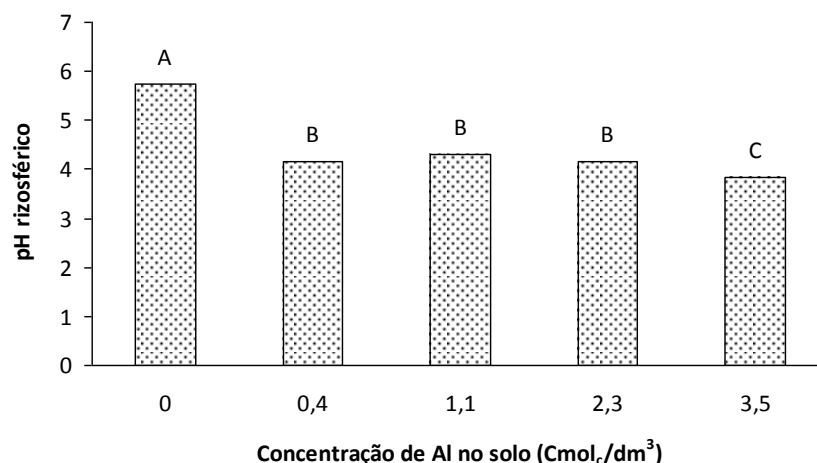


Figura 25. pH rizosférico de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 2,73%. Experimento 4.

Para o pH não rizosférico (Figura 26), também ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento testemunha apresentou pH superior aos demais, os tratamentos com concentrações de 0,4 e 1,1 Cmol_c/dm³ de Al não diferiram entre si, bem como 1, 1 e 2,3 Cmol_c/dm³; 2, 3 e 3, 5 Cmol_c/dm³.

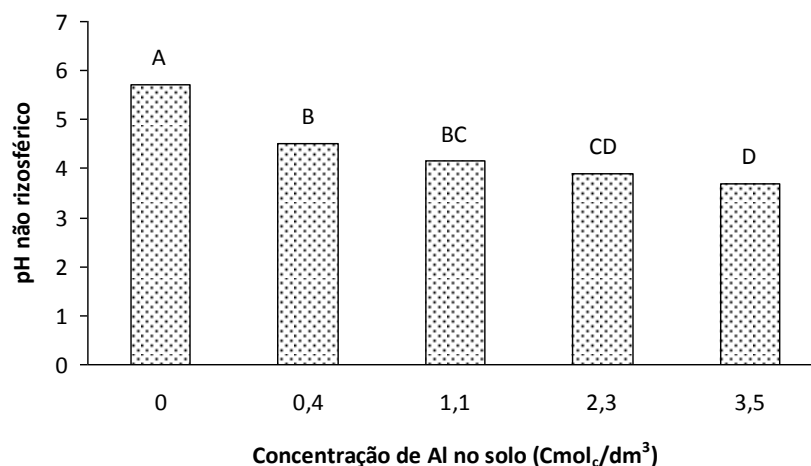


Figura 26. pH não rizosférico de plântulas de Flamboyant em função das concentrações de Al no solo (Fonte: sulfato de alumínio comercial). Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 4,39%. Experimento 4.

Tabela 14. Equação de regressão que melhor definiu a tendência da característica avaliada, para os experimentos 3 e 4.

Característica avaliada	Experimento 3	Experimento 4
Comprimento Radicular	$y=16,419x^2-83,956x+110,57$ $R^2=0,9684$	$y=16,618x^2-79,309x+127,15$ $R^2=0,9824$
Diâmetro do ápice da raiz	$y=3,4416x^2-32,728x+124,05$ $R^2=0,992$	$y=0,0142x^2+0,0418x+0,1986$ $R^2=0,9914$
Altura de plântula	$y=-0,1255x^2+0,5445x+0,3677$ $R^2=0,9289$	$y=2,2489x^2-25,715x+99,86$ $R^2=0,9983$
Massa seca de raiz	$y=0,001x^2-0,0101x+0,022$ $R^2=0,9849$	$y=0,0063x^2-0,0306x+0,0485$ $R^2=0,9983$
Massa seca de parte aérea	$y=0,1831e-0,0538x$ $R^2=0,8326$	$y=0,0204x^2-0,0963x+0,2434$ $R^2=0,9124$
pH rizosférico	$y=4,1916x^2-6,4891x+6,1063$ $R^2=1$	$y=0,1978x^2-1,0498x+5,2262$ $R^2=0,6139$
pH não rizosférico	$y=0,3607x^2-1,7033x+5,341$ $R^2=0,7548$	$y=0,2497x^2-1,3363x+5,3996$ $R^2=0,8648$

3.5. Experimento 5 (Solução nutritiva)

Realizado solução nutritiva simples, apenas com adição de 0,001 mM de Ca na solução. Pode ser observado na Figura 27 que todos os tratamentos que continham Al paralisaram completamente o crescimento radicular. A análise estatística foi realizada para cada horário de avaliação, apenas ocorreram diferenças entre o tratamento testemunha e as doses de Al na solução, indicando que dosagens a partir 0,625 mM de Al, inibiram completamente o crescimento radicular (dados estatísticos não tabelados).

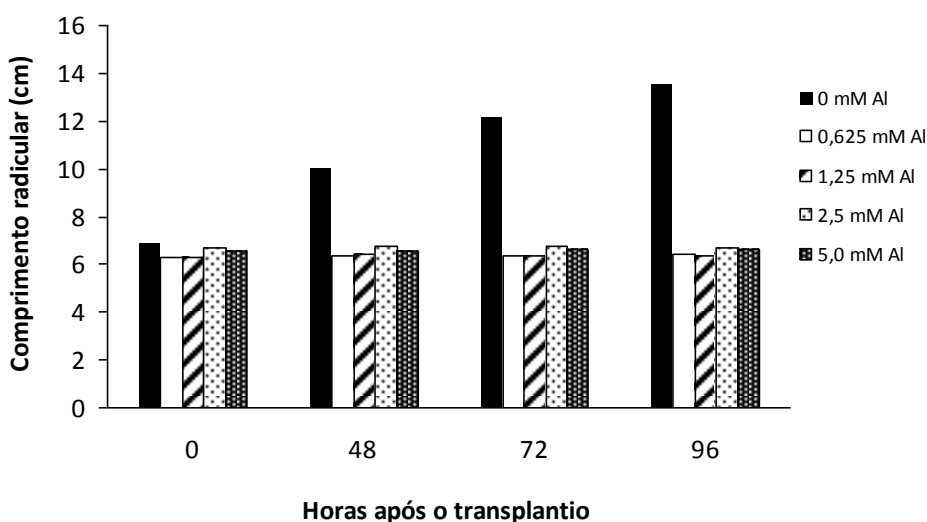


Figura 27. Comprimento radicular (cm) de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de Alumínio (Fonte: $AlCl_3$) em função do tempo de exposição. CV = 11,47; 10,95; 10,4 e 10,55%, respectivamente para 0, 48, 72 e 96 horas. Experimento 5.

3.6. Experimento 6 (Solução nutritiva)

As concentrações de Al aplicadas na solução foram menores que as utilizadas no experimento 5, mesmo assim a partir da concentração de 0,075 mM de AlCl_3 ocorreu a paralisação do crescimento radicular, indicando que uma concentração 8,33 vezes menor do que a usada no experimento 5 (0,625 mM) já paralisou o crescimento radicular, sugerindo alta sensibilidade desta espécie ao Al. Análise estatística realizada (dados não tabelados) mostrou diferenças, apenas a partir de 48 após do início do experimento, entre o tratamento testemunha (Ausência de Al) e as concentrações de Al na solução.

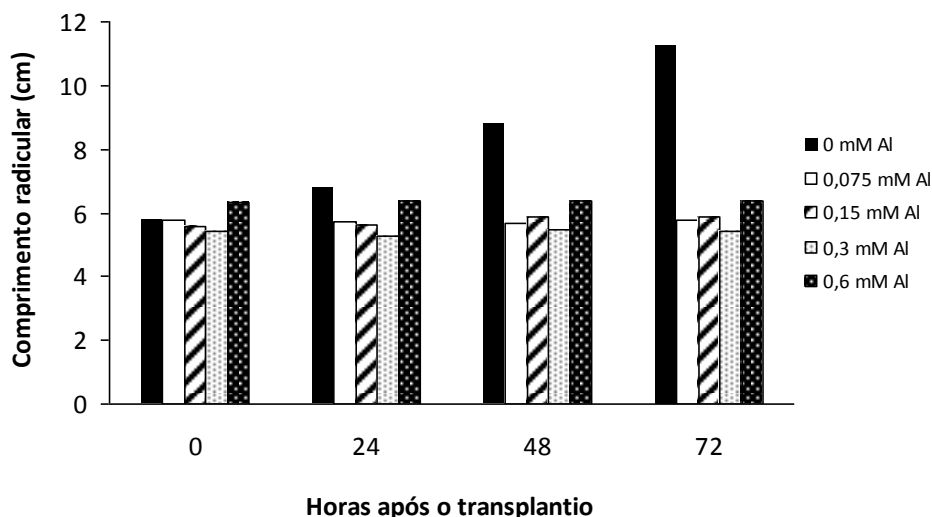


Figura 28. Comprimento radicular (cm) de plântulas de Flamboyant submetidas a diferentes doses de Alumínio (Fonte: AlCl_3) em relação ao tempo de exposição. CV = 19,84; 20,89; 21,36 e 24,35, respectivamente para 0, 24, 48 e 72 horas. Experimento 6.

4. DISCUSSÃO

Neste trabalho objetivou-se buscar alternativas de manejo que diminuam o crescimento das plantas, contudo, sem causar sua morte. O uso do alumínio foi a ideia central deste estudo visando sua utilização como possível inibidor de crescimento de plantas de flamboyant. Como não foram encontrados na literatura trabalhos mostrando o efeito fitotóxico do Al para essa planta foi necessário estabelecer uma série de experimentos com este objetivo, correlacionando com as doses fitotóxicas do elemento quando aplicado no solo. O trabalho não teve o objetivo de estudar as alterações físico-químicas provocado pela aplicação de doses elevadas de alumínio diretamente no solo como floculação, mudanças de densidade e alterações eletroquímicas nas partículas (SPOSITO, 1989).

Nos experimentos 1 e 2, onde foi utilizado respectivamente, planossolo e argissolo, ambos adubados com as fontes sulfato de alumínio analiticamente puro e comercial, a maioria das características avaliadas nas plântulas de Flamboyant não apresentaram diferenças significativas estatisticamente em função das doses aplicadas de sulfato de alumínio (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha^{-1}). A dose de 100 kg ha^{-1} de sulfato de alumínio corresponde a 1000 kg ha^{-1} do produto comercial, e possui também teores de 0,13; 0,01; 0,015 e 0,07 kg ha^{-1} respectivamente de K, P, Mg e Ca, portanto, estes

elementos não contribuíram significativamente para a adubação de macronutrientes das plântulas de Flamboyant. Nos experimentos 1 e 2, quando utilizada à fonte de sulfato de alumínio comercial as maiores concentrações de Al encontradas no solo, foram respectivamente de 0,4 e 1,0 Cmol/dm^3 . Deve-se considerar que nos experimentos realizados em solos não foi realizada nenhuma adubação complementar, pois o objetivo foi de diminuir, retardar e prejudicar o desenvolvimento normal da planta.

As concentrações dos elementos nos tecidos das plântulas dos experimentos, não variaram de forma significativa em função das doses de Al aplicadas, indicando que as doses dos produtos utilizados, sulfato de alumínio comercial e PA foram baixas. Entretanto, ocorreu uma clara tendência dos componentes comprimento e diâmetro radicular, massa seca de raiz e de parte aérea, pH rizosférico e não rizosférico terem sido afetados pela toxidez do alumínio adicionado. O comprimento da raiz principal é um dos parâmetros mais utilizados na indicação de toxidez de alumínio em plantas (FOY, 1978; SCOTT, et al., 1992; DELHAIZE e RYAN, 1995; VELOSO et al., 1995; MENDONÇA et al., 1999). As dosagens de 300 e 400 kg ha^{-1} de sulfato de alumínio comercial utilizadas corresponderam a uma concentração em torno de 0, 3 a 0,4 Cmol/dm^3 . Mesmo não sendo possível determinar as reais dosagens utilizadas nos experimentos 3 e 4, é possível correlacionar estas dosagens do experimento 1 com a concentração de 0,4 Cmol/dm^3 , que causou toxidez na maioria dos parâmetros avaliados nos experimentos 3 e 4. Portanto, no planossolo utilizado, uma adição em torno de 400 kg ha^{-1} de sulfato de alumínio, tanto PA quanto comercial, pode reduzir o crescimento desta planta. Como demonstrado por VELASCO (2003), os custos de manutenção das linhas de distribuição e transmissão de energia elétrica são muito elevados. Alternativas de manejo que possam evitar o retorno freqüente a uma árvore podada são sempre importantes. Se considerarmos que o quilo de sulfato de alumínio comercial custa aproximadamente R\$ 2, a aplicação de uma dose de 400 kg ha^{-1} para a área ao redor da planta, considerando 2 m^2 , seriam gastos R\$ 1,6 /árvore de Flamboyant, visando diminuir crescimento e desenvolvimento. Portanto, a relação custo benefício que esta técnica traz pode ser dependente do número de plantas de Flamboyant presente sob as linhas de distribuição e dos custos com a aplicação do produto. Novos estudos devem ser desenvolvidos em condições de campo para comprovar a eficiência do método.

De modo geral, os teores de nutrientes nos materiais vegetais apresentaram-se normais, comparando com culturas agrícolas como soja (SANTOS, et al., 2008), milho (MONTAZENO et al., 2008), milho (MARCANTE, et al., 2011), entre outros. Maiores concentrações de P no sistema radicular pode estar mais relacionadas com o transporte e com a redistribuição do que propriamente com sua absorção. Muitos pesquisadores acreditam que os efeitos da fitotoxidez de Al podem ser atribuídos diretamente a uma deficiência de P induzida pelo Al (FOY, 1992). Para OLIVEIRA (1979) esse pressuposto efeito sobre o metabolismo do fósforo pode estar ligado principalmente à sua retenção radicular e à redução de sua translocação para a parte aérea. Em estudos com duas cultivares de sorgo uma susceptível e uma tolerante, CALBO e CAMBRAIA (1980) encontraram uma maior concentração de P e Al na raiz da cultivar sensível, sugerindo uma maior precipitação de P e Al nesta cultivar. Estudando o efeito do alumínio em pimenteiras do reino VELOSO et al., (1995) utilizando solução nutritiva completa observou que as plantas foram tolerantes à presença de concentrações de Al inferiores a 20 mg/L , observou como sintomas iniciais o retardamento do crescimento radicular e aumento no diâmetro das raízes. De acordo com OLIVEIRA (1979) é provável que parte do alumínio contido nos tecidos radiculares tenha precipitado parte do P absorvido (Al-P), reduzindo sua translocação

para a parte aérea. BRACCINI et al., (1995), estudando o comportamento do cafeeiro quanto à tolerância ao Al, associaram o grau de tolerância ligado à menor precipitação de P nas raízes e à menor redução de translocação para a parte aérea. Vários autores têm considerado a influência do alumínio na absorção, transporte e utilização do fósforo (CLARKSON, 1967; FOY, 1974; BOLLARD, 1983; FOY, 1983). A tolerância ao alumínio pode estar relacionada com a capacidade da planta em manter níveis adequados de fósforo, na presença de consideráveis concentrações de alumínio nos tecidos, sem que haja a precipitação de fosfato de alumínio (RHUE, 1979). De acordo com FAQUIN e VALE (1991) e MALAVOLTA et al., (1997), o alumínio, quando na forma solúvel, compete com outros cátions, principalmente Ca e Mg, pelos mesmos sítios de absorção no complexo de troca. Deve-se considerar que há diferenças entre cultivares no que quanto a tolerância ao Al e ao transporte de nutrientes para parte aérea, como observado por JACOB NETO (1993), que trabalhando com duas cultivares de soja, uma tolerante (IAC-9) e uma sensível ao Al (UFV-1), verificou que a IAC-9 transportou mais efetivamente Fe, Ca e P para a parte aérea na presença do que na ausência do Al. Já cultivar tolerante pode manter uma maior concentração de Ca intracelular nas células da raiz na presença de Al do que a cultivar sensível, UFV-1. SALVADOR et al., (2000) em estudos sobre a influência da Al no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira, concluíram que a maior concentração (25 mg L^{-1}) de Al testada reduziu a absorção de P, Ca, Mg, S, Fe e Mn, afetando o transporte desses nutrientes para a parte aérea. Os nutrientes P, Ca, Mg e S são mais afetados pelo metal Al, reduzindo seus teores e de acordo FOY (1974), essa redução pode estar relacionada com a interferência do excesso do Al nas reações enzimáticas e na disposição de polissacarídeos nas paredes celulares, prejudicando, com isso, a absorção, o transporte e o uso de vários nutrientes.

Principalmente nos experimentos, 3 e 4, o comprimento radicular diminuiu com o aumento das doses de sulfato de alumínio. O crescimento do sistema radicular, assim como a alongação radicular relativa das plantas, sofre redução à medida que são submetidas a crescentes doses de alumínio (FOY, 1978). O sistema radicular é constituído por diferentes regiões, uma delas é a zona distal de transição, sendo a região mais sensível à toxidez pelo alumínio e a mais afetada, podendo este efeito ser observado em plantas sensíveis e em plantas tolerantes. A zona meristemática é pouco sensível ao Al e isto pode ocorrer devido à proteção de mucilagem que envolve o meristema radicular, fazendo com que o Al fique retido a esta camada. A zona de alongação radicular é a menos afetada pela toxidez de alumínio, porém a justificativa para este efeito é pouco conhecida (KOLLMEIER et al., 2000; ROSSIELLO e JACOB NETO, 2006). MENDONÇA et al., (1999), observaram que mudas jovens de maracujá amarelo submetidas a doses de 5, 15, 30 e 45 mg L^{-1} de Al em solução nutritiva com pH 4,2, demonstraram ser bastante sensíveis aos efeitos tóxicos desse elemento, as plantas em estágio de muda, após 42 dias de cultivo, apresentaram redução no comprimento das raízes principais e da haste principal, comprimento de internódios, no número de folhas e de gavinhas.

No experimento 3, além dos efeitos no comprimento do sistema radicular, também foi possível observar efeitos no diâmetro do ápice da raiz principal, onde na presença de alumínio, o diâmetro foi superior se comparado à ausência do metal (Testemunha). O diâmetro do ápice radicular também é considerado um efeito da toxidez ao alumínio. Vários autores verificam este efeito (SILVA, 2009; BRACCINI et al., 1998). Nos demais experimentos (1, 2 e 4) ocorreu uma tendência desta característica aumentar com aumento da concentração do metal no solo.

Em ambos os experimentos, 3 e 4, a altura de plântula, massa seca da raiz diminuíram com aumento das doses de sulfato de alumínio, porém a massa seca de parte aérea só diminuiu significativamente no experimento 4. Em estudos com Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) MACEDO et al., (2011) observou diminuição da massa seca da raiz com o aumento de concentração do alumínio em solução nutritiva, sendo as concentrações 0; 3,0; 4,5 e 6,0 mg L⁻¹. O alumínio em altas concentrações acumula-se preferencialmente no sistema radicular, sendo pequena quantidade translocada para a parte aérea (BEUTLER et al., 2001). Assim como em experimento de tolerância ao alumínio com café, BRACCINI et al., (1998) observou que a presença de alumínio 0,296 mmol L⁻¹ inibiu tanto o crescimento radicular quanto o crescimento da parte aérea, apresentando anormalidades típicas da toxidez de alumínio.

Nos experimentos 3 e 4, tanto o pH rizosférico quanto o não rizosférico, diminuíram com aumento das doses de sulfato de alumínio comercial. De acordo com FOY (1984) e CAMBRAIA (1989), uma das características de algumas espécies é a habilidade de elevar o pH do meio no qual se desenvolvem, provocando a precipitação do elemento pela absorção diferencial de cátions e ânions, reduzindo sua concentração em solução, ficando menos expostas aos efeitos nocivos do elemento. Porém nos experimentos 3 e 4 esses aumentos de acidez provavelmente se deram exclusivamente pela adição das grandes quantias de Al. Deve-se considerar que os efeitos fitotóxicos causados pelo Al são altamente dependentes do pH, concentração de sais, compostos orgânicos, temperatura e espécie vegetal, fatores que podem ser alterados de acordo com a natureza da composição química do substrato ou da espécie estudada (CAMARGO e FURLANI, 1989).

No experimento 3, foi utilizada a metodologia de corantes químicos para avaliação da toxidez, observou diferenças significativas no uso dos corantes Hematoxilina e Pirocatecol, onde as maiores notas (cor mais escura) foram observadas nas maiores doses de sulfato de alumínio comercial, mostrando que esta é uma metodologia eficiente para detectar a presença do alumínio no sistema radicular de plântulas de Flamboyant, apesar das dificuldades do fato deste experimento ter sido realizado em solo, podendo o corante reagir com seus constituintes. O corante PVC-1 auxiliou JACOB-NETO (1993) a separar várias cultivares de feijão em função de sua tolerância ao alumínio, mais ou menos sensíveis, assim como SILVA (2009) o corante PVC-1 também possibilitou separar concentrações nas espécies avaliadas, de mamão e de maracujá.

Nos experimentos 5 e 6, realizados em solução nutritiva, todas as doses de cloreto de alumínio testadas paralisaram o crescimento do sistema radicular de plântulas de Flamboyant, somente ocorrendo o crescimento no tratamento testemunha, sem AlCl₃ (Figuras 45 e 46), logo a partir da dose 0,075 mM ocorreu a paralisação do crescimento radicular de plântulas de Flamboyant, indicando a sensibilidade desta planta à toxicidade de Al. A utilização de solução nutritiva simples nestes experimentos, apenas com uma baixa concentração de cálcio (0,001 mM), foi utilizada com intuito de permitir a máxima expressão do efeito do Al sem a interferência da deficiência do cálcio (KINRAIDE et al., 1985). Metodologia normalmente utilizada em experimentos de curta duração, sendo que as plantas sofrem mais rapidamente o efeito da toxidez e com menores concentrações de alumínio presente no meio de crescimento do que em uma solução nutritiva completa, mais concentrada e com maior força iônica. A maior força iônica pode modificar as interações físico-químicas alterando completamente o verdadeiro efeito da toxidez (ROSSIELO e JACOB-NETO, 2006). Nestes experimentos, as raízes das plântulas de Flamboyant que ficaram em contato com o metal apresentaram, desde as primeiras horas, os sintomas clássicos da toxidez por

alumínio, apresentando ápices escurecidos e não formaram raízes secundárias. O alumínio, em seu primeiro contato com raízes de plantas sensíveis, reduz rapidamente alongação radicular provocando a paralisação das zonas de crescimento e rapidamente o surgimento da calose no ápice da raiz principal (RANGEL et al., 2007). Já em plantas tolerantes pode ocorrer a acumulação do alumínio na parede celular das raízes, sendo que quando ocorre o contato do alumínio com o ápice radicular, ocorre a ativação da exsudação de citrato no apoplasma, não ocorrendo desta forma a diminuição do crescimento radicular (RANGEL et al., 2009). Em estudos envolvendo exposições mais longas do sistema radicular, a toxidez se manifesta por meio de um conjunto de sintomas que expressam o efeito contínuo do Al no crescimento do sistema radicular, da parte aérea e na absorção e utilização de nutrientes (FAGERIA et al., 1988).

5. CONCLUSÕES

Concentrações iguais ou superiores a $0,4 \text{ Cmolc/dm}^3$ de alumínio afetaram o crescimento do sistema radicular de plântulas de Flamboyant em condições de solo.

Concentrações iguais ou superiores a $0,075 \text{ mM}$ de alumínio paralisaram o crescimento do sistema radicular de plântulas de Flamboyant em solução nutritiva simples.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D.L. de; SANTOS, G.A.; DE-POLLI, H.; CUNHA, L.H.; FREIRE, L.R.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. do; PEREIRA, N.N.C.; EIRA, P.A.; BLOISE, R.M.; SALEK, R. C. Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro. Itaguaí: Editora Universidade Rural, 1988. 179 p. (Coleção Universidade Rural. Ciências Agrárias, 2).

BALBINO MIGUEL, P.S.; GOMES, F.T.; ROCHA, W.S.T.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, C.A. e OLIVEIRA, A.V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. CES Revista, Juiz de Fora, v. 24, p. 13-30, 2010.

BEN, J.R.; MORELLI, M.; ESTEFANEL, E. Influência da calagem na toxidez de alumínio para plantas de cevada. Revista do Centro de Ciências Rurais, Campinas, v. 6, n. 2, p. 177-189, 1976.

BEUTLER, A.N.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V. Efeito do alumínio sobre o crescimento de duas espécies florestais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 25, p. 923-928, 2001.

BOLLARD, E.G. Involvement of unusual elements in plant growth and nutrition. In: LAUCHLI, A. e BRELESK, R.L. eds. Enciclopédia of Plant Physiology, p. 695-744, 1983.

BOTELHO, R.V.; PIRES, E.J.P.; TERRA, M.M.; MERCER, R.M. e KERNISKI S. Efeitos do paclobutrazol na fertilidade de gemas e no crescimento dos ramos de videiras cv rubi. Rev. Bras. Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 2, p. 345-347, Ago. 2004.

BRACCINI, M.C.L.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; SAMPAIO, N.F. e SILVA, E.A.M. Comportamento de populações de café quanto à tolerância ao alumínio em solução nutritiva. II - Efeito sobre a composição química e eficiência nutricional das plantas. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25, Viçosa, SBCS, p. 1360-1361, 1995 (Resumos expandidos).

BRACCINI, M.C.L.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; SAMPAIO, N.F.; SILVA, E.A.M. Tolerância de genótipos de cafeeiro em solução nutritiva: I. Crescimento e desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 435-442, 1998.

BLAMEY, F.P.C.; ASHER, C.J.; EDWARDS, D.S. Hydrogen and aluminum tolerance. Plant and soil, v. 99, p. 31-37, 1987.

CALBO, A.C. e CAMBRAIA, J. Efeito do alumínio sobre a composição mineral de dois cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Revista Ceres, v. 27, p. 379-384, 1980.

CALDEIRA, S.F.; CASTRO, C.K.C. Herbicidas e danos físicos em tocos de teca para controle de brotos após o desbaste. Ciência Rural, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1826-1832, out. 2012.

CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P. e FREITAS, J.G. de. Avaliação de genótipos de centeio, triticale, trigo comum e trigo duro quanto à tolerância ao alumínio em solução nutritiva. Scientia Agricola, v. 55, p. 227-232, 1998.

CAMARGO, O.A. e FURLANI, P.R. Alumínio no solo: concentração, especiação e efeito no desenvolvimento radicular. In: Simpósio Avançado de Solos e Nutrição de Plantas, 2, Piracicaba, Anais. Campinas, Fundação Cargill, p.45-69, 1989.

CAMBRAIA, J. Mecanismos de tolerância à toxidez de alumínio em plantas. In: Reunião Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2, Piracicaba, SP. Anais. Piracicaba, SBFV/ESALQ, 1989.

CLARKSON, D.T. Interactions between aluminum and phosphorus on root surface and cell wall material. Plant Soil, v. 27, p. 347-56, 1967.

CHANDRAN, D.; SHAROPOVA, N.; VANDENBOSCH, K.A.; GARVIN, D.F.; SAMAC, D.A. Physiological and molecular characterization of aluminum resistance in *Medicago truncatula*. BMC Plant Biology, v. 8, n. 89, 2008. Disponível em www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18713465, acesso em 13 mar. 2013.

CODOGNOTTO, L.M.; SANTOS, D.M.M.; LEITE, I.C.; MARIN, A.; MADALENO, L.L.; KOBORI, N.N. e BANZATTO, D.A. Efeito do alumínio nos teores de clorofilas de plântulas de feijão - mungo e labe - labe. Revista Ecosistema, Espírito Santo do Pinhal, v. 27, n. 2, p. 27-39, 2002.

CÔRREA, M.P. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, 1978.

DELHAIZE, E.; RYAN, P. R. Aluminium toxicity and tolerance in plants. *Plant Physiology*, Rockville, v.107, p.315-321, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212p, 1997.

FAGERIA, N.K.; WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C. Rice cultivar response to aluminum in nutrient solution. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 19, n. 7/12, p. 1133-1142, 1988.

FAQUIN, V. e VALE, F.R. Toxidez de alumínio e manganês. *Inf. Agropec.*, 15: p. 28-38, 1991.

FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W. Ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville: University Press of Virginia, p. 601-642, 1974.

FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 29: p. 511-566, 1978.

FOY, C.D. The physiology of plant adaptation to mineral stress. *Iowa State J. Res.*, 57: p. 355-391, 1983.

FOY, R.H. A phosphorus loading model for Northern Irish Lakes. *Water Res.* 26: p. 633-638, 1992.

FREITAS, F.A.; KOPP, M.M.; SOUSA, R.O.; ZIMMER, P.D.; CARVALHO, F.I.F. e OLIVEIRA, A.C. Absorção de P, Mg, Ca e K e tolerância de genótipos de arroz submetidos a estresse por alumínio em sistemas hidropônicos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 72-79, 2006.

GARLAND-CAMPBELL, K.A.; CARTER, T.E. Jr. Aluminum tolerance in soybean: genotypic correlation and repeatability of solution culture and greenhouse screening methods. *Crop Sci.* 30, p. 1049-1054, 1990.

GOI, S.R.; SPRENT, J.I.; JACOB-NETO, J. Effect of different sources of N on the structure of *Mimosa caesalpiniaefolia* root nodules. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 29, n. 5/6, p. 983-987, 1997.

GONÇALVES, C.A. Efeitos de diferentes formas de nitrogênio e níveis de fósforo na nodulação e estabelecimento de *Inga marginata* e *Plathymenia reticulata* Benth. UFRRJ, Seropédica, RJ, 1997, 46 p. (Dissertação/Especialista em Ciências Ambientais).

GREY, G.W.; DENEKE, F.J. *Urban forestry*. New York, John Wiley, 279 p, 1978.

JACOB NETO, J. The Interactions of H⁺/OH⁻ exchanges between roots and rhizosphere with plant nutrition and aluminum effects. University of Dundee, 1993. 281 p. (PhD. Thesis).

JACOB NETO, J.; GOI, S. R.; SPRENT, J. I. Efeito de diferentes formas de nitrogênio na nodulação e crescimento de *Acacia mangium*. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 104-110, jan./dez. 1998.

KAMPRATH, E.J. A acidez do solo e a calagem. Raleigh: Caroline State University. 1967 (Boletim Técnico, 4).

KINRAIDE, T.B.; ARNOLD, R.C.; BALIGAR, V.C. A rapid assay to assess aluminum phytotoxicity at submicromolar concentrations. Plant Physiol., 65: p. 245-250, 1985.

KINRAIDE, T.B. Aluminum enhancement of plant growth in acid rooting media. A case of reciprocal alleviation toxicity by two toxic cations. Physiol. Plant., 88: p. 619-625, 1993.

KOCHIAN, L.V. Cellular mechanism of aluminum toxicity and resistance in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Molec. Biol., 46: p.2 37-260, 1995.

KOLLMEIER, M.; FELLE, H.H.; HORST, W.J. Genotypical differences in aluminum resistance of maize are expressed in the distal part of the transition zone. Is reduced basipetal auxin flow involved in inhibition of root elongation by aluminum? Plant Physiol 122, p. 945-956, 2000.

MACEDO, F.L.; PEDRA, W.N.; SILVA, S.A.; BARRETO, M.C.V. e SILVA-MANN, R. Efeito do alumínio em plantas de Pinhão-Manso (*Jatropha curcas* L.), cultivadas em solução nutritiva. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 1, p.157-164, jan./mar. 2011.

LIGHT. Revista de Pesquisa e desenvolvimento da Light. n.3, p.74-75. 2011.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, v. 1, 368 p, 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. e OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, POTAFOS, 319 p, 1997.

MARCANTE, N.C.; CAMACHO, M.A.; PAREDES, F.P.J. Teores de nutrientes no milho como cobertura de solo. Biosci. J., Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 196-204, Mar./Apr. 2011.

MASCARÓ, L.R.; MASCARÓ, J.L. Vegetação Urbana. Porto Alegre: UFRGS, 242 p, 2002.

MAUDE, R.B. Seed borne diseases and their control - Principles and practices. Wallingford, CAB International, 280 p, 1996.

MAY, H.M. e NORDSTROM, D.K. Assessing the solubilities and reaction Kinetics of aluminous minerals in soils, In Soil Acidity, B. Ulrich, and M. E. Sumner (eds.), Springer-Verlag, p. 125-148, 1991.

MENDONÇA, R.M.N.; COELHO, A.F.S.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R e FERREIRA, P.R.G. Respostas de mudas de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims. *flavicarpa* Deg.) cultivadas em solução nutritiva, a diferentes níveis de alumínio. Revista Ceres, Viçosa-MG. Vol. 46(266), p. 358-370, 1999.

MIYASAKA, S.C.; HUE, N.V.; DUNN, M.A. Aluminum. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. Handbook of Plant Nutrition, Boca Raton, CRC Press - Taylor e Francis, p. 439-497, 2007.

MONTEZANO, Z.F.; CORAZZA, E.J.; MURAOKA, T. Variabilidade de nutrientes em plantas de milho cultivado em talhão manejado homogeneamente (1) Bragantia, Campinas, v.67, n.4, p. 969-976, 2008.

MILANO, M.S. e DALCIN, E.C. Arborização de vias públicas. Rio de Janeiro. Light, 2000.

NOLLA, A.; SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Crescimento, morfologia radicular e liberação de compostos orgânicos por plântulas de soja em função da atividade de alumínio na solução do solo de campo natural. Revista Ciência Rural, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 97-101, 2007.

NOWAK, D.J.; CRANE, D.E. The Urban Forest Effects (UFORE) Model: quantifying urban forest structure and functions. In: Hansen, M. and T. Burk (Eds.) Integrat Tools for Natural Resources Inventories in the 21 St Century. Proc. Of the IUFRO Conference. USDA Forest Service General Technical Report NC-212. North Central Research Station, St. Paul, Mn. Pp. 714-720, 2000.

OLIVEIRA C.H. Planejamento ambiental na Cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas. PPG-ERN/UFSCar, São Carlos, SP, 1996. 181p. (Tese de mestrado).

OLIVEIRA, L.E.M. Crescimento e comportamento nutricional de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*, Grantz), submetidos a níveis de alumínio. Viçosa: UFV, 1979. 39 p. (Dissertação de Mestrado).

PEIXOTO, P.H.P.; PIMENTA, D.S.; CAMBRAIA, J. Alterações morfológicas e acúmulo de compostos fenólicos em plantas de sorgo sob estresse de alumínio. Bragantia, Campinas, v. 66, n. 1, p. 17-25, 2007.

POLLE, E.; KONZAC, C.F.; KITTRICK, J.A. Visual detection of aluminum tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedling roots. Crop Science, v. 18, p. 823-827, 1978.

PORTALUPPI, R.; BRAMMER, S.P.; MAGALHÃES, J.V.; COSTA, C.T.; CAIERÃO, E.; NASCIMENTO JUNIOR, A. e SILVA JUNIOR, J.P. Tolerância de

genótipos de cereais de inverno ao alumínio em cultivo hidropônico e em campo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 45, n. 1, p. 178-185, jan. 2010

POSSEBON, M. M.; DIAS, M. P. M.; FLORES, A. R. Plano de arborização urbana do município de Vila Nova do Sul/RS – primeira parte. 1º Encontro Gaúcho de Arborização Urbana. Pelotas/Rs, nov./1999.

RAMOS, D.P.; CASTRO, A.F. e CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Ser. Agron., 8:1-27, 1973.

RANGEL, A.F.; RAO, I.M. e HORST, W.J. Spatial aluminum sensitivity of root apices of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes with contrasting aluminum resistance. Journal of Experimental Botany 58: p. 3895-3904, 2007.

RANGEL, A.F.; RAO, I.M. e HORST, W.J. Intracellular distribution and binding state of aluminum in root apices of two common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes in relation to Al toxicity. Physiologia Plantarum 135: p. 162-173, 2009a.

RAVEN, J.A.; FRANCO, A.A.; JESUS, E.L. e JACOB-NETO, J. H⁺ extrusion and organic-acid synthesis in N₂-fixing symbioses involving vascular plants. New Phytologist. 114. p. 369-389. 1990.

RAVEN, J.A.; SMITH, F.A. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. New Phytologist., v. 76, p. 415-431, 1976.

RENGEL, Z. Role of calcium in aluminum toxicity. New Phytol. 121: p.499-513, 1992.

RHUE, R. Differential aluminum tolerance in crop plants. In: Stress physiology of crop plants. Musseld, H and Staple, R. (eds). p. 62-80, 1979.

ROSSIELLO, R.O.P. e JACOB-NETO, J. Toxidez de alumínio em plantas: Novos enfoques para um velho problema. In: FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 432 p, 2006.

SALATINO, A. Nós e as plantas. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v.24, n.4 (suplemento), p. 483-490, 2001.

SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA E. e CABRAL, C.P. Revista Brasileira Ciência de Solo, 24: p. 787-796, 2000.

SANTOS, C.A.C.; ALMEIDA, J.; SANTOS, A.R.; VIEIRA, E.L. e PEIXOTO, C.P. Rúcula em cultivo hidropônico submetida a diferentes concentrações de alumínio. Biosci. J., Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 905-912, Nov./Dec. 2010.

SANTOS, F.C.; NOVAIS, R.P.; NEVES, J.C.L.; FOLONI, J.M.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. e KER, J.C. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. R. Bras. Ci. Solo, 32: 2015-2025, 2008.

SCOTT, B.J.; FISCHER, J.A.; SPHOR, L.J. Tolerance of australian wheat varieties to aluminum toxicity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 23, n. 5/6, p. 509-526, 1992.

SILVA, L.A. Validação do efeito do gene AltSB que controla a tolerância ao alumínio em sorgo. Lavras: UFLA, 2008. 75 p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, A.C. Avaliação da tolerância ao alumínio em plântulas de maracujazeiro e mamoeiro. Seropédica: UFRRJ, 2009. 61 p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, L.M.; COSTA, N.V.; CRUSCIO C.A.C. e VIEGAS, P.R.A. Sistema radicular de cultivares de arroz submetidas ao alumínio em solução nutritiva. *Revista Agrarian*. Dourados, v. 4, n. 13, p. 202-212, 2011.

SIVAGURU, M.; BALUSKA, F.; VULKMANN, D.; FELLE, H.H.; HORST, W.J. Impacts of aluminum on the cytoskeleton of maize root apex: short-term effects on the distal part of the transition zone. *Plant Physiology*, Rockville, v. 119, n. 3, p. 1073-1082, 1999.

SIVAGURU, M.; HORST, W.J.; ETICHA, D.; MATSUMOTO, H. Aluminum inhibits apoplastic flow of high-molecular weight solutes in root apices of *Zea mays* L. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 169: p. 679-690, 2006.

SOBRAL, A.F. e GUIMARÃES, V.O.S. Relação entre a toxidez do alumínio e a produção de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.27, n. 2, p. 287- 292, fev. 1992.

SHUMAN, L.M.; WILSON, D.O.; DUNCAN, R.R. Screening wheat and sorghum cultivars for aluminum sensitivity at low aluminum levels. *Journal of plants Nutrition*, v. 16, 1993.

SPOSITO, G. 1989. *The chemistry of soils*. Oxford University Press, Inc. 277p.

TAYLOR, G.J.; MCDONALD-STEPHENS, J.L.; HUNTER, D.B.; BERTSCH, P.M.; ELMORE, D.; RENGEL, Z.; REID, R.J.: Direct measurement of aluminum uptake and distribution in single cells of *Chara corallina*. *Plant Physiology*, Stanford, v. 123, p. 987-996, 2000.

TAYLOR G.J. The physiology of aluminum tolerance in higher plants. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*. v. 19, p. 1179-1194, 1988.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Method 3052 - Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. 1996. 20 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3052.pdf>>. Acessado em: 25 de junho de 2012.

VASCONCELOS, S.S. Métodos de avaliação da tolerância à toxicidade de alumínio em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). Seropédica: UFRRJ, 1997. 137 p. (Dissertação de Mestrado).

VELASCO, G.D.N. Arborização viária x sistemas de distribuição de energia elétrica: avaliação de custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos. Piracicaba: ESALQ-USP. 2003. 117 p. (Dissertação de mestrado).

VELOSO, C.A.C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E. e CARVALHO J.G. Efeitos do alumínio em pimenteiras do reino (*Piper nigrum* L.) cultivadas em solução nutritiva. Sci. Agri., Piracicaba, 52(2): p. 368-375, mai./ago. 1995.

WAGATSUMA, T.; KANEKO, M. High toxicity of hydroxy-aluminum polymer ions to plant roots. Soil Sci. Plant Nutr., Tokyo, v. 33, p. 57-67, 1987.

WILKINSON, H.F. Nutrient movement in the vicinity of plant roots. In: FAGERIA, N. K. Solos Tropicais e Aspectos Fisiológicos das Culturas. Brasília: EMBRAPA – DPU, p. 420, 1989.

ZHENG, S.; YANG, J. Target sites of aluminum phytotoxicity. *Biologia Plantarum*, v. 49, n. 3, p. 321-331, 2005. Disponível em: www.ingentaconnect.com/content/klu/biop/2005/ Acesso em 15 març. 2013.

CAPITULO II

AVALIAÇÃO DA PODA E DE SUA ASSOCIAÇÃO COM INIBIDORES DE CRESCIMENTO EM DUAS ESPÉCIES ARBÓREAS

RESUMO

POLESE, Valéria. **Avaliação da poda e de sua associação com inibidores de crescimento em duas espécies arbóreas.** Seropédica-RJ, UFRRJ, 2013. 76p. (Dissertação, Mestrado em Fitotecnia).

O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da poda e da sua associação com inibidores de crescimento em espécies arbóreas. Neste trabalho foram realizados quatro experimentos, sendo dois com Sabiá (*Mimosa caesalpinieafolia* Benth.), um com Sombreiro (*Clitoria fairchildiana* Howard), e outro experimento para avaliação de fitotoxicidade a herbicidas utilizando Pepino (*Cucumis sativus* L.) como planta indicadora. Os experimentos foram instalados no Departamento de Fitotecnia-UFRRJ, Seropédica. No experimento 1 (Sabiá) todas as plantas foram decepadas a 2 m de altura, onde foram aplicados os tratamentos: Testemunha, 2,4-D+Picloram, e Picloram. No experimento 2 (Sabiá) todas as plantas foram podadas retirando 1/3 da copa aplicando os tratamentos: Testemunha, HCl, AlCl₃, Picloram e Corte rente (sem poda de 1/3 da copa). O experimento 3 foi realizado com Sombreiro testando como tratamentos tipos de corte em relação ao tronco principal: rente, deixando toco de 20 cm e de 40 cm. O experimento 4 (Pepino) foi instalado no solo proveniente do primeiro experimento com Sabiá. No experimento 1, o tratamento com Picloram atrasou o início da rebrota, fator importante para o presente estudo, a fim de que demorem chegar à fiação de energia elétrica. No experimento 2, apenas o tratamento Picloram apresentou comprimento e diâmetro de brotos um pouco menores em relação aos demais tratamentos. No experimento 3 foi verificado que o corte rente não apresentou novas brotações até os 145 dias após a poda. No experimento 4 (Pepino) ocorreu toxidez mais intensa no tratamento com Picloram. Conclui-se que o Picloram foi uma alternativa eficiente para manejo de brotações em plantas adultas de Sabiá, retardando emissão de novas brotações após a poda e aplicação do produto, assim como a mistura 2,4-D+Picloram foi eficiente, pois apresentou brotações com comprimentos pequenos, atrasando a realização de nova poda. Em plantas de Sombreiro dentre os tipos de cortes testados, o corte rente foi mais eficiente, atrasando a emissão de novas brotações aumentando o período para a realização de uma nova poda. Ocorreu toxidez por Picloram em plantas de Pepino devido à translocação e exsudação radicular no solo pelas plantas de Sabiá.

Palavras chave: Arborização urbana, poda, alumínio, herbicidas.

ABSTRACT

POLESE, Valéria. **Evaluation of the pruning and of the association of the pruning with growth inhibitors in two arboreal species.** Seropédica-RJ, UFRRJ, 2013. 76p. (Dissertation, Master of Science in Fitotecnia).

The objective of this work was of studying the effects of the pruning and of his/her association with growth inhibitors in arboreal species. Three experiments were accomplished with the species arboreal Sabiá and Sombreiro, and one with phytotoxicity evaluation the herbicides using Pepino (*Cucumis sativus* L.) as indicative plant. The experiments were installed in the Department of Fitotecnia-UFRRJ, Seropédica. In the first experiment with Sabiá all the plants were cut off 2 m of height, and they were applied the treatments: control, 2,4-D+Picloram, and Picloram. In the second I try with Sabiá all the plants were pruned removing 1/3 of the cup and applying the treatments: testifies, HCl, AlCl₃, Picloram and nearby Cut (without pruning of 1/3 of the cup). The third experiment was accomplished with Sombreiro testing as treatments cut types in relation to the main trunk: nearby, leaving stub of 20 cm and of 40 cm. The experiment with Pepino was installed in the originating from soil the first experiment with Sabiá. In the first experiment, the treatment Picloram delayed the beginning of the regrowth, important factor for the present study, so that they delay to arrive to the electric power spinning. In the second I try with Sabiá, just the treatment Picloram presented length and diameter of sprouts a little smaller in relation to the other treatments. In the experiment with Sombreiro was verified that the nearby cut didn't present new regrowth until the 145 days after the pruning. In the experiment with Pepino happened more intense toxidez in the treatment with Picloram. Was ended that Picloram went an efficient alternative for budding handling in adult plants of Sabiá, delaying emission of new budding after the pruning and application of the product. In the same way, the mixture 2,4-D+Picloram was efficient, because it presented regrowth with small lengths, delaying the accomplishment of new pruning. In plants of Sombreiro among the types of tested cuts, the nearby cut was very efficient, delaying the emission of new budding increasing the period for the accomplishment of a new pruning. It happened toxidez for Picloram in plants of Pepino due to the translocation and exudation root in the soil for the plants of Sabiá.

Words key: Urban forestation, prunes, aluminum, herbicides.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as muitas plantas utilizadas na arborização urbana, está o Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), também conhecido como sansão-do-campo, pertence à família Fabaceae/Mimosoideae, ocorre naturalmente nos Estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará, na região Nordeste do Brasil. É uma espécie com potencial para diversos usos, incluindo recuperação de áreas degradadas e sua madeira é apropriada para usos externos, como moirões, estacas, postes, para lenha e carvão. Sua folhagem constitui valiosa forragem para o gado durante longa estiagem e apresenta ainda características ornamentais, favorecida pela forma entouceirada sendo largamente empregada no paisagismo em geral e principalmente como cerca viva. A espécie caracteriza-se por apresentar rebrota rápida e vigorosa após o corte do tronco, com alta emissão de brotações. É tolerante à luz direta, possui rápido crescimento, sendo ideal para reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas (LORENZI, 2000). A rebrota pode iniciar sete dias após do corte do tronco, o número de brotos chega a ser superior a 12, também existindo a possibilidade de rebrota das raízes.

Outra espécie bastante utilizada nas cidades é o Sombreiro (*Clitoria fairchildiana* Howard), árvore nativa da região Amazônica, pertencente à família das Fabaceae/Papilionoidea. Sua distribuição concentra-se principalmente na Floresta Ombrófila Densa na Amazônia em formações secundárias e apresenta nítida preferência por solos férteis e úmidos. É frequentemente utilizada na arborização urbana de diversos estados brasileiros dentre estes o Rio de Janeiro. Espécie rústica e de rápido crescimento, é extremamente útil nos reflorestamentos heterogêneos destinados à reconstituição da vegetação (LORENZI, 1992). Foi introduzida na arborização de ruas, praças públicas, rodovias e estacionamentos desde 1940, devido à sua copa larga e frondosa e ao seu rápido crescimento. Esta planta no ambiente urbano pode vir a entrar em conflito com prédios, calçadas e fiações de energia do setor elétrico, requerendo anualmente deste setor grande investimento de recursos financeiros e de mão-de-obra para o manejo destas.

Geralmente as plantas arbóreas sob linhas de distribuição de energia elétrica ou próximas a residências, prédios e tubulações, por necessitarem de podas frequentes, produzem um custo elevado para os responsáveis pela mesma, tornando-se onerosa, principalmente para grandes áreas. No ambiente urbano é comum encontrar plantas completamente desfiguradas, doentes e subnutridas, portanto para a realização da poda é necessário conhecer detalhadamente a técnica e seus objetivos, sendo que a poda se mal realizada pode causar um desequilíbrio do eixo da planta, permitir a entrada de patógenos, e modificar o fluxo de nutrientes, entre outros fatores negativos (SEITZ, 1990).

Diversas metodologias têm sido propostas para poda mecânica de plantas, especialmente as arbóreas (SEITZ, 1990). A maioria das pesquisas nesta área é realizada com plantas frutíferas como manga, uva, figo entre outras, visando à produção agrícola (SOUZA, J.S. INGLES, 1983). Em um corte transversal do caule, pode-se observar a epiderme, o córtex, o cilindro vascular e a medula. A epiderme, apresentando cutícula e podendo apresentar alguns estômatos. O córtex é a região de sistema fundamental que está abaixo da epiderme e externa ao cilindro vascular. No córtex podem estar presentes laticíferos, ductos de mucilagem ou de resina. (VIDAL e VIDAL, 2000; APPEZATO-DA-GLORIA, 2003).

DIAS et al., (2003) estudando poda de produção em ramos de diferentes diâmetros no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da pinheira (*Annonas quamosa*

L.) observou que ramos de maiores diâmetros (11 a 14 mm) produziram brotações com mais vigor, e considerou que isso se deve à maior disponibilidade de reservas nesses ramos mais grossos, e esses também apresentaram um crescimento superior aos demais ramos pequenos (3 a 6 mm de diâmetro) e medianos (7 a 10 mm de diâmetro). Outros estudos nesta área do conhecimento são os que envolvem o manejo da madeira, como realizado por SCHNEIDER et al., (1999), que avaliaram a influência da intensidade de desrama sobre a produção de madeira de *Pinus elliottii* Engelm, foi testando a desrama nas intensidades: T1 – testemunha (sem desrama); T2 - desrama dos ramos seco; T3, T4 e T5 respectivamente desrama de 40, 50 e 60% da altura total das árvores. Os autores puderam observar que o diâmetro e a produção de madeira foram fortemente influenciados pela intensidade da desrama, onde a menor perda de produção foi no tratamento com desrama de 40 %, e a maior ocorreu no tratamento com desrama de 60 %. Através destes resultados, observou-se que a utilização de desrama com intensidade inferior a 40 % da altura total das árvores, permitiu assim menores perdas de produção, ganhos em incremento diamétrico e na qualidade da madeira.

CODER et al., (1998) descreveram os efeitos da poda no crescimento da árvore considerando três importantes caminhos de controle de crescimento: o primário, sendo ponto de crescimento terminal, exigindo a maioria dos fotoassimilados ao longo destes; o ativo, ramo produtivo gerando fotoassimilados e havendo excesso pode ser armazenado; marginal, este pode ter sido ativo, e talvez por baixa luminosidade passou a marginal, gerando fotoassimilados apenas para ele. Os autores citam que a poda gera a ferida na planta, modificando o crescimento e gerando uma série de adaptações nos pontos de crescimento. Também cita as conseqüências da poda dependendo do ramo podado: caminhos primários saudáveis estimulam muitos pontos crescentes novos, caminhos ativos saudáveis estimulam alguns pontos de crescimento, caminhos marginais e insalubres não estimulam nenhum ponto crescente.

Para a correta execução da poda, é imprescindível conhecer os processos de multiplicação das células que comandam o crescimento do tronco. A multiplicação celular em um organismo vegetal ocorre nas gemas terminais, promovendo o aumento de comprimento dos galhos, e no câmbio, região entre o floema e o xilema, promovendo o crescimento em diâmetro dos troncos.

No caso das árvores urbanas a proposta é de manejar as doses de inibidores a fim de que inibam o crescimento dessas plantas sem que ocorra a morte ou fiquem em estado deplorável. Diante disso estudos para que estes produtos auxiliem a poda de espécies arbóreas como Sabiá, Sombreiro, Oitis, Amendoeira, dentre outras, se fazem necessários para um bom manejo destas plantas a fim de danificá-las o mínimo possível, diminuindo assim a freqüência de podas e possíveis transtornos, além de menores gastos das empresas envolvidas e das prefeituras das cidades. Estas espécies arbóreas também são comumente encontradas no meio rural, também dificultando a operação de manutenção das linhas de distribuição das concessionárias elétricas, o que enfatiza a importância do presente estudo.

Como relatado no capítulo I são bastante estudados os efeitos negativos do alumínio às plantas, causando fitotoxidez, causando danos principalmente ao sistema radicular, onde as células em contato direto com Al sofrem alterações de natureza genética e fisiológica, mudando seu comportamento de crescimento, geralmente atrofiando desenvolvimento das raízes (BARCELÓ e POSCHENREIDER 2002; SIMINOCOVA et al., 2004; ROSSIELLO e JACOB-NETO, 2006). Porém pouco se conhece sobre a aplicação de alumínio na área do corte após a poda, como inibidor de crescimento de modo a diminuir a incidência de novas brotações. A idéia central é de modificar esse ambiente de forma que iniba ou desacelere o crescimento de novas

brotações, sendo que esta aplicação pode vir a acidificar a região, afetando assim a brotação das gemas dormentes, de forma que o Al funcione como um inibidor de crescimento.

Hormônios vegetais são definidos como substâncias orgânicas, ativas em pequenas concentrações, produzidas em um tecido e transportadas para outro na planta, onde provocam as respostas fisiológicas RAVEN et al., (1978). Chama a atenção para o fato de que muitos hormônios possuem influências inibidoras, sendo, portanto, mais apropriado considerá-los como mensageiros químicos do que como estimuladores. A aplicação de reguladores de crescimento pode ser feita via foliar, tratamento de sementes ou estacas ou ainda via solo, de maneira que as substâncias sejam absorvidas e possam exercer sua atividade CASTRO e MELOTTO (1989). O crescimento das plantas é grandemente influenciado pelo uso de reguladores vegetais que podem alterar diferentemente os órgãos das plantas, influenciando seu porte final, a produção de massa seca e, conseqüentemente, a produtividade (MARTINS e CASTRO, 1999). Já RADEMACHER (2000) retardantes vegetais são compostos sintéticos utilizados para reduzir o crescimento longitudinal da parte aérea das plantas, sem diminuição da produtividade. No Brasil os herbicidas são utilizados principalmente com objetivo de atingir e eliminar a planta alvo, auxiliando no controle da interferência das plantas daninhas em culturas de interesse agrícola, podendo ser utilizados em pátios de empresas, rodovias dentre outros, mas sempre visando um interesse econômico.

Os herbicidas atuam sobre sistemas enzimáticos ou proteínas específicas das plantas alterando assim a sua função. As rotas em que os herbicidas agem devem ser fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas de forma que o seu bloqueio promova a paralisação do crescimento ou a morte das plantas. Muitos foram originalmente desenvolvidos como reguladores de crescimento. Com o aumento das doses ou com a maior atividade dos compostos permitiram que ocorresse a morte das plantas. O 2,4-D (Ácido dicloroacético) é o primeiro exemplo muito importante e foi originalmente desenvolvido como uma auxina e que em maiores doses gerou efeito herbicida (MOUSDALE et al., 1991). Herbicidas como o glyphosate, que pertence ao grupo químico das glicinas, são utilizados para o controle de gramíneas e ervas de folhas largas anuais e perenes, sendo absorvido pelas plantas por difusão através da cutícula. Sua atuação nos vegetais inibe a produção de enzimas específicas, suspendendo a síntese de aminoácidos aromáticos (ARAÚJO, 2002). O glyphosate é o herbicida de maior uso em todo o mundo e o seu mercado tem crescido continuamente nas últimas décadas. Seu uso combinado com a poda é encontrado em controle de plantas de bambu, segundo CZARNOTA (2007). Outros produtos como o paclobutrazol é muito utilizado como retardador de crescimento, principalmente na cultura da manga (FERRARI e SERGENT, 1996).

Nos estudos envolvendo herbicidas se faz importante o conhecimento de seu mecanismo de ação. Como exemplo os herbicidas mimetizadores de auxinas, que atuam na divisão celular, no crescimento do caule e crescimento de folhas, sendo translocados via xilema e floema, controlando plantas de folhas largas e podendo causar danos em gramíneas, se enquadram nesta classe o 2,4-D e o Picloram. Supõe-se que esses produtos interferem na ação da enzima RNA-polimerase e, conseqüentemente na síntese de proteínas e ácidos nucléicos, induzindo intensa proliferação celular em tecidos, causando retorcimento do caule e epinastia de folhas. Além disso há o bloqueio do floema, impedindo o movimento dos fotoassimilados das folhas para as raízes, desta forma provocando o esgotamento das reservas de energia da planta daninha e finalmente a sua morte (SILVA e SILVA, 2009).

O 2,4-D foi o primeiro herbicida seletivo descoberto para o controle de plantas daninhas latifolioladas anuais, é recomendado para pastagens, e gramíneas em geral. Possui persistência curta a média nos solos, a atividade residual não excede a quatro semanas em solos argilosos e clima quente. Movimenta-se pelo floema, e ou, xilema acumulando-se nos meristemas de pontos de crescimento (SILVA e SILVA, 2009). O 2,4-D é encontrado em diferentes marcas e formulações no mercado brasileiro. O Tordon (Dow Agrosiences), mistura de 2,4-D+Picloram é recomendado para o controle de plantas invasoras na cultura de arroz e para o controle de dicotiledôneas indesejáveis de porte arbóreo, arbustivo e subarbustivo em pastagens, áreas industriais, estradas de ferro e linhas de alta tensão e para erradicação de touças de eucalipto na reforma de áreas florestais. Pode fazer o pincelamento ou pulverização de tocos: calda de 2 a 4 %.

O Picloram (ácido 4-amino 3,5,6 triclora-2-piridinacarboxílico) é um produto muito ativo sobre dicotiledôneas, sendo muito utilizado em mistura com o 2,4-D. É fracamente adsorvido pela matéria orgânica ou argila, com longa persistência, possui meia vida de 20 a 300 dias e fácil mobilidade no solo, podendo se acumular no lençol freático, também pode permanecer ativo na matéria orgânica em pastagens tratadas com este produto (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Para o manejo da rebrota em árvores normalmente é realizado o pincelamento ou a pulverização dos tocos. É fundamental que a aplicação no toco seja realizada imediatamente após o corte, antes que se inicie o processo de cicatrização, o que pode dificultar a absorção e a translocação do herbicida até as raízes (SILVA et al., 2002).

Para herbicidas aplicados ao solo é muito importante o conhecimento das características químicas e físicas do solo, especialmente pH, textura e teor de carbono orgânico, uma vez que essas propriedades podem influenciar a escolha da dose a ser utilizada. Para herbicidas aplicados na área do corte, após a poda, deve-se conhecer a translocação do herbicida na planta, podendo posteriormente essa substância ser exsudada no solo através do sistema radicular e causar danos ao meio ambiente. Uma das técnicas mais comuns para identificação de herbicida no solo ou na água é por meio de bioensaios, utilizando plantas indicadoras que apresentam fácil cultivo, rápido desenvolvimento e alta sensibilidade aos herbicidas avaliados (NYFFELER et al., 1982; SOUZA, 1999).

São objetos deste estudo técnicas eficientes que diminuam as podas, facilitando o manejo do sistema, utilizando tipos de poda e a associação desta aos produtos químicos, inibidores de crescimento. Estudos como este não tem sido muito desenvolvidos. Vale considerar que o uso indiscriminado de produtos químicos no meio urbano, como os herbicidas, não é recomendado (ANVISA, 2010). Entretanto os herbicidas podem atuar como reguladores de crescimento se estiverem em subdoses, em baixas concentrações.

Em plantas jovens, é conhecido que a planta pode emitir novos ramos para compensar a parte podada. Em plantas adultas após a realização da poda, novos ramos podem se direcionar as fiações de energia, podendo causar transtornos, além da maior frequência da poda que requer milhões de reais anualmente. Diante disso, novas pesquisas visando entender as interações envolvidas, neste complexo campo de conhecimento devem ser desenvolvidas.

Devido da necessidade de podas frequentes em plantas no ambiente urbano torna-se fundamental a criação de novas metodologias que visem à minimização da rebrota nas árvores podadas sob linhas energizadas, como por exemplo, aplicar produtos químicos como inibidores de crescimento na área do corte após a poda, e efetuar técnicas de poda adequadas, evitando que ocorram novas brotações no local. O objetivo

deste trabalho foi estudar alternativas de poda e a associação desta com inibidores de crescimento em duas espécies arbóreas (Sabiá e Sombreiro).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os experimentos deste capítulo tiveram delineamento experimental inteiramente casualizado e com quatro repetições (4 plantas). Nos experimentos 1, 2 e 3, para a realização da poda foi utilizado o moto-poda (modelo Sthil HT 131). As podas neste trabalho foram realizadas de forma a simular a um processo de conflito entre as linhas de distribuição de energia elétrica e as plantas sob elas. As medições de comprimento e diâmetro de novas brotações foram realizadas periodicamente, utilizando fita métrica e paquímetro. Cada broto emitido foi identificado com etiquetas plásticas para posterior avaliação.

Antes de iniciar o presente trabalho várias visitas foram realizadas no estado do Rio de Janeiro, para observar a metodologia utilizada pelas equipes de poda das empresas de energia elétrica.

2.1. Experimento 1 – Sabiá

Este foi instalado na data 15/06/12, realizado com plantas adultas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), localizadas na área do Departamento de Fitotecnia - Instituto de Agronomia/UFRuralRJ, Seropédica. Localizado a 33 metros de altitude, a 22°45'42,33" de latitude Sul e 43°42'3,01,87" de longitude Oeste de Greenwich. Foram realizados os seguintes tratamentos: testemunha (apenas a poda); poda+aplicação de 2,4-D+Picloram; e poda+aplicação de Picloram. A poda foi realizada nas plantas a uma altura de 2 m do solo, sendo toda a copa da planta retirada. Sobre a área do corte foram aplicados com auxílio de um pincel os produtos químicos. Foi utilizado o produto comercial Tordon (Dow Agrosciences), que é uma mistura de 402 g/L do ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D), e de 103,6 g/L do ácido 4-amino-3,5,6-tricloropicolínico (Picloram). A partir deste produto foi preparada uma solução de 2%, sendo aplicando 80 ml por planta neste tratamento. Para a aplicação do Picloram foi utilizado o produto comercial Padron (Dow Agrosciences) constituído pelo ácido 4-amino-3,5,6-tricloropicolínico-Picloram, na concentração de 388 g/L. Foi então preparada uma solução de 1% do produto comercial, que foi aplicada 80 ml a cada planta.

2.2. Experimento 2 – Sabiá

O experimento foi instalado no dia 01/10/12. Para a realização deste também foram utilizadas plantas adultas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) localizadas na área do Departamento de Fitotecnia - IA/UFRuralRJ, Seropédica. Localizado a 33 metros de altitude, a 22°46'0,40" de latitude Sul e 43°41'44,87" de longitude Oeste de Greenwich. O experimento associou novamente a poda à aplicação de produtos químicos na área do corte, embora fosse utilizado um tratamento adicional que onde não foi aplicado produto químico, com a poda realizada rente ao caule. Nos tratamentos onde foi utilizado produtos, estes foram aplicados na área do corte logo após a poda, que foi realizada retirando um 1/3 da copa de um lado da planta. Os tratamentos aplicados na poda de 1/3 foram: 1) Testemunha (apenas poda); 2) Picloram 1%; 3) HCl 0,5 M; 4) AlCl₃ 0,5 M; sendo o tratamento 5) apenas o Corte rente. O preparo da

solução de Picloram foi igual a do experimento 1, sendo colocada também 80 ml de solução por planta. Foram aplicados 100 ml das soluções de HCl e AlCl₃ por planta.

2.3. Experimento 3 - Sombreiro

Este experimento foi instalado no dia 20/07/12, foram utilizadas plantas adultas de Sombreiro (*Clitoria fairchildiana* Howard) realizando diferentes tipos de corte. O experimento foi instalado na área do Departamento de Fitotecnia - IA/UFRuralRJ, Seropédica. Localizado a 33 metros de altitude, a 22°45'39" de latitude Sul e 43°41'58,36" de longitude Oeste de Greenwich. Os tratamentos foram tipos de corte em relação ao tronco principal da planta: 1) rente; 2) deixando toco de 20 cm; 3) deixando toco de 40 cm. Na implantação do experimento foram medidos os diâmetros dos galhos podados e os diâmetros a altura do peito (Tabela 1). Neste experimento foi podado um galho por planta e também foram avaliadas as áreas adjacentes a area do corte em cerca 0,5 m.

Tabela 1. Dados médios do diâmetro a altura do peito (DAP) das árvores de cada tratamento e diâmetro médio dos galhos podados (DGTP) de cada tratamento do experimento.

Tratamentos	DAP (cm)	DMGP (cm)
Corte rente	20,38	10,9
Corte aos 20 cm	18,78	10,9
Corte aos 40 cm	15,92	8,67

Vale ressaltar que os dados climáticos (Tabela 2) provalvemnte não influenciaram os resultados da brotação, visto que apesar de ter ocorrido variação climática, principalmente na precipitação pluviométrica, os tratamentos aplicados responderam.

Tabela 2. Dados de temperatura, umidade relativa e precipitação nos meses de 2012, época da realização dos experimentos.

Mês	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)			Chuva (mm)
	máx.	mín.	máx.	mín.	média	Acumulada
Junho	26,9	18,5	98,6	65,2	81,9	88,3
Julho	29,2	16,9	98,6	46,3	72,5	5,5
Agosto	27,9	15,7	98,0	46,9	72,4	30,4
Setembro	29,2	17,2	97,2	47,5	72,4	77,6
Outubro	31,7	19,7	95,6	46,2	70,9	61,2
Novembro	28,3	20,1	98,1	64,6	81,4	101,2
Dezembro	35,3	23,0	95,9	47,6	71,8	138,6

Fonte: Estação Meteorológica INMET, 2012.

2.4. Experimento 4 – Pepino

Para verificar a fitotoxicidade dos resíduos dos produtos químicos 2,4-D+Picloram e Picloram foi realizado o experimento 4 foi utilizado o Pepino (*Cucumis sativus* L.) como planta indicadora, utilizando como substrato o solo coletado nas parcelas do experimento 1. O experimento foi realizado em casa de vegetação

(Temperaturas diária de 39,5°C e noturna de 20°C) no Departamento de Fitotecnia - IA/UFRuralRJ, Seropédica. Localizada a 33 metros de altitude, a 22°45'54.52" latitude Sul e 43°41'52.50" longitude Oeste de Greenwich. Após 60 dias da instalação do experimento 1 foi coletada uma amostra composta de solo ao redor do caule de cada uma das plantas de Sabiá, em até 20 cm de profundidade, o experimento com pepino teve 16 repetições. Após o solo ter sido devidamente peneirado, foram colocados 300 g deste em copos plástico (300 g) para o cultivo, nestes foram semeadas 5 sementes de pepino e após a germinação foi feito o desbaste deixando 3 plântulas por vaso. A irrigação foi realizada diariamente até a capacidade de campo. A coleta com análise destrutiva foi realizada 13 dias após a germinação, avaliando a altura de plântula. As raízes e a parte aérea foram coletadas, e posteriormente secas em estufa sem ventilação forçada a 60° C até atingir o ponto ideal para pesar a massa seca do material (g).

As análises estatísticas dos experimentos foram realizadas, depois de verificada a homogeneidade e normalidade dos dados, no teste Tukey a 5 % de significância, utilizando o software SAEG. Todas as diferenças ditas significativas no texto são com base na análise estatística.

3. RESULTADOS

3.1. Experimento 1 – Sabiá

A Figura 1 refere-se ao número de brotos total de cada tratamento, surgidos após a poda, e nesta pode-se observar que a testemunha e o tratamento com Picloram+2,4-D emitiram brotações desde os 15 dias, já no tratamento com Picloram só identificou-se brotação aos 60 dias após a instalação do experimento.

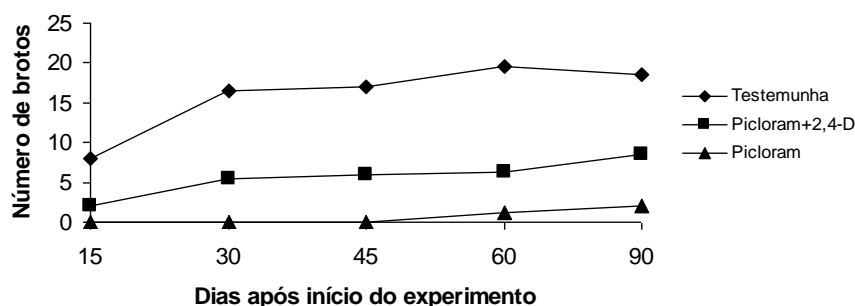


Figura 1. Número de brotos em plantas de Sabiá dias após o início do experimento.

Na figura 2 encontram-se as avaliações de comprimento de broto em plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). Aos 15 e 30 dias após a instalação do experimento (Figura 2.A e B) pode ser observado que o tratamento utilizando o Picloram não apresentou brotações, este foi inferior aos tratamentos testemunha e 2,4-D+Picloram que apresentaram brotações desde a primeira avaliação, (Aos 15 dias). Aos 45 dias após (Figura 2.C) o tratamento com Picloram continuou não apresentando brotações, mas nesta data o tratamento com 2,4-D+Picloram foi diferente estatisticamente ao tratamento testemunha, sendo superior a este.

Aos 60 dias após a instalação do experimento (Figura 2.D) o tratamento com Picloram continuou a apresentar o menor comprimento de broto, entretanto suas médias não foram diferentes do tratamento com o 2,4-D+Picloram. Aos 90 dias (Figura 2.E) o tratamento com Picloram foi inferior à testemunha, e o tratamento com 2,4-D+Picloram

não diferiu estatisticamente dos demais. Aos 180 dias (Figura 2.F) não ocorreram diferenças significativas. Na última avaliação, realizada aos 180 dias, o comprimento dos brotos atingiram valores superiores a 110 cm. Os coeficientes de variação obtidos nas avaliações de comprimento de brotação apresentaram valores elevados. Deve-se considerar que valores de comprimento de brotos inferiores são resultados bons para o objetivo do estudo.

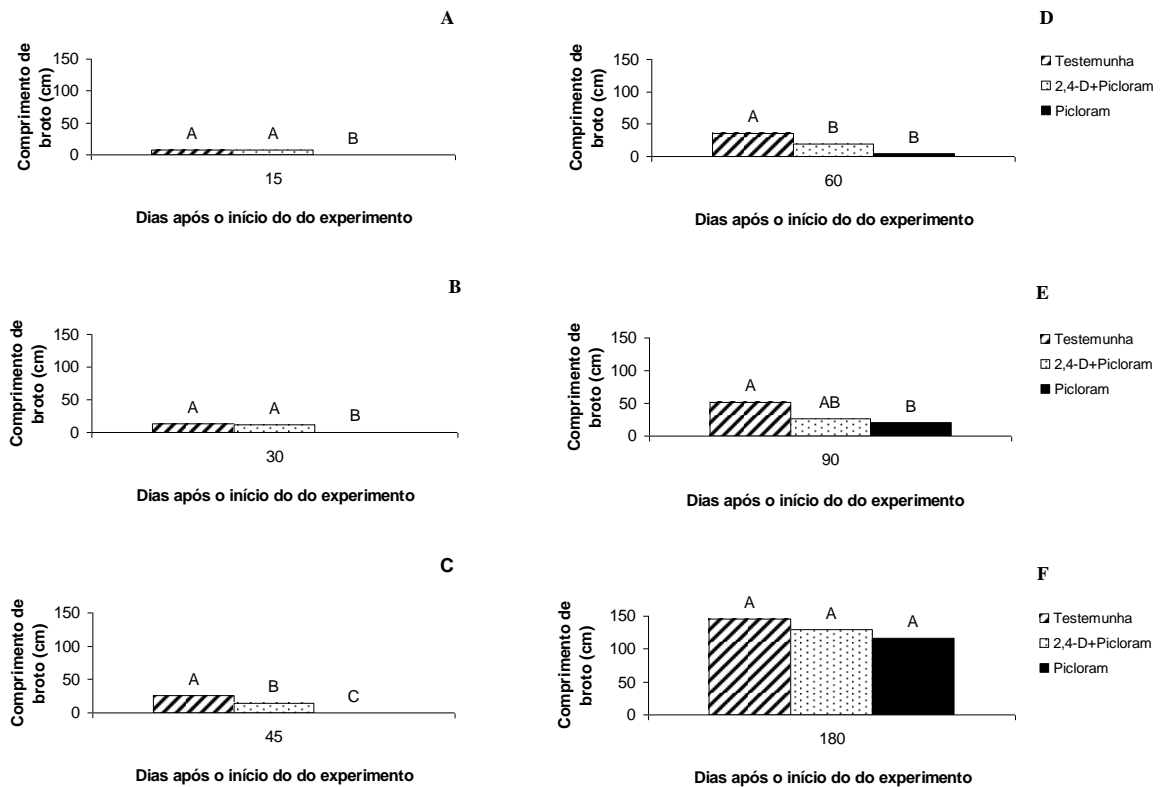


Figura 2. Comprimento de brotos em plantas de sabiá aos 15 (A), 30 (B), 45 (C), 60 (D), 90 (E) e 180 (F) dias após a instalação do experimento. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 28,84; 43,38; 38,20; 44,70; 56,78; 55,29% respectivamente para as figuras 2.A, B, C, D, E e F.

Com relação ao diâmetro de brotação, observa-se que aos 45 dias após a instalação do experimento (Figura 3.A) ocorreram diferenças significativas, onde o tratamento com o Picloram foi inferior aos demais tratamentos, e o tratamento 2,4D+Picloram foi inferior ao tratamento testemunha. Já aos 60 dias (Figura 3.B) o tratamento com Picloram foi inferior aos demais tratamentos, os tratamentos com 2,4-D+Picloram e testemunha não mais diferiram estatisticamente entre si. Aos 90 dias (Figura 3.C) o diâmetro da brotação no tratamento testemunha foi superior ao tratamento com Picloram, e o tratamento com Picloram+2,4-D não diferiu dos demais. Aos 180 dias após instalação do experimento (Figura 3.D) não ocorreram mais diferenças significativas entre tratamentos para esta característica.

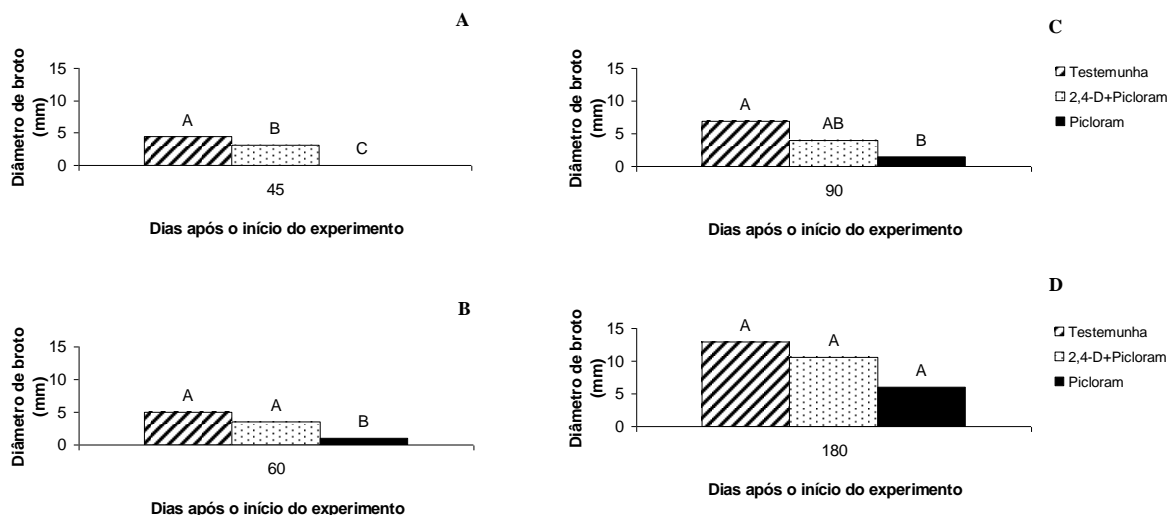


Figura 3. Avaliações de diâmetro médio de brotos em plantas de Sabiá aos 45 (A), 60 (B), 90 (C) e 180 (D) dias após a instalação do experimento. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 15,37; 29,20; 37,70 e 39,60%, respectivamente para as figuras 3.A, B, C e D.

Nas fotografias abaixo, após 45 dias da instalação do experimento, podem ser visualizadas nas plantas podadas a ocorrência das brotações na planta Testemunha (Figura 4), e ausência de brotações no tratamento Picloram (Figura 5).



Figura 4. Planta de Sabiá do tratamento testemunha 45 dias após a instalação do experimento.



Figura 5. Planta de Sabiá do tratamento com Picloram 45 dias após a instalação do experimento.

3.2. Experimento 2 – Sabiá

Na figura 6 encontra-se a avaliação de número médio de brotos, pode-se observar que os tratamentos foram bastante homogêneos.

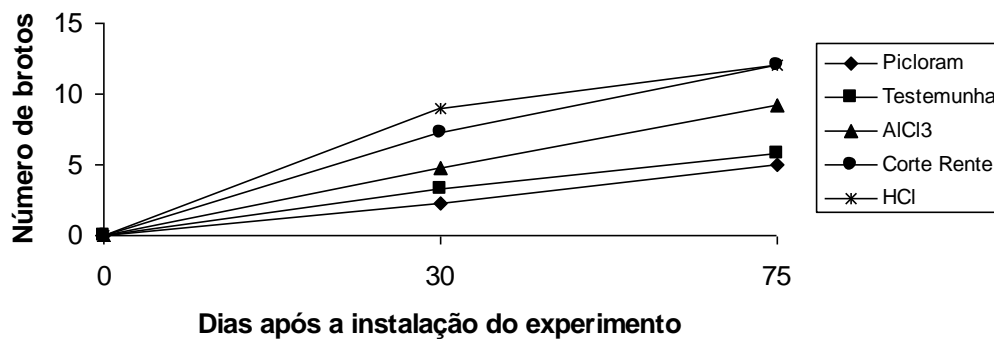


Figura 6. Número médio de brotos após 30 e 60 dias após a instalação do experimento.

Na figura 7 encontram-se as avaliações de comprimento de brotação de Sabiá aos 30 e 75 dias após a instalação do experimento. Aos 30 dias (Figura 7.A) foram observadas diferenças significativas, onde tratamento Picloram foi inferior aos tratamentos AICI₃ e HCl, e os tratamentos Testemunha e Corte rente não apresentaram diferenças significativas em relação aos demais. Aos 75 dias (Figura 7.B) não ocorreram diferenças significativas.

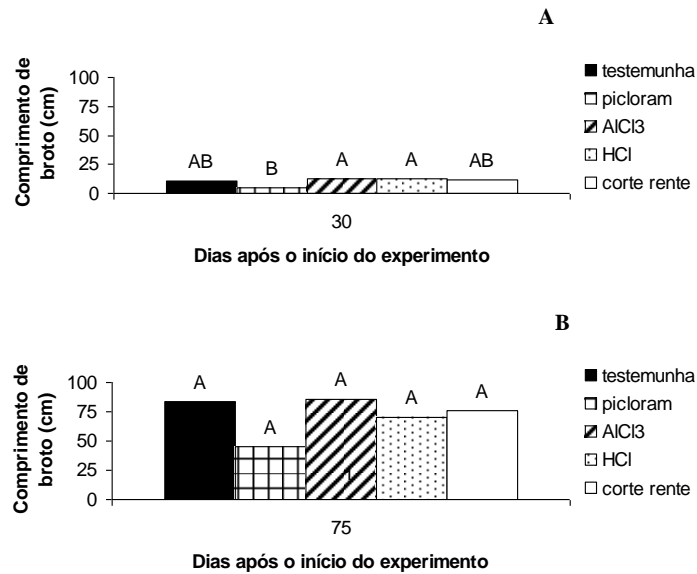


Figura 7. Avaliação periódica do comprimento de brotos de Sabiá 30 (A) e 75 (B) dias após a instalação do experimento. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 54,52 e 39,06%, respectivamente para as figuras 7.A e B.

Com relação ao diâmetro de brotação (Figura 8), aos 30 dias após a instalação do experimento (Figura 8.A) os tratamentos Testemunha, AlCl₃ e HCl apresentaram-se superiores ao tratamento com Picloram, logo apresentados diâmetros superiores, e o tratamento Corte rente não diferiu estatisticamente dos demais. Aos 75 dias (Figura 8.B) as diferenças foram as mesmas que aos 30 dias.

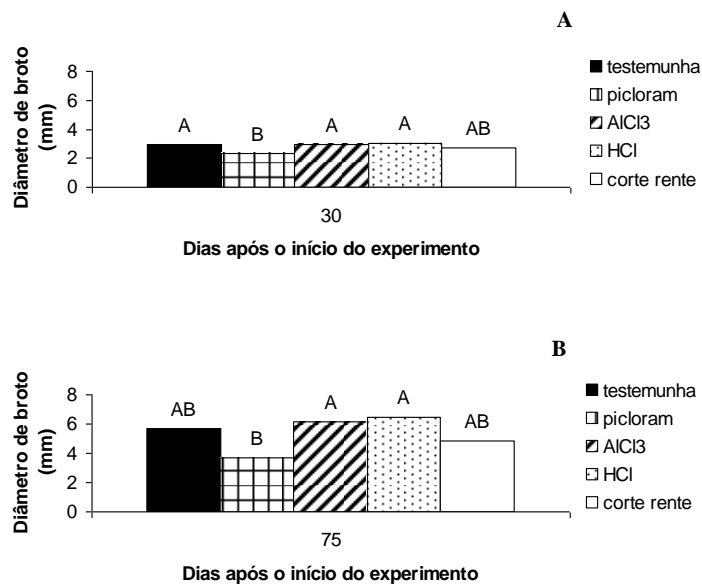


Figura 8. Avaliação periódica do diâmetro de brotos de Sabiá 30 (A) e 75 (B) dias após a instalação do experimento. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 40,12 e 26,72%, respectivamente para a figura 8.A e B.

3.3. Experimento 3 - Sombreiro

Na figura 9 encontra-se o número médio de brotos emitidos por planta ao longo do tempo. Foi realizada a análise estatística do número de brotos emitidos apenas para a avaliação dos 145 dias após a poda, não ocorreram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos deixando toco com 20 e com 40 cm, só ocorreram diferenças significativas destes em relação ao tratamento com o corte rente.

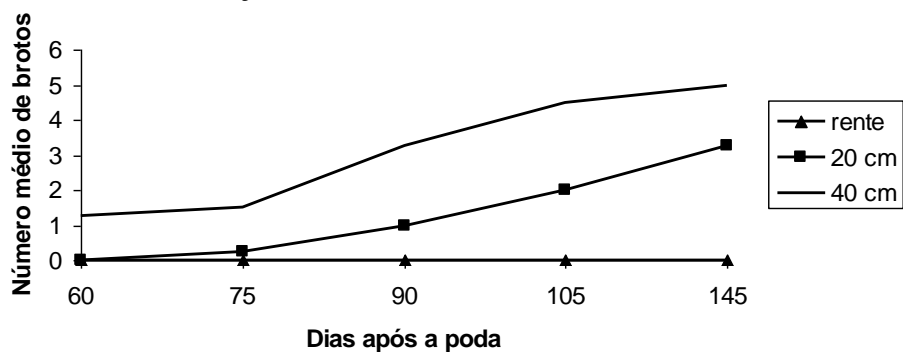


Figura 9. Número médio de brotos por planta aos 60, 75, 90, 105, 145 dias após a poda.

Com relação ao comprimento de brotação (Figura 10) ocorreram diferenças significativas, mostrando que o tipo de corte influenciou a incidência de brotações nas plantas de Sombreiro. Aos 60 dias após a poda (Figura 10.A) os tratamentos com corte rente e deixando com corte deixando toco de 20 cm não apresentaram brotações, sendo estes inferiores ao tratamento testemunha.

Na avaliação aos 75 dias após a poda (10.B), o tratamento com corte deixando toco de 20 cm apresentou brotações, porém continuou não diferindo do tratamento com corte rente, estes foram inferiores ao tratamento com corte deixando toco de 40 cm. Aos 90 dias após a poda (Figura 10.C) não ocorreram diferenças significativas entre tratamentos. Nas avaliações de comprimento de brotação aos 105 e 145 dias após a poda (Figuras 10.D e E) ocorreram diferenças significativas, onde o tratamento com Corte rente foi inferior aos demais tratamentos. Não ocorreu nenhuma brotação no tratamento corte rente até a última avaliação, aos 145 dias.

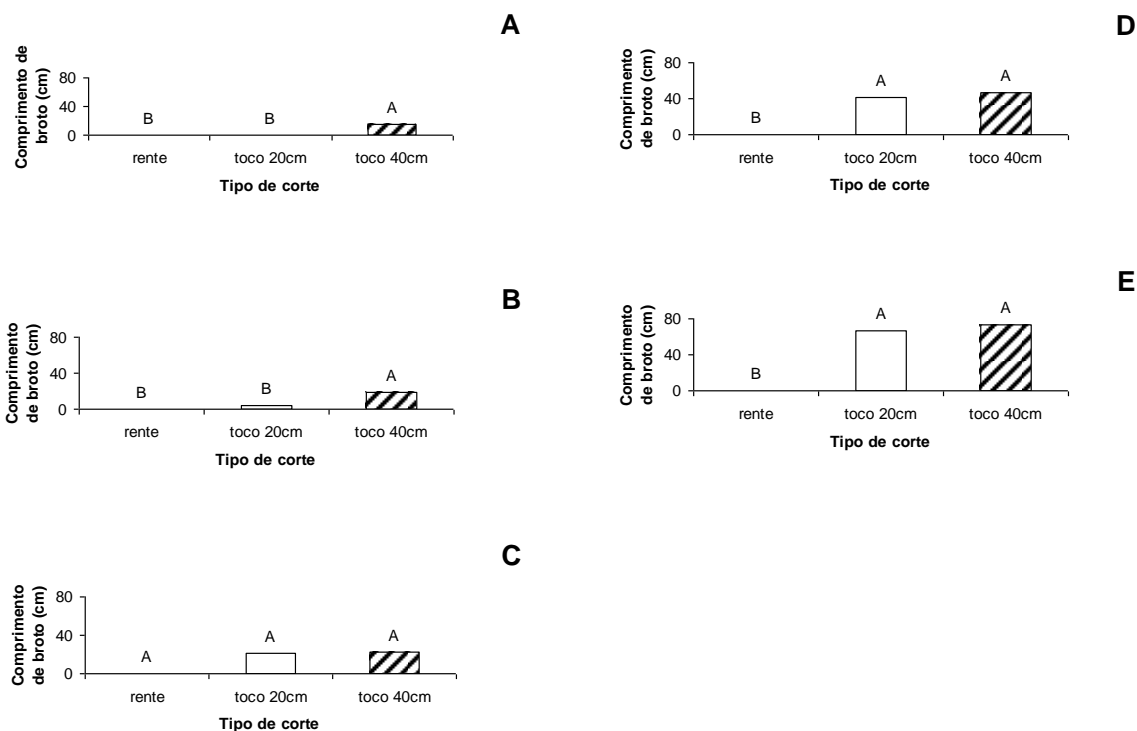


Figura 10. Avaliação do comprimento médio de broto por planta realizada aos 60 (A), 75 (B), 90 (C), 105 (D) e 145 (E) dias após a poda. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 125,86; 124,67; 93,26; 63,02 e 22,48%, respectivamente para as figuras 10.A, B, C, D e E.

O diâmetro de brotos (Figura 11) seguiu praticamente o mesmo comportamento da característica do comprimento dos brotos. Na primeira avaliação, realizada aos 60 dias após a poda (Figura 11.A) o tratamento com corte deixando toco de 40 cm foi superior aos demais tratamentos. Na avaliação realizada aos 75 dias após a poda (Figura 11.B) o tratamento com corte rente foi superior ao tratamento deixando toco com 40 cm, e o tratamento deixando toco com 20 cm não diferiu dos demais. Aos 90 dias (Figura 11.C) não ocorreram diferenças significativas. Nas avaliações de diâmetro de brotação aos 105 e 145 dias após a poda (Figuras 11.D e E) ocorreram diferenças significativas, onde o Corte rente foi inferior aos demais tratamentos.

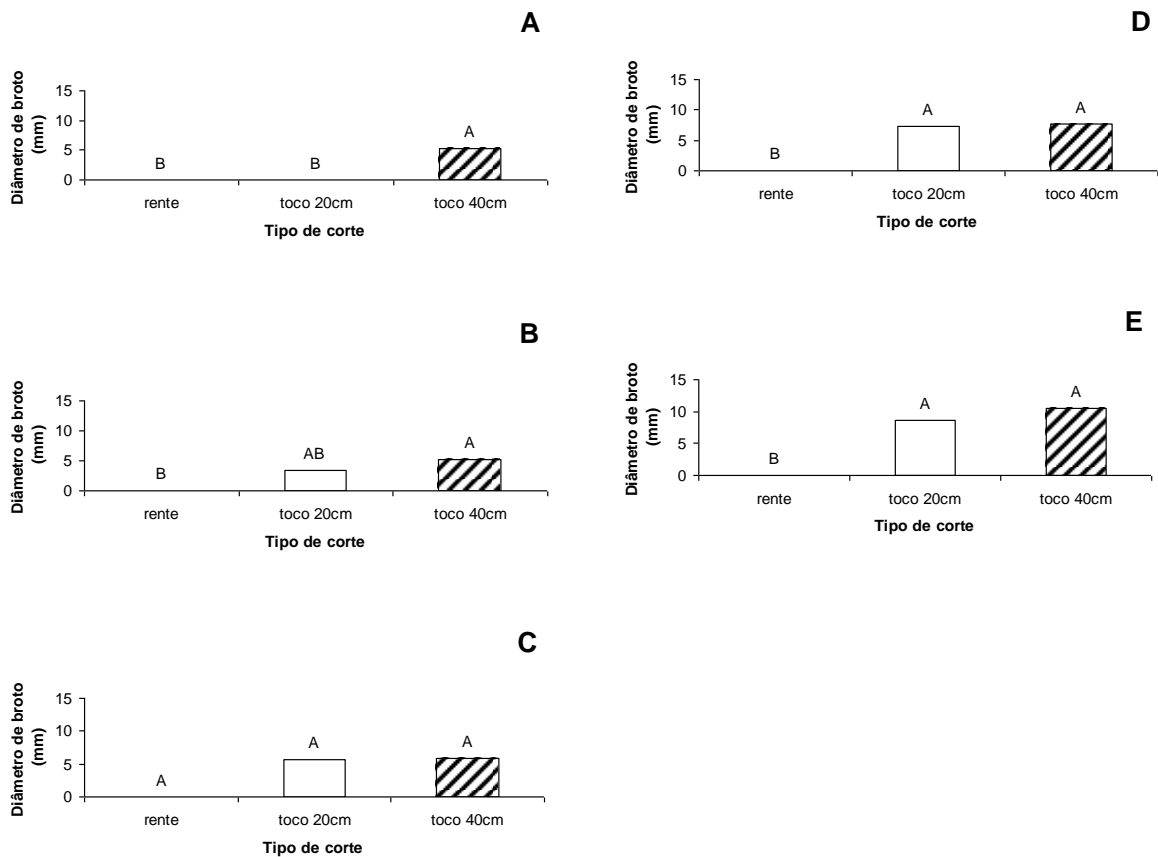


Figura 11. Diâmetro médio de broto por planta realizada aos 60 (A), 75 (B), 90 (C), 105 (D) e 145 (E) dias após a poda. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%). CV = 119,69; 120,90; 85,18; 50,72 e 29,20%, respectivamente para as figuras 11.A, B, C, D e E.

No tipo de corte rente (Figura 12) pode-se observar a ausência de novas brotações aos 145 dias após a realização da poda. Já nos tipos de corte deixando toco de 20 e 30 cm (Figuras 13 e 14) pode-se constatar a presença de novas brotações após a poda.



Figura 12. Tipo de corte rente aos 145 dias após a instalação do experimento.



Figura 13. Tipo de corte com toco de 20 cm aos 145 dias após a instalação do experimento.



Figura 14. Tipo de corte com toco de 40 cm aos 145 dias após a instalação do experimento.

3.4. Experimento 4 – Pepino

No bioensaio de fitotoxidez dos produtos 2,4-D+Picloram e do Picloram em mudas de Pepino (*Cucumis sativus*). Com relação ao comprimento da parte aérea (Figura 15) não ocorreram diferenças significativas. O comprimento de parte aérea é considerado uma das características de fitotoxidade.

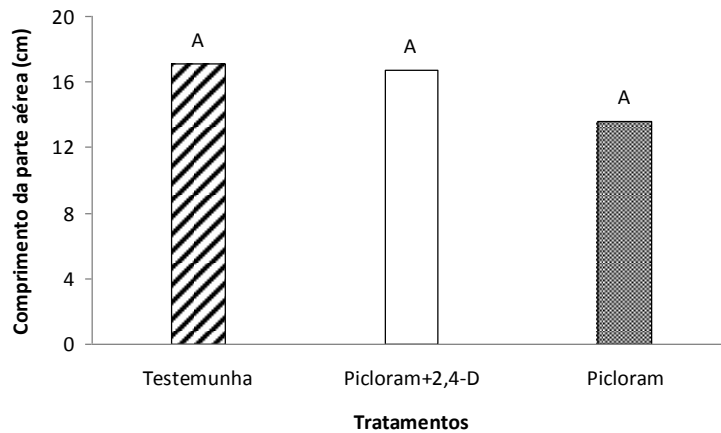


Figura 15. Comprimento de parte aérea de Pepino em relação aos tratamentos Testemunha, Picloram+2,4-D, e Picloram. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 15,86%.

Na figura 16 pode-se observar o encarquilhamento de folhas e retorcimento do caule, características de fitotoxidade, na parte aérea de algumas das plântulas de pepino crescidas em solo coletado a partir do tratamento com Picloram do experimento 1 (Sabiá).



Figura 16. Plantas de Pepino do tratamento com Picloram.

Para a avaliação de massa seca de parte aérea (Figura 17) ocorreram diferenças significativas entre tratamentos, onde o tratamento Picloram foi inferior aos demais.

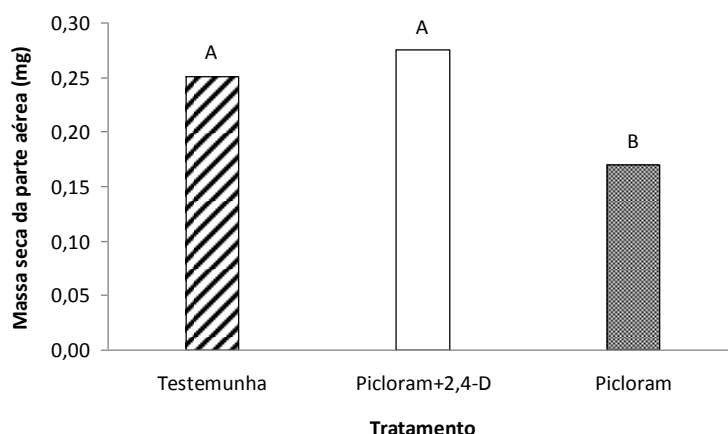


Figura 17. Massa seca de parte aérea de Pepino em relação aos tratamentos Testemunha, Picloram+2,4-D, e Picloram. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 33,56%.

A diminuição da massa da raiz é também uma característica de fitotoxicidade apresentada pela planta afetada. Na avaliação da massa seca de raiz deste experimento (Figura 18) o tratamento com uso de Picloram apresentou menores valores de massa, ou seja, foi mais afetado pelo Picloram, ocorrendo assim diferenças significativas em relação ao tratamento testemunha. O tratamento com uso de Picloram+2,4-D não apresentou diferenças significativas em relação aos demais tratamentos.

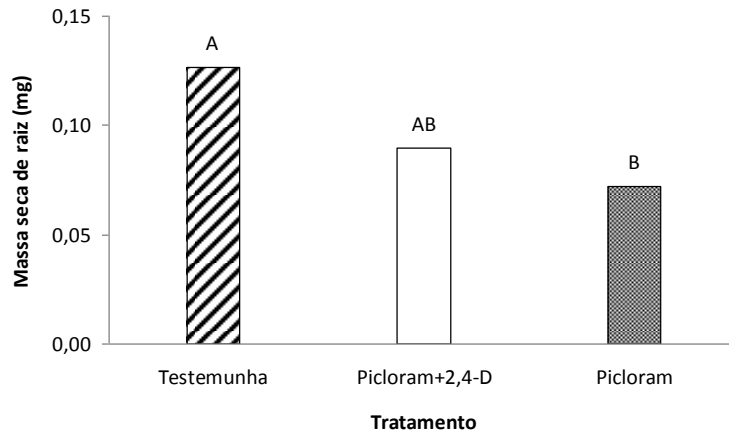


Figura 18. Massa seca de raiz de Pepino em relação aos tratamentos Testemunha, Picloram+2,4-D e Picloram. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey (5%), CV = 62,56%.

4. DISCUSSÃO

No experimento 1 foram visíveis os efeitos da associação entre a poda e a aplicação de produtos químicos no comprimento, no diâmetro e no número de brotos, utilizando os princípios ativos ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D) e ácido 4-amino-3,5,6-tricloropicolínico (Picloram) associados, e utilização individual do ácido 4-amino-3,5,6-tricloropicolínico (Picloram). Estes herbicidas, da classe dos mimetizadores de auxinas, atuam na divisão celular, no crescimento do caule e de folhas, translocam-se tanto pelo xilema quanto pelo floema, impedindo o movimento dos fotoassimilados das folhas para o sistema radicular (SILVA e SILVA, 2007). Neste experimento foi verificado o alto potencial de rebrota das plantas de Sabiá, sendo que no tratamento testemunha a emissão de brotos começou aos 15 dias após a instalação do experimento. O tratamento que mais atrasou a emissão de brotações foi o uso do Picloram individualmente, que só veio apresentar brotações 60 dias após a instalação do experimento, porém nesta data as brotações apresentaram comprimento médio de broto inferior a 5 cm, considerado pequeno. Somente após 90 dias o comprimento médio de broto chegou a 20 cm no tratamento com Picloram, este comprimento de broto por ser pequeno provavelmente não atingiria as linhas de distribuição de energia elétrica, a não ser que as linhas estivessem a esta distância, o que é pouco provável. Geralmente na realização da poda, pelas empresas contratadas pelo setor elétrico, deixam-se distâncias superiores a 20 cm das linhas energizadas. Aos 180 dias todos os comprimentos de brotos foram iguais estatisticamente, indicando que neste intervalo os produtos químicos não mais exerciam seus efeitos. No tratamento Picloram, aos 180 dias, os brotos chegaram a atingir em média 125 cm, ainda menores que os do tratamento testemunha. Diante disso pode-se afirmar que após a realização da poda e aplicação do Picloram vai atrasar a realização de uma nova poda, proporcionando economia nos custos com poda, devido aumento do tempo de retorno das empresas podadoras a mesma planta.

No tratamento com 2,4-D+Picloram as plantas emitiram brotações desde o início do experimento (15 dias após), e aumentaram seu comprimento e o diâmetro com o tempo (Figura 1). Aos 45, 60 e 90 dias este tratamento obteve valores médios de comprimento de broto inferiores aos do tratamento testemunha, e aos 90 dias foi

semelhante ao Picloram. Este produto então pode ser utilizado no controle de brotações em plantas de Sabiá, também atrasando o retorno das equipes de poda a estas plantas. Valores de diâmetro e número de broto são importantes, porém não tanto quanto o comprimento, que efetivamente é o que faz com que a brotação toque a fiação, normalmente o crescimento em diâmetro aumenta conforme ocorre o aumento em comprimento da brotação. Nos experimentos de poda com as espécies de Sabiá e Sombreiro à medida que ocorreu o aumento do número de brotos ocorreu também o aumento em diâmetro.

A proposta teórica deste trabalho é a diminuição da brotação de um determinado caule e não de toda a planta. A forma compensatória da planta não pode ser verificada em sua morfologia devido às dificuldades metodológicas de ser realizada em uma árvore adulta. Em plantas jovens, é conhecido que a planta pode emitir novos ramos para compensar a parte podada. Entretanto nossos resultados não deixam dúvidas que pelo menos aqueles galhos direcionados para uma determinada região poderão ser podados corretamente evitando o retorno freqüente da equipe de poda ao local. Se a planta emitisse novos ramos em outras direções, não entrando em conflito com as fiações, o objetivo já seria atingido mais facilmente. Novas pesquisas deverão ser realizadas visando entender todas as interações envolvidas neste complexo campo de conhecimento.

As plantas de maneira geral respondem a decape de uma determinada parte vegetativa emitindo novos ramos, folhas e até flores. Este fenômeno é codificado geneticamente em cada espécie. O número de brotos a ser emitido é também dependente, além do código genético, de fatores endógenos e exógenos (HUIJSER et al., 2011). A população de plantas, densidade, fertilidade do solo, disponibilidade de luz são considerados exemplos de fatores exógenos. Os fatores endógenos são ligados geralmente às condições hormonais do vegetal (NAMBARA et al., 2005; CHATZIVAGIANNIS, 2008; LINZMEYER JUNIOR et al., 2008; HUIJSER et al., 2011; SCHNEIDER et al., 2012).

Regulador de crescimento é normalmente empregado para compostos naturais da planta ou sintéticos que exibe atividade no controle do crescimento e desenvolvimento da planta. Hormônio é um composto orgânico sintetizado em uma parte da planta e translocado para outra, que em baixas concentrações, causa uma resposta fisiológica na planta (promoção ou inibição). Os herbicidas podem ser reguladores se estiverem em subdoses, em baixas concentrações para causar resposta fisiológica. A aplicação de herbicidas para limpeza de linhas de transmissão de energia elétrica normalmente é utilizada para controle de ervas daninhas, arbustos e árvores (BALLARD et al., 2006). Comumente os herbicidas têm sido aplicados usando o método foliar, aplicação caule, no solo, e no toco da árvore (GANGSTAD, 1989; NOWAK et al., 1992; NOWAK et al., 1993; ABRAHAMSON et al., 1995; SULAK et al., 2000). A aplicação no toco é um método importante porque pode ser mais seletivo, com o herbicida aplicado em áreas pequenas, evitando deposição, diminuindo o efeito em plantas que não são o alvo de controle (NOWAK et al., 2005). O tratamento direto no toco pode ser combinado com métodos mecânicos e químicos (BALLARD et al., 2006). A aplicação de herbicidas é realizada geralmente após a poda, para evitar a cicatrização da planta fazendo com que dificulte a absorção e translocação do herbicida através dos vasos condutores (SILVA, 2002). Dependendo do tipo de herbicida, logo da translocação pela planta, ele pode ser colocado diretamente nos tecidos vasculares, ou diretamente na casca. Todos os herbicidas usados no presente trabalho, Picloram e 2,4-D, podem ser translocados via floema e xilema (AHRENS, 1994; SILVA e SILVA 2009).

No experimento 2 a aplicação de $AlCl_3$ e de HCl em cortes após a poda em árvores não é conhecida e estudada, como o nosso projeto busca inovações tecnológicas nesta área, sugerimos que a adição destes produtos na área do corte poderia afetar o equilíbrio nesta região através da acidificação, o que não ocorreu para estes dois tratamentos. Novamente o Picloram foi mais eficiente no controle de brotação, deve-se considerar que este experimento foi avaliado apenas até os 75 dias após a instalação, onde nesta data a planta testemunha já obtinha em média 80 cm de comprimento e o tratamento com picloram em torno de 43 cm.

No experimento 3 foram observados os efeitos do tipo de corte no comprimento, diâmetro e número de brotos emitidos após a poda em plantas adultas de Sombreiro (*Clitoria fairchildiana* Howard), sendo possível verificar claramente que o Corte rente ao tronco principal foi eficiente para diminuir a emissão de novas brotações. Os cortes deixando toco de 20 cm e toco de 40 cm brotaram mais rapidamente comparados ao corte rente. O tipo de corte deixando toco de 20 cm foi similar em valores de comprimento ao tratamento corte rente apenas aos 90 dias, seguindo assim até os 145 dias e o tipo de corte rente não apresentou novas brotações até a última avaliação, aos 145 dias após a poda. Empiricamente, as empresas de energia e de podas já consideravam esta técnica de poda como mais eficientes, pois nela é observada uma rápida regeneração de tecido, favorecendo a cicatrização. Entretanto, estas observações visavam não somente a regeneração dos tecidos, mas também evitar a penetração de fungos e outros patógenos (SEITZ, 1990), e não especificamente ao aparecimento de novas brotações.

Sabe-se que a poda provoca um desequilíbrio entre a superfície assimilatória da copa e a superfície de absorção de água e nutrientes (EHSEN, 1987). A reação da árvore é de recompor a folhagem original, a partir de gemas epicórmicas, podendo estas gemas estar dormentes desde a formação dos galhos ou dos troncos, ou podendo ser produto de uma morfogênese, quando ocorre uma transformação de células do câmbio para dar origem ao novo broto (RAST, et al., 1988). KRAMER e KOZLOWSKI (1972) também consideraram que o corte dos ramos vivos reduz a superfície fotossintética, embora reduza também a de respiração. Porém a retirada dos ramos inferiores, que consomem muito produto fotossintético na respiração e pouco contribuem na fotossíntese, permite um ganho na relação produção e consumo de assimilados. Como dito anteriormente, não foi possível identificar em outras partes da planta podada neste trabalho se ocorreu novas emissões morfológicas.

LEMOS e JACOB-NETO (2012) estudando o efeito da poda em plantas de Flamboyant concluíram que a realização adequada da poda, cortando os galhos de forma rente ao caule, diminui o número de novas brotações, podendo até chegar a zero. Estes autores propuseram que esta técnica de poda para árvores de Flamboyant localizadas no meio urbano. Os resultados destes autores e os obtidos no presente trabalho sugerem que as concessionárias de energia elétrica, a fim de reduzir gastos com podas frequentes, podem adotar esta técnica para plantas de Sombreiro e Flamboyant. Vale ressaltar, entretanto, que esta técnica de poda rente ao caule não funcionou eficientemente para as plantas de Sabiá, sugerindo que estudos similares devem ser realizados para cada espécie. Outros autores, como POLESE e JACOB-NETO (2012) estudando o manejo da poda de plantas de bambu (*Bambusa tulldóides*), testaram 3 tipos de corte: 1) logo acima da primeira gema visível em relação ao solo; 2) na metade do primeiro entrenó; 3) logo acima da segunda gema visível) observaram que os tipos de corte 2 e 3 podem ser recomendados para evitar a brotação de gema, diminuindo brotação, logo os custos com poda.

Na literatura científica existem poucos estudos relacionando poda de galhos laterais com novas brotações. Entretanto, estudos de rebrota de algumas espécies podem ser encontrados. Na espécie *Araucaria angustifolia*, WENDLING et al., 2009 estudaram a indução de brotação em 10 árvores matrizes selecionadas, que foram submetidas a um corte raso de aproximadamente 20 cm de altura do solo. Um ano após o corte das árvores, 60% das árvores selecionadas apresentaram brotações, as quais em sua maioria apresentavam comprimento entre 5 e 37 cm. O número total de brotações por matriz variou de 7 até 59. Estes resultados demonstram o potencial da técnica de corte raso para indução de brotações em árvores de araucária.

O resultado da poda é determinado pelo balanço e pela quantidade de vários hormônios e pelo estado nutricional dos tecidos. A auxina produzida pela gema do ápice da planta desce e inibe o crescimento das gemas laterais, mantendo-as em dormência, fenômeno conhecido como dominância apical. À medida que o ápice da planta cresce e se afasta das gemas laterais, a concentração de auxinas ao redor dessas gemas diminui, e com isso, a inibição diminui até um ponto em que as gemas laterais começam a crescer. Se a gema apical for retirada, podada, as outras gemas desenvolvem-se até que a mais alta iniba as demais. Essa propriedade é usada na chamada poda de produção, onde a remoção da gema apical aumenta o número de ramos e, conseqüentemente, de flores e frutos da planta (DIAS et al.; 2003; GONÇALVES et al., 2006). As citocininas promovem o crescimento de gemas laterais normalmente inibidas por auxina endógena do ápice (FERRI, 1986). Isto provavelmente aconteceu neste trabalho, com as plantas de Sabiá, cuja massa vegetativa retirada foi significativa, devido ao tipo de corte (1/3 de copa e decepa), com as plantas de Sombreiro, onde não foi retirada muita massa vegetativa da planta. Estes estudos fisiológicos específicos, geralmente foram realizados com plântulas, plantas anuais, e havendo poucos destes estudos com plantas perenes de porte arbóreo. Portanto, mais estudos são necessários para entender estes mecanismos fisiológicos envolvidos em árvores adultas. Deve-se considerar que a planta, mesmo no tipo de corte rente, deve ter apresentado novas brotações em outras partes da planta, mas que não pode ser quantificado neste trabalho, e não foi objetivo de estudo. Entretanto novos trabalhos devem ser realizados estudando esta relação.

Em eucalipto, têm sido desenvolvidos trabalhos de manejo da brotação com a decepa total de plantas jovens, como forma de se obter madeira de reduzido diâmetro na primeira rotação, sem que haja queda na produtividade do sistema agroflorestal (OLIVEIRA, 2006; OLIVEIRA et al., 2008). De maneira geral, grande parte dos eucaliptos tem capacidade de regenerar-se após o corte e por isso, as florestas têm sido manejadas com uma rotação de alto fuste seguidas de uma ou mais rotações de brotações sendo, posteriormente, substituídas por novas árvores. Mesmo não sendo o caso do presente trabalho, no experimento 1 (Sabiá) foi realizado cortes semelhantes e foram obtidas muitas brotações.

CREMER et al., (1990) menciona que espécies de eucalipto geralmente rebrotam bem, pelo menos enquanto são jovens ou até com um diâmetro ao redor de 30 cm a capacidade da rebrota depende da espécie, da idade da árvore, das condições ambientais e da época do ano em que o corte é efetuado. O potencial de regeneração de touças de *Eucalyptus* é afetado pelas condições edafoclimáticas, pelas alternativas de manejo e pela constituição genética dos indivíduos (SILVA, 1983; COUTO e GOMES, 1986). A sobrevivência das cepas (Tocos) também pode ser progressivamente reduzida pela sucessão de cortes, seja pela diminuição da capacidade de brotação da espécie ou conseqüência de sua idade mais avançada (BLAKE, 1983). PAULA NETO et al. (1982) verificaram que um maior número de brotos por cepa contribui para aumentar a taxa de sobrevivência da cepa, pois caso parte dos brotos sofra alguma forma de injúria (Ação

de ventos fortes, ataque de pragas e doenças ou morte natural) há maior chance de sobrevivência de pelo menos um broto. HIGA e STURION (1997) abordam que o conhecimento das verdadeiras causas da falha na rebrota de eucalipto não é uma tarefa fácil, em vista dos vários fatores que afetam a brotação, sendo que os aspectos ecológicos de cada espécie/ procedência podem ser decisivos para definir a capacidade de brotação.

O diâmetro da cepa (Tocos) se destaca como um dos fatores preponderantes no vigor das brotações. Em geral, cepas de maiores diâmetros produzem brotações mais vigorosas (CREMER et al., 1978; PEREIRA et al., 1980; NEELAY et al., 1984; MROZ et al., 1985). Esse aumento de vigor da brotação com o diâmetro da cepa é atribuído a um maior acúmulo de reservas de carboidratos no sistema radicular à medida que as árvores tornam-se mais grossas (DE BELL e ALFORD, 1972; MROZ et al., 1985). Entretanto o trabalho de BLAKE (1983) considera que à medida que a idade da árvore aumenta e, conseqüentemente aumenta o diâmetro, há um declínio no vigor das brotações, devido provavelmente à perda do vigor da árvore ou de gemas dormentes.

Os dados do experimento com Sombreiro mostraram que os diâmetros dos galhos podados das árvores variaram muito pouco, tiveram médias de 10,9; 10,9 e 8,6 cm, respectivamente para os tratamentos com corte rente, cortes deixando toco de 20 cm e de 40 cm. No experimento 1, com Sabiá, estes valores também não variaram, porém foram inferiores aos do experimento com Sombreiro com valores médios de 3,54; 3,75 e 4,17 cm, respectivamente para os tratamentos testemunha, 2,4-D+Picloram, e Picloram, mostrando as diferenças morfológicas entre estas espécies. Plantas de Sabiá tem como característica o caule ramificado e essas ramificações de caule possuem diâmetros relativamente pequenos, possuindo um altíssimo potencial de rebrota, o que pode ser confirmado nestes estudos. Muito provavelmente o diâmetro do galho podado não influenciou nos resultados dos destes experimentos, pois os diâmetros não variaram muito dentro de cada espécie.

Ocorreram aumento gradativo do número, comprimento e o diâmetro de brotações até a última avaliação em todos os experimentos, a intensidade foi dependente do tratamento.

No presente estudo os dados meteorológicos ao longo do ano indicaram que foi uma distribuição normal de chuvas e temperaturas, portanto afetando de forma homogênea os tratamentos e os experimentos.

Neste estudo de desenvolvimento de técnicas de manejo de plantas, principalmente de poda, visou diminuir os conflitos entre as fiações e as plantas urbanas, com objetivo final de diminuir os gastos de manutenção de poda, pelos quais são altíssimos. VELASCO (2003) através de um levantamento observou os elevados custos de manutenção das linhas de distribuição e transmissão de energia elétrica. Alternativas de manejo que possam evitar o retorno freqüente a uma árvore podada são sempre importantes. Se considerarmos que o 1 litro de 2,4-D+Picloram (Tordon) custa em média 55 R\$, e foram utilizados 1,6 ml/planta seriam gastos 0,088 R\$/planta. Para o Picloram, que é comercializado individualmente por 84 R\$/litro, foram utilizados 0,8 ml/planta, logo seriam gastos 0,067 R\$/planta. Portanto esta técnica pode ser eficiente tanto na aplicação no campo quanto na parte financeira.

Os herbicidas testados neste trabalho são utilizados na agricultura para diferentes fins. A proposta de utilização em plantas utilizadas na arborização urbana foi considerando que as dosagens utilizadas fossem baixas, apenas para que inibissem o crescimento de brotações não causando a morte da planta, para efeitos de teste. É importante considerar que estas espécies também afetam as redes de distribuição de

energia elétrica na área rural, onde estes produtos podem ser utilizados. O Ministério da Agricultura proíbe o uso destes produtos apenas na área urbana.

O experimento 4 foi realizado para avaliar os efeitos fitotóxicos do 2,4-D+Picloram e do Picloram em plantas de Pepino (*Cucumis sativus* L.) sendo esta indicadora de toxicidade de traços de herbicidas. Vale observar que em uma aplicação de herbicidas por 1 ha em plantas daninhas a possibilidade de contaminação do solo é muito grande, porém no presente estudo a aplicação foi localizada, apenas na área do corte de plantas adultas de Sabiá, diminuindo esta possibilidade de contaminação, cujo objetivo foi apenas diminuir brotação. O solo foi coletado ao redor do sistema radicular de plantas do experimento 1 (Sabiá) 60 dias após a instalação deste. Portanto, a toxicidade encontrada, especialmente para o Picloram, deve ser analisada como o efeito do produto em um pequeno volume de solo, localizado apenas ao redor do caule da planta e não em uma área maior. Somente se o produto fosse aplicado em um grande número de árvores, este efeito de fitotoxicidade e de contaminação do solo, poderia ser considerando, o que não ocorre no caso da arborização urbana, onde as espécies são bem espaçadas e de grande diversidade. A técnica de manejo a ser utilizada pode variar com as espécies, não necessariamente deve ser utilizado produto químico, estes estudos os produtos herbicidas foram eficientes apenas para a planta de Sabiá, para outras espécies não foi realizado estudo. O resultado encontrado de toxidez foi devido à translocação do herbicida via floema e xilema para o sistema radicular das plantas de Sabiá.

O Picloram apresenta elevada persistência no solo, podendo causar vários problemas, como carryover. Possui meia-vida no solo é de 90 dias, variando de 20 a 300 dias (FREITAS et al., 2003; RODRIGUES e ALMEIDA, 2005), é fisicamente adsorvido em partículas de argila e matéria orgânica presentes nos solos. Um solo pobre em argila ou em matéria orgânica pode ser facilmente escorrido superficialmente ou lixiviado para águas subterrâneas (D'ANTININO, et al., 2009). A avaliação do comportamento de herbicidas nos solos apresenta-se como alternativa importante na prevenção da contaminação de culturas subsequentes, de águas superficiais e subterrâneas. Segundo OLIVEIRA JUNIOR et al., (2001), devido aos vários fatores envolvidos no processo, não é possível prever o tempo exato requerido para a dissipação de um herbicida aplicado ao solo sob um conjunto particular de condições.

Os ensaios biológicos para avaliação da presença desses herbicidas no solo são comumente realizados, buscando identificar qualitativamente a presença de traços destes no solo através de uma série de alterações na planta. Os herbicidas auxínicos, como o Picloram e o 2,4-D, causam, em espécies sensíveis, intensa divisão celular no câmbio vascular, endoderme, periciclo e floema, com conseqüente formação de tumores no meristema intercalar, aparecimento de raízes aéreas, multiplicação e engrossamento de raízes e caule. Ocorrendo formação de gemas múltiplas e hipertrofia das raízes laterais, sendo o encurtamento do tecido internerval e a epinastia os sintomas mais evidentes nas espécies dicotiledôneas (SILVA et al., 2005). O Picloram atua de forma indireta na atividade fotossintética das plantas suscetíveis, reduzindo a absorção de água, a condutância estomática entre outras variáveis fisiológicas (MERCIER, 2004).

Avaliando a exsudação radicular do imazapyr na cultura eucalipto, SILVA et al., (2004) cultivou eucalipto em solo e em casa de vegetação e aplicou diferentes doses do herbicida (0,000; 0,375; 0,750; 1,125; 1,500; e 3,000 kg ha⁻¹ i.a.) sobre a parte aérea de mudas clonais de *Eucalyptus grandis*. Quarenta dias após a aplicação do herbicida procedeu-se à recepção do eucalipto e abertura de uma das laterais do recipiente, a qual foi inclinada 90°, recebendo a sementeira de plantas bioindicadoras da presença do herbicida (sorgo e pepino) ao longo da superfície exposta. Com base na avaliação dos

15 dias após a semeadura dos sintomas de intoxicação na parte aérea, e determinação da biomassa seca da parte aérea e do sistema radicular das plantas indicadoras, o autor conclui que o eucalipto apresenta exsudação radicular do imazapyr e/ou de seus metabólitos em quantidade capaz de causar toxicidade nos bioindicadores.

Estudando a exsudação de glyphosate em clones de eucalipto, com dois clones de eucalipto (2277 e 531) com metodologia diferente, MACHADO et al., 2009 aplicou ¹⁴C-glyphosate na concentração de 1.440 g ha⁻¹, no terceiro e no quarto limbo foliar a partir do ápice caulinar, com radioatividade aproximada de 0,030 μCi. As avaliações de absorção, translocação e exsudação radicular foram realizadas 0, 2, 8, 32 e 72 horas após a aplicação. Com relação à exsudação uma pequena parte do total aplicado foi para solução nutritiva (valores entre 0,78 e 1,16%), não havendo diferença entre os clones quanto à translocação na planta e na exsudação radicular desse herbicida. D'ANTONINO et al., (2009) avaliou a tolerância das culturas de milho e do sorgo aos herbicidas picloram+2,4-D (256 + 960 g ha⁻¹), e 2,4-D (960 g ha⁻¹) aplicados ao solo, e o efeito residual desses. Quanto à avaliação do efeito residual realizou-se um segundo experimento pepino (*Cucumis sativus*) a partir de amostras de solo coletadas nas subparcelas de um primeiro experimento aos 1, 42, 125 e 170 dias após a aplicação (DAA). Para o 2,4-D foi observado intoxicação nas plantas indicadoras cultivadas, em solo tratado com este, até a avaliação realizada aos 42 DAA. Já as plantas cultivadas em amostras de solo coletadas das parcelas que receberam picloram+2,4-D, apresentaram sintomas de intoxicação das plantas indicadoras pelo picloram até 150 DAA.

5. CONCLUSÕES

O Picloram foi uma alternativa eficiente para manejo de brotações em plantas adultas de Sabiá, retardando emissão de novas brotações após a poda e aplicação do produto. Da mesma forma, a mistura 2,4-D+Picloram foi eficiente, pois apresentou brotações com comprimentos pequenos, atrasando a realização de nova poda. Em plantas de Sombreiro, dentre os tipos de cortes testados, o corte rente foi muito eficiente, atrasando a emissão de novas brotações aumentando o período para a realização de uma nova poda. Ocorreu toxidez por Picloram em plantas de Pepino devido à translocação e exsudação radicular no solo pelas plantas de Sabiá.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMSON, L.P.; NOWAK, C.A.; CHARLTON, P.M.; SNYDER, P.G. 1995. "Cost effectiveness of herbicide and nonherbicide vegetation management methods for electric utility rights-of-way in the Northeast: state-of-the art review," pp. 27-43. In Proceedings of the Fifth International Symposium on Environmental Concerns in Rights-of-Way Management, September 19-22, 1993, Montreal, Quebec, Canada. Doucet, G.J., Séguin, C., and Giguère, M., Eds. Hydro-Québec, Quebec, Canada.

AHRENS, W.H. "Herbicide Handbook". Weed Science Society of America, Champaign, IL, 7th ed., 1994.

ANVISA, 2010. Nota Sobre o Uso de Agrotóxicos Em Área Urbana.

ARAÚJO, A.S.F. Biodegradação, extração e análise de glifosato em dois tipos de solos. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2002. 72 p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).

APPEZATO-DA-GLORIA, B. e CARMELO-GUERREIRO, S.M. (eds). Anatomia vegetal. UFV, Viçosa. 438 p, 2003.

BALLARD, B.D. e NOWAK, C.A. "Timing of Cut-Stump Herbicide Applications for Killing Hardwood Trees on Power Line Rights-of-Way." *Arboriculture & Urban Forestry* 32(3): May, 2006.

BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C. Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminum toxicity and resistance: a review. *Environmental and Experimental Botany*, Oxford, v. 48, n. 1, p.75-92, 2002.

BLAKE, T.J. Coppice systems for short-rotation intensive forestry: the influence of cultural, seasonal and plant factors. *Australian Forest Research*, 13(3/4): p. 271-91, 1983.

CZARNOTA, M.A.; DERR, J. Control de Bamboo (*Phyllostachys* spp.). *Weed Science Society of America, Weed Technology*, 21(1):80-83, January/March, 2007.

CASTRO, P. R. C. e MELOTO, E. Bioestimulante e hormônios aplicados via foliar, In: BOARETO, A.E.; ROSOLEM, C. A. (Eds.). *Adubação foliar 1*: p. 191-235, 1989.

CHATZIVAGIANNIS, M.A.F. "Aplicação de diferentes concentrações de paclobutrazol no florescimento e produção de mangueiras das variedades bourbon, palmer e rosa". Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 76 p, 2008. (Dissertação de Mestrado).

CODER, DR. KIM D. University of Georgia January Pruning Effects On Tree Growth: Growth Regulation Consequences. University of Georgia Cooperative Extension Service Forest Resources publication FOR 98-5, 1998.

COUTO, L.; GOMES, J.M. Regeneração de povoamentos de eucalipto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, n. 141, p. 31-35, 1986.

CREMER, K.W.; CROMER, R.N.; FLORENCE, R.G. Stand establishment. In: WILLIS, W.E e BROWN, A.G. *Eucalyptus* for wood production. Canberra, CSIRO, p. 81-135, 1978.

CREMER K.W.; UNWIN G.K.; TRACEY J.G. Natural regeneration. In: K.W. Cremer. *Trees for rural Australia*. Melbourne: Inkata Press, p. 108-135, 1990.

D'ANTONINO, L.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; CECON, P.R.; QUIRINO, A.L.S. e FREITAS, L.H.L. Efeitos de culturas na persistência de herbicidas auxínicos no solo. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 371-378, 2009.

DEBELL, D.S.; ALFORD, L.T. Sprouting characteristics and cutting practices evaluated for cottonwood. *Tree Planter's Notes*, 23(4): 1-3, 1972.

DIAS, N.O.; MATSUMOTO, S.N.; REBOUÇAS, T.N.H.; VIANA, A.E.S.; JOSÉ, A.R.S. e SOUZA I.V.B. Influência da poda de produção em ramos de diferentes diâmetros no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da pinheira (*Annona squamosa* L.). Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal-SP, v. 25, n. 1, p. 100-103, Abr. 2003.

EHSEN, H. Pruning of street trees: cause, objective and execution. Arboricultural Journal 11: p. 245-263, 1987.

FERRARI, D.F.; SERGENT, E.A. Promoción de la floración y frutificación en mango (*Mangifera indica*, L.) cv. Haden, com paclobutrazol. Revista de la Facultad de Agronomía, Maracay, v. 22, p. 9-17, 1996.

FERRI, M.G. Fisiologia vegetal 1. 2ª ed. São Paulo: EPU, 1986.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; BARBOSA, J.G.; MIRANDA, G.V.; MACHADO, A.F.L. Eficiência do triclopyr no controle de plantas daninhas em gramado (*Paspalum notatum*). Planta daninha, Viçosa, v. 21, n. 1, Jan./Apr. 2003.

GANGSTAD, E.O. "Woody Brush Control." CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. 1989.

GONÇALVES, C.A.A.; LIMA, L.C.O.; LOPES, P.S.N.; DE SOUZA, M.T. Poda e sistemas de condução na produção de figos verdes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n.6, p. 955-961, jun. 2006.

HIGA, R.C.V. e STURION, J.A. Capacidade de brotação em subgêneros e espécies de *Eucalyptus*. IPEF 11(30): p. 23-30, 1997.

HIRAI, N. "Abscisic acid. In Comprehensive Natural Products Chemistry." Mori, K., Ed.; Elsevier: Amsterdam; v. 8; p 72-91, 1999.

HUIJSER, P.; SCHMID, M. "The control of developmental phase transitions in plants," Review. Development 138, p. 4117-4129, 2011.

JACOB NETO, J. The Interactions of H⁺/OH⁻ exchanges between roots and rhizosphere with plant nutrition and aluminum effects. University of Dundee, 1993. 281 p. (PhD. Thesis).

KRAMER, J.P. e KOSWLOSKI, T. Fisiologia das árvores. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 745 p, 1972.

KUSHIRO, T.; OKAMOTO, M.; NAKABAYASHI, K.; YAMAGISHI, K.; KITAMURA, S.; ASAMI, T.; HIRAI, N.; KOSHIBA, T.; KAMIYA, Y.; NAMBARA E. "The Arabidopsis cytochrome P450 CYP707A encodes ABA 8'-hydroxylases: key enzymes in ABA catabolism." EMBO J., v. 23, p. 1647-1656, 2004.

LEMO, J.J. e JACOB-NETO, J. Estudo do manejo da poda em plantas de Flamboyant (*Delonix regia*): influência no custo de manutenção da linha de distribuição. Anais: XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica. Rio de Janeiro, 2012.

- LINZMEYER JUNIOR, R.V.; GUIMARÃES, F.; SANTOS, D., BENCKE, M.B. "Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividades da soja." *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, v.1, 368 p, 2000.
- LORENZI, H. *Árvores Brasileiras*. São Paulo. Ed. Plantarum, v. 1, 1992.
- MACHADO, A.F.L.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, L.D.T.; SANTOS, J.B.; FERREIRA, F.A. e VIANA, R.G. Absorção, translocação e exsudação radicular de glyphosate em clones de eucalipto. *Planta Daninha, Viçosa-MG*, v. 27, n. 3, p. 549-554, 2009.
- MERCIER, H. Auxinas. In: KERBAUY, G.B (Ed). *Fisiologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogans S.A., p. 217-249, 2004.
- MIZUTANI, M.; TODOROKI, Y. "ABA 8'-hydroxylase and its chemical inhibitors. *Phytochem.*" *Rev.*, 5, p. 385-404, 2006.
- MOUSDALE, D.M., COGGINS, J.R. Amino Acid Synthesis. In: Kirkwood, R.C. *Target sites for herbicide action*. Premium Press. New York. 1991, 339p.
- MROZ, G.D.; FREDERICK, D.J.; JURGENSEN, M.F. Site and fertilizer effects on northern hardwood stump sprouting. *Canadian Journal of Forest Research*, 15(3): p. 535-543, 1985.
- NAMBARA, E.; MARION-POLL, A. "Abscisic acid biosynthesis and catabolism." *Annual. Rev. Plant Biol.* 56, p. 165-185, 2005.
- NEELAY, V.R.; SAH, A.K.; BHANDARI, A.S. A study on the growth and coppicing capacity of *Eucalyptus tereticornis* (Mysore Gum) in 10 year old plantation. *The Indian Forester*, 110(1): 52-5, 1984.
- NOWAK, C.A.; BALLARD, B.D. "Off-target herbicide deposition associated with treating individual trees." *Environmental Management* 36: p. 237-247, 2005.
- NOWAK, C.A.; ABRAHAMSON, L.P.; NEUHAUSER, E.F. "Cost-effective vegetation management on a recently cleared electric transmission line right-of-way." *Weed Technology* 6: p. 828-837, 1992.
- NOWAK, C.A.; ABRAHAMSON, L.P.; RAYNAL, D.J. "Power line corridor vegetation management trends in New York State: has a post-herbicide era begun?" *Journal of Arboriculture*. 19: p. 20-26, 1993.
- NYFFELER, A.; GERBER, H.R.; HURLE, K.; PESTEMER, W.; SCHMIDT, R.R. Collaborative studies of doseresponse curves obtained with different bioassay methods for soil-applied herbicides. *Weed Res* 22: p. 213-222, 1982.

OLIVEIRA, C.H.R. Decepa de plantas jovens de clone de eucalipto e condução da brotação em um sistema agroflorestal. Viçosa: UFV, 2006. 69 p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, C.H.R.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; XAVIER, A. e STOCKS, J.J. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. Revista *Árvore*, v. 32, p. 59-68, 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, R.S. Atividade residual de imazaquin e alchlor+atrazine para plantio seqüencial de canola. *Ciência Rural*, v. 31, n. 2, p. 219-224, 2001.

PAULA NETO, F.; PEREIRA, A.R.; BRANDI, R.M. e PAIVA, H.N. Fatores que influenciam no desenvolvimento de brotações em povoamentos de eucaliptos. Revista *Árvore*, 6 (2): p. 133-139, 1982.

PEREIRA, A.R.; REGAZZI, A.S.; RIBEIROM, S.C. e RAMALHO, LR. Efeito do diâmetro das cepas no desenvolvimento de brotações de *Eucalyptus* spp. Revista *Árvore*, 4(2): p. 15-20, 1980.

POLESE, V. e JACOB-NETO, J. Manejo da poda de plantas de bambu (*Bambusa tulldóides*). Anais: VII Fórum da Pós Graduação da UFRRJ, Seropédica, 2012.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: p. 501-531, 2000.

RAST, E.D.; BEATON, J.A.; SONDERMAN, D.L. Photographic guide to selected external defect indicators and associated internal defects in black walnut. USDA Forest Service, Research Paper NE-617, 24 p, 1988.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F. e CURTIS, H. *Biologia vegetal*, 2ª ed., Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1978. 724 p. il.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. Guia de herbicidas. Grafmarke, Londrina, PR, v. 5, 2005.

ROSSIELLO, R.O.P. e JACOB-NETO, J. Toxidez de alumínio em plantas: Novos enfoques para um velho problema. In: FERNANDES, M.S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 432 p, 2006.

SCHNEIDER, D.; MARTIN GOLDWAY, M.; BIRGER, R.; STERN, R.A. "Does alteration of 'Koroneiki' olive tree architecture by uniconazole affect productivity?" *Scientia Horticulturae*, 139: p. 79-85, 2012.

SCHNEIDER, R.P.; FINGER, C.A.G.; HOPPE, J.M. Efeito da intensidade de desrama na produção de *Pinus elliottii* engelm., implantado em solo pobre, no estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 35-46, 1999.

SEITZ, R.A. Considerações sobre a poda de árvores na arborização urbana. In: Encontro nacional sobre arborização urbana, 3., Anais. Curitiba: FUPEF, p. 87-100, 1990.

- SILVA, A.P. Estudo do comportamento da brotação de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maidem a nível de progênies de polinização livre. Piracicaba: 77 p, 1983.
- SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R. Biologia e controle de plantas daninhas. Viçosa: DFT/UFV, 2002. CD-ROM.
- SILVA, A.A. e SILVA, J.F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Editora UFV, 1ª ed. Viçosa, MG, 2009.
- SILVA, C.M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A. e MIRANDA, G.V. Exsudação Radicular de Imazapyr por Eucalipto Cultivado em Solo. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 22, n. 1, p. 109-116, 2004.
- SIMONOVICOVA, M.; HUTTOVA, J.; MISTRİK, I.; SIROKA, B.; TAMAS, L. Root growth inhibition by aluminium is probably caused by cell death due to peroxidase-mediated hydrogen peroxide production. Protoplasma, 224: p. 91-98, 2004.
- SOUZA, A.P.; PRATES, H.T.; FERREIRA, F.A.; REIS, E.L. e JORDÃO, C.P. Lixiviação do glyphosate e do imazapyr em solos com diferentes texturas e composição química. II Método analítico. Planta Daninha, v. 17, n. 2, p.245-262, 1999.
- SOUZA, R.T. Efeito da eletrização de gotas na variabilidade de depósitos de pulverização e eficácia teórica do glyphosate no controle de plantas daninhas na cultura da soja. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2002. 73 p. (Tese de Doutorado em Agronomia/Agricultura).
- SOUZA, J.S. INGLES. Poda das Plantas Frutíferas - São Paulo, Nobel, 1983.
- SULAK, J.; KIELBASO, J. "Vegetation management along transmission right-of way's in the United States and Canada." Journal of Arboriculture 26(4): p. 198-205, 2000.
- TODOROKI, Y.; UENO, K. "Development of Specific Inhibitors of CYP707A, a Key Enzyme in the Catabolism of Abscisic Acid." Current Medicinal Chemistry. 17, p. 3230-3244, 2010.
- VELASCO, G.D.N. Arborização viária x sistemas de distribuição de energia elétrica: avaliação de custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos. Piracicaba: ESALQ-USP. 2003. 117 p. (Dissertação de mestrado).
- VIDAL, M.R.R. e VIDAL, W.N. Botânica - Organografia. Viçosa: UFV, 4.ed., 144 p, 2000.
- VÍQUEZ, E.; PÉREZ, D. Effect of pruning on tree growth, yield, and wood properties of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. Silva Fennica 39(3): p. 381-390, 2005.
- WENDLING, I.; DUTRA, L.F.; HOFFMANN, H. A.; BETTIO, G. e HANSEL F.. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de araucária angustifólia. Agronomía Costarricense, 33(2): p. 309-319, 2009.

CONCLUSÕES GERAIS

O alumínio afetou o crescimento do sistema radicular de plântulas de Flamboyant em concentrações iguais ou superiores a $0,4 \text{ Cmol}/\text{dm}^3$ de em condições de solo. Em solução nutritiva simples em concentrações iguais ou superiores a $0,075 \text{ mM}$ de Al paralisaram o crescimento radicular de plântulas de Flamboyant.

O Picloram foi uma alternativa eficiente para manejo de brotações em plantas adultas de Sabiá, retardando emissão de novas brotações após a poda e aplicação do produto. Da mesma forma, a mistura 2,4-D+Picloram foi eficiente, pois apresentou brotações com comprimentos pequenos, atrasando a realização de nova poda. Em plantas de Sombreiro, dentre os tipos de cortes testados, o corte rente foi muito eficiente, atrasando a emissão de novas brotações aumentando o período para a realização de uma nova poda. Ocorreu toxidez por Picloram em plantas de Pepino devido à translocação e exsudação radicular no solo pelas plantas de Sabiá.

Os estudos de aplicação de Al sob o manejo de crescimento em plântulas de Flamboyant, no manejo de poda de Sombreiro e no manejo da poda associada ao uso de produtos químicos em Sabiá, podem diminuir os conflitos das brotações com as fiações de energia elétrica e, conseqüentemente diminuir os altos custos com manutenção de poda destas plantas.