

CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES UTILIZADAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO E CALAGEM

INITIAL GROWTH OF SPECIES USED IN URBAN AFFORESTATION IN RESPONSE TO FERTILIZATION AND CALAGE

Alessandra de Lima Machado

Doutoranda em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ),
Seropédica, RJ, Brasil
E-mail: alemchd@gmail.com

Thamara Peixoto Mendonça

Doutoranda em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ),
Seropédica, RJ, Brasil
E-mail: thapmendonca@gmail.com

Nubia Valle Mezzavilla

Mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do rio de Janeiro (UFRRJ),
Seropédica, RJ, Brasil
E-mail: nubiavallegro@gmail.com

Jorge Jacob Neto

Ph.D. em Ciências Biológicas pela Universidade de Dundee, Escócia, Reino Unido
Professor Titular da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ),
Seropédica, RJ, Brasil
E-mail: j.jacob@globo.com

RESUMO

Com o objetivo de estudar o comportamento de espécies arbóreas, que podem ser utilizadas na arborização urbana, crescidas em um solo ácido, três experimentos foram instalados em condições de câmara de crescimento. Foram usados os parâmetros comprimento e massa seca de raízes, comprimento e massa seca da parte aérea para avaliar a influência da calagem e da adubação com NPK + Micronutrientes no desenvolvimento inicial das espécies angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), pata-de-vaca (*Bauhinia variegata* L.) e aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi). Para os experimentos foi utilizado como substrato os primeiros 20 cm de um solo Latossolo Vermelho Amarelo. Foram utilizadas doses de calcário dolomítico de 0 a 4000 kg ha⁻¹. Quando realizada a adubação, foram utilizados P, aplicado na forma de super fosfato simples (P2O5); K na forma de cloreto de potássio (KCl); nitrogênio na forma de nitrato de amônio (NH4NO3) e como fonte de micronutrientes FTE BR – 12. A calagem não influenciou o desenvolvimento das plantas de angico-vermelho. A adubação isolada de 50 Kg ha⁻¹ de N + 100 Kg ha⁻¹ de P2O5 + 60 Kg ha⁻¹ de K2O + 30 Kg ha⁻¹ de FTE 12, não influenciou de forma significativa os parâmetros estudados em

angico-vermelho e aroeira-vermelha. A aplicação das doses de calcário de 2.200 Kg ha⁻¹ e de 1.831 Kg ha⁻¹ favorece o crescimento da massa seca da parte aérea das plantas de pata-de-vaca e aroeira-vermelha, respectivamente.

Palavras-chave: *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan, *Bauhinia variegata* L., e *Schinus terebinthifolius* Raddi, Angico vermelho, pata-de-vaca, aroeira-vermelha

ABSTRACT

With the objective of studying the behavior of forest species grown in an acid soil, which can be used in urban afforestation, three experiments were installed under growing chamber conditions. The root length, root dry mass and shoot dry mass were used to evaluate the influence of liming and fertilization with NPK + Micronutrients on the Angico Vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), Pata-de-Vaca (*Bauhinia variegata* L.) and Aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi). The experiments used as substrate the first 20 cm of a Red Yellow Latosol soil. The doses of dolomitic limestone from 0 to 4000 kg ha⁻¹ were used. When the fertilization was carried out, P was applied in the form of single phosphate (P₂O₅); K as potassium chloride (KCl); nitrogen in the form of ammonium nitrate (NH₄NO₃) and as micronutrients FTE BR - 12. Liming did not influence the development of angico-vermelho plants. The isolated fertilization of 50 kg ha⁻¹ of N + 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅ + 60 kg ha⁻¹ of K₂O + 30 kg ha⁻¹ of FTE 12 did not significantly influence the parameters studied in angico-vermelho and aroeira-vermelha. The application of lime rates of 2,200 kg ha⁻¹ and 1,831 kg ha⁻¹ favored the growth of the dry mass of the aerial part of the plants of pata-de-vaca and aroeira-vermelha, respectively.

Keywords: *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan, *Bauhinia variegata* L., e *Schinus terebinthifolius* Raddi, Angico vermelho, pata-de-vaca, aroeira-vermelha.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, dada a crescente valorização e demanda do plantio de espécies arbóreas, pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de encontrar respostas relativas às exigências nutricionais e de fertilidade dos solos para espécies de interesse econômico e ecológico. A arborização urbana, composta pelo conjunto de árvores que formam os espaços verdes das cidades, é o elemento estrutural do território urbano que pode proporcionar a maior proximidade da população com o meio ambiente natural e seus benefícios. No meio urbano as condições de plantio e manutenção das árvores podem ser dificultadas pela qualidade do solo e espaço físico para o desenvolvimento da planta, sendo primordial o conhecimento das exigências nutricionais das espécies, principalmente no estágio de desenvolvimento inicial. Preconiza-se que a arborização urbana tenha diversificação de espécies a fim de manter a diversidade biológica e genética, que determinam a estabilidade, resistência e resiliência da comunidade

vegetal diante de condições ambientais adversas (KENNEY et al., 2011; BOBROWSKI; BIONDI, 2016).

Um problema bastante comum nas áreas destinadas à arborização são os solos ácidos. Com valores de pH em torno de 5,5, ou inferior, os solos ácidos ocorrem majoritariamente em regiões tropicais e subtropicais, onde a acidificação é um processo natural. Constituem aproximadamente 30% da área total do planeta e 50% das terras aráveis (SADE et al., 2016). São caracterizados por deficiência em nutrientes como o P, Ca, Mg, e toxicidade por Mn e Al. Sendo que, a toxicidade por Al é o principal fator que limita o crescimento das plantas nestes solos, pois em valores reduzidos de pH, abaixo de 4,3, predomina o Al trivalente, considerada a sua forma mais tóxica (ROSSIELO; JACOB NETO, 2006; BOSE et al., 2015). Em contraste, o Al precipitado ou quelado em compostos orgânicos não é tóxico para plantas (NOGUEIRO et al., 2015). Por corrigir o pH do solo, a calagem pode oferecer melhores condições para o crescimento das plantas, especialmente na fase de mudas, o que é essencial para o estabelecimento dos plantios (MELO et al., 2007).

O Al é um elemento tóxico para a maioria das plantas, muitos dos sintomas de sua toxicidade são associados a mudanças no sistema radicular (VASCONCELOS et al., 2002; KOPITTKKE et al., 2015). O Al interfere na divisão celular das células do ápice da raiz principal e nas raízes laterais, aumenta a rigidez da parede celular através da reticulação de pectinas e reduz a replicação de DNA por causar rigidez na dupla hélice (ZHANG et al., 2014). Estudos indicam que o Al pode limitar o crescimento de espécies importantes para a arborização urbana. Níveis críticos de Al em plantas jovens foram encontrados para *Delonix regia* (POLESE, 2013), *Anacardium othonianum* (VASCONCELOS FILHO, 2014), *Bauhinia variegata*, *Anadenathera macrocarpa* (MENDONÇA et al., 2017), *Schinus terebinthifolius* (MEZZAVILLA; JACOB NETO, 2017), *Clitoria fairchildiana*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Acacia mangium* (LEMOS et al., 2015).

A calagem é realizada com três objetivos: elevação do pH, neutralização do Al^{3+} e/ou fornecimento de Ca^{2+} e Mg^{2+} . Furtini Neto et al. (1999a, 2000) avaliam que as espécies florestais nativas apresentam grande variabilidade de respostas quanto à acidez do solo, saturação por bases e concentração de Al trocável. De maneira geral, as espécies pioneiras e secundárias são mais responsivas à calagem e mais exigentes em relação à fertilidade do solo (FURTINI NETO et al., 1999b). Silva et al. (1997) sugerem que a resposta de espécies arbóreas à melhoria da fertilidade do solo pode estar relacionada a uma maior taxa de crescimento e maior demanda nutricional, independentemente do grupo sucessional. Siqueira et al. (1995) consideram que apesar das espécies apresentarem diferenças nas respostas à adubação mineral é recomendável a adubação de plantio com NPK de maneira a garantir o estabelecimento inicial das mudas nos plantios de florestais. Resende et al. (1999) estudaram o

crescimento inicial de nove espécies arbóreas em resposta a doses de P; os resultados deste estudo indicaram que *Schinus terebinthifolius* Raddi foi responsiva ao fornecimento de P, ao contrário da espécie *Tabebuia serratifolia* que foi pouco sensível às doses de P, refletindo um baixo requerimento deste elemento na fase de mudas. De maneira semelhante, estudos indicaram que as espécies arbóreas respondem de maneira distinta a doses de K na fase inicial de crescimento, com efeitos negativos para *Dalbergia nigra* (Vell.) Alemão ex Benth. (REIS et al., 2012) e positivos para *Apuleia leiocarpa* (NICOLOSO et al., 2001) e canafístula (CRUZ et al., 2011).

As espécies arbóreas *Bauhinia variegata* L. (pata-de-vaca), *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (angico-vermelho) e *S. terebinthifolius* (aroeira-vermelha) são utilizadas na arborização urbana devido ao porte médio (entre 5 e 7 m de altura), caule liso e aspecto ornamental das copas. São também utilizadas na recuperação de áreas degradadas e em reflorestamentos (SOUZA et al, 2001; LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003; JACINTO et al., 2009). Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta a calagem e adubação no crescimento inicial destas três espécies arbóreas utilizadas na arborização urbana, popularmente conhecidas como: pata-de-vaca, angico-vermelho e aroeira-vermelha.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados 3 experimentos conduzidos em condição de câmara de crescimento no laboratório de Química da Rizosfera, localizado no Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A câmara de crescimento foi mantida a temperaturas entre 25 e 35 °C e fotoperíodo 12h luz/12h escuro. As sementes de *B. variegata*. (pata-de-vaca) e *A. macrocarpa* (angico-vermelho) foram coletadas de uma única planta matriz. As sementes de *S. terebinthifolius* (aroeira-vermelha) foram oriundas de uma única matriz e adquiridas da empresa Arbocenter – Birigui – SP. As sementes das 3 espécies após selecionadas quanto ao vigor e tamanho, foram submersas em solução de hipoclorito de sódio a 6% por 5 minutos para desinfecção, sendo posteriormente lavadas com água deionizada. A irrigação foi realizada de forma manual, diariamente, com água deionizada. Para o crescimento das plantas nos três experimentos foi utilizado como substrato os primeiros 20 cm de um solo Latossolo Vermelho Amarelo –LVA coletado em Ribeirão das Lages, Município de Piraí- RJ. O solo foi peneirado em peneira de 2 mm de mesh e posteriormente colocado nos recipientes onde a planta se desenvolveu. Para correção do pH do solo, quando realizado, foi utilizado calcário dolomítico com PRNT 80%, teor de MgO 10,1% e CaO 33,5%. Nos tratamentos que continham fósforo, a adubação foi realizada aplicando o elemento na forma de super fosfato simples (P₂O₅) e com potássio na forma de cloreto de potássio

(KCl); nitrogênio na forma de nitrato de amônio (NH_4NO_3) e com micronutrientes FTE BR – 12 (Micro). As doses de calcário foram estimadas através de curva de neutralização do solo utilizando o método descrito pela Embrapa (1997). As doses de calcário, P, e K foram calculadas nos tratamentos considerando uma camada de 20 cm de solo sendo 2000.000 Kg por hectare.

Ao final de cada experimento, foram avaliados os seguintes parâmetros: comprimento de raiz e de parte aérea – aferidos com o auxílio de régua graduada; peso seco de raiz e de parte aérea. Para verificação dos pesos de matéria seca, as plantas foram seccionadas em raízes e parte aérea, acondicionadas em sacos de papel com identificação e secas em estufa sem ventilação forçada a 60°/65°C, até atingir peso constante, para serem pesadas em balança com precisão de 4 casas decimais.

As análises estatísticas dos experimentos foram realizadas após teste de distribuição normal e homogênea dos dados, realizadas pelo teste de *Lilliefors* e teste de *Cochran e Bartlett*, respectivamente. Todas as diferenças ditas significativas no texto são baseadas na análise estatística, através do teste *Tukey* a 5% de significância. Quando necessário, para a maior homogeneização dos dados, foi realizada a transformação destes para $(\sqrt{x+1})$. As doses de calagem podem ser consideradas como variável quantitativa, então, para melhor comparação das médias, foi também realizado o uso da regressão na análise da variância, sendo a equação escolhida aquela que possui o melhor valor de coeficiente de determinação (R^2). Ocorrendo interação significativa, quando necessário, os dados foram desdobrados e comparações foram realizadas utilizando o teste *Tukey* 5%. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, 2016).

2.1 Angico-vermelho - *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan

O plantio foi realizado em vasos não perfurados com volume de 0,54 kg de substrato. As análises química e física da amostra do solo apresentaram os seguintes resultados: K^+ 0,15 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca^{2+} 2,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg^{2+} 0,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; 0,6 $\text{Cmol}_c/\text{dm}^3$, Al^{3+} 0,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H+Al 4,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{pH}_{\text{água}}$ 4,2; areia 9%, silte 15%, argila total 32%. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 4 repetições e 6 tratamentos, que consistiram de diferentes doses de calcário: 1 – 0 absoluto, sem calcário, NPK e micronutrientes; 2 – 0 sem calcário e com NPK e micronutrientes; 3 – 500 kg ha^{-1} ; 4 - 1.000 kg ha^{-1} ; 5 - 2.000 kg ha^{-1} ; 6 - 4.000 kg ha^{-1} . Nos tratamentos de 2 a 6 a adubação foi realizada com N, P, e K, respectivamente nas doses de 50, 60 e 100 kg ha^{-1} mais micronutrientes na dose de 30 kg ha^{-1} . Foram semeadas 5 sementes por vaso, sendo posteriormente desbastado, deixando 2 plantas. O experimento foi coletado aos 29 dias após o plantio (DAP), quando começou a ocorrer queda das folhas.

2.2 Pata-de-vaca - *Bauhinia variegata* L

O plantio foi realizado em vasos não perfurados com volume de 1,7 kg de substrato. As análises química e física da amostra do solo apresentaram os seguintes resultados: K^+ 0,15 $cmol_c dm^{-3}$; Ca^{2+} 2,9 $cmol_c dm^{-3}$; Mg^{2+} 0,1 $cmol_c dm^{-3}$; Al^{3+} 0,5 $cmol_c dm^{-3}$; $H+Al$ 4,5 $cmol_c dm^{-3}$; $pH_{\text{água}}$ 4,2; areia 9%, silte 15%, argila total 32%. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial com 4 doses de calcário (0, 500, 1.000 e 2.000 $kg ha^{-1}$), 2 doses de K (0 e 60 $kg ha^{-1}$) e 2 doses de P (0 e 100 $kg ha^{-1}$), com 4 repetições. Em todos os tratamentos foi aplicado o equivalente a 60 $kg ha^{-1}$ de FTE BR – 12, para o suprimento de micronutrientes. Foram semeadas 3 sementes por vaso, sendo posteriormente desbastado, deixando 2 plântulas por vaso. O experimento foi coletado aos 32 DAP.

2.3 Aroeira-vermelha - *Schinus terebinthifolius* Raddi

O plantio foi realizado em vasos não perfurados com volume de 0,54 kg de substrato. As análises química e física da amostra do solo apresentaram os seguintes resultados: K^+ 0,02 $cmol_c dm^{-3}$; Na^+ 0,02 $cmol_c dm^{-3}$; Ca^{2+} 0,7 $cmol_c dm^{-3}$; Mg^{2+} 0,6 $cmol_c dm^{-3}$; Al^{3+} 0,4 $cmol_c dm^{-3}$; P 14 $mg L^{-1}$; $pH_{\text{água}}$ 3,9; areia 9%, silte 15%, argila total 32%. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 4 repetições e 6 tratamentos, que consistiram de diferentes doses de calcário: 1 – 0 absoluto, sem calcário, NPK e micronutrientes; 2 – 0 sem calcário e com NPK e micronutrientes; 3 – 500 $kg ha^{-1}$; 4 - 1.000 $kg ha^{-1}$; 5 - 2.000 $kg ha^{-1}$; 6 - 4.000 $kg ha^{-1}$. Nos tratamentos de 2 a 6 a adubação foi realizada com N, P, e K, respectivamente nas doses de 50, 60 e 100 $kg ha^{-1}$, mais micronutrientes na dose de 30 $kg ha^{-1}$. Foram semeadas 5 sementes por vaso, sendo posteriormente desbastado deixando 1 plântula por vaso. O experimento foi coletado aos 90 DAP.

3 RESULTADOS

3.1 Angico-vermelho

Quando foram realizadas as análises de variâncias e aplicado o teste Tukey 5%, para o comprimento e massa radicular, massa seca da parte aérea das plantas de angico, não foram encontradas diferenças significativas dos efeitos da calagem, NPK e micronutrientes (Tabela 1). Para o parâmetro comprimento da parte aérea o tratamento

zero absoluto, que não recebeu adubação de NPK + Micro, e nem foi realizada a calagem, diferiu apenas do tratamento zero que foi adubado com NPK + Micro e não foi realizada calagem, sendo estatisticamente iguais aos demais tratamentos com adição de calcário, quando comparadas as médias pelo teste de Tukey 5%. Neste experimento os dados de comprimento da parte aérea não apresentaram distribuição normal, sendo necessário realizar a transformação dos dados (\sqrt{x}). Este experimento foi encerrado aos 29 dias após a semeadura devido ao início da queda das folhas. Em todos os tratamentos houve queda, porém, o tratamento com (1000 kg.ha⁻¹de calcário) foi o que apresentou menor queda. No tratamento zero absoluto foi onde ocorreu a maior incidência de queda foliar.

A análise da variância da regressão mostrou que não ocorreu correlação entre as doses de calagem, NPK, e aplicação de micronutrientes para todos os parâmetros testados neste experimento ($p \geq 0,05$).

Tabela 1: Efeito do calcário e da adição de NPK + Micronutriente, na massa seca e comprimento da raiz, e comprimento e massa da parte aérea (PA) de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan crescidas por 29 dias em um substrato de Latossolo Vermelho Amarelo.

Concentração de Calcário (Kg ha ⁻¹)	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca de raiz (mg)	Comprimento de PA (cm)	Massa seca de PA (mg)
¹ O absoluto	15,29	10,01	6,46 b	18,00
O	12,37	10,40	11,84 a	23,50
500	16,00	7,90	8,17 ab	22,50
1000	15,37	11,00	8,64 ab	30,13
2000	14,92	10,00	7,84 ab	23,50
4000	14,64	11,5	7,61ab	24,50
CV (%)	18,42	18,23	12,52	12,98

¹O absoluto”, não foi adicionado calagem, NPK + Micro, o que ocorreu nos demais tratamentos. Médias seguidas por letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey 5%. A ausência de letras nas colunas indica não significância.

3.2 Pata-de-vaca

O experimento com pata-de-vaca foi instalado em um fatorial, na tabela 2 são mostrados os valores de F obtidos nas análises de variância dos parâmetros estudados: comprimento e peso de massa seca de raiz, comprimento e massa seca de parte aérea. Para o comprimento radicular ocorreu efeito dos tratamentos apenas para a interação entre calcário e potássio, não sendo significativos os efeitos das doses isoladas de calagem e das demais interações. Já para o peso da massa de raízes secas as dosagens de calagem e a interação entre calagem e aplicação de P foram significativas. Ainda na

tabela 2, pode ser observado que quando foi realizada a análise de variância dos dados médios do comprimento da parte aérea e do peso da parte aérea foram encontrados efeito estatístico para doses de calcário não sendo significativas as demais interações.

Tabela 2: Valores de F e nível de significância obtido na análise de variância do comprimento e massa seca de raiz, comprimento e massa seca de parte aérea (PA) com de plantas de *Bauhinia variegata* L. (pata-de-vaca) crescidas em substrato de solo Latossolo Vermelho Amarelo, por 32 dias, com diferentes doses de calcário, K e P.

Fonte de variação	F			
	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca de raiz (mg)	Comprimento de PA (cm)	Massa seca de PA (mg)
Calcário	1,9931	8,0614 **	5,2378 *	4,7963 **
K	1,8686	1,3029	0,5002	0,4852
P	0,0927	0,1299	1,3800	0,0140
Calcário x K	3,3422 *	1,6373	0,7810	0,2925
Calcário x P	1,1361	4,5786 **	1,6464	0,3151
K x P	1,8242	0,3609	0,0483	1,3479
Calcário x K x P	0,4033	0,1901	0,9282	0,3129
CV (%)	11,63	26,06	12,46	29,62

* significativo em nível de 5% de probabilidade; ** significativo em nível de 1% de probabilidade.

Analisando os desdobramentos, a interação entre a calagem e o K no comprimento radicular da planta são apresentados na tabela 3. Ficou evidenciado que só ocorreu efeito significativo quando foi adicionado K juntamente com dosagem de calagem de 1.000 kg ha⁻¹, mostrando interação positiva desta dosagem de calagem com o uso de 60 kg ha⁻¹ de K.

Tabela 3: Efeito da interação entre doses de calcário x e doses de K no comprimento radicular de plantas de *Bauhinia variegata* L., crescidas em um substrato de solo Latossolo Vermelho Amarelo, por 32 dias.

Doses de calcário (Kg ha ⁻¹)	Comprimento de raiz (cm)	
	K (0 kg ha ⁻¹)	K (60 kg ha ⁻¹)
0	26,15 aA	24,67 aA
500	26,62 aA	26,15 aA
1.000	23,21 aB	28,08 aA
2.000	27,15 aA	28,46 aA

As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e letras maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5%. CV (%) = 11,63

O desdobramento da interação doses de calcário X P mostrou que só ocorreu efeito deste elemento quando ele foi adicionado na dosagem de 100 Kg ha⁻¹ na ausência de calcário (Tabela 4).

Tabela 4: Efeito da interação entre doses de calcário X doses de P na massa seca de raiz de plantas de *Bauhinia variegata* L., crescidas em um substrato de solo Latossolo Vermelho Amarelo, por 32 dias.

Calcário (Kg.ha ⁻¹)	Massa seca de raiz (mg)	
	P (0 kg ha ⁻¹)	P (100 kg ha ⁻¹)
0	170 bB	300 aA
500	400 aA	330 aA
1000	330 aA	290 aA
2000	380 aA	330 aA

As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e letras maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5%. CV (%) = 26,6

Na tabela 5 são apresentados os resultados do efeito isolado do calcário na massa seca de raízes, comprimento e massa seca da parte aérea das plantas de pata-de-vaca. Analisando a massa seca das raízes pelo teste Tukey 5%, não foi observado diferenças entre as dosagens de calcário, sendo as dosagens de 500 e 2000 Kg ha⁻¹, diferente do controle sem adição de calcário, entretanto, este tratamento foi igual a dosagem de 1000 Kg ha⁻¹. O resultado da análise de regressão para o efeito das dosagens de calcário na massa seca das raízes das plantas pata-de-vaca resultou em uma equação quadrática ($\hat{y} = -0,0509x^2 + 0,1495x + 0,2485$, $R^2 = 0,59$), através desta equação foi calculada a dose de calcário ideal para o crescimento e desenvolvimento da massa seca de raiz de pata-de-vaca como sendo de 1.460 kg ha⁻¹.

O mesmo comportamento observado para massa seca de raízes foi verificado para comprimento e massa seca da parte aérea, ou seja, a utilização de 500 Kg ha⁻¹ produziu efeito equivalente as outras doses mais elevadas de 1000 e 2000 Kg ha⁻¹ de calcário, sendo estas dosagens diferentes estatisticamente pelo teste Tukey 5% somente do tratamento que não recebeu calcário.

Apesar da análise estatística não mostrar diferenças entre as dosagens utilizadas de calcário, quando realizada a análise de regressão os dados permitiram calcular uma dose de 2530 Kg ha⁻¹ como sendo a ideal para o crescimento de parte aérea, utilizando a equação quadrática ($\hat{y} = -1,1564x^2 + 5,8502x + 46,604$, $R^2 = 0,70$), encontrada pelo maior valor de R².

O peso da massa seca da parte aérea só foi influenciada pela dosagem de calcário de 2000 Kg ha⁻¹, as demais doses foram iguais pelo teste Tukey 5%. A análise de regressão resultou em equação quadrática ($\hat{y} = -0,1582x^2 + 0,6951x + 1,6669$, $R^2 = 0,9213$), sendo possível estimar que a dose ideal de calcário para este parâmetro de 2200 Kg ha⁻¹.

Tabela 5: Efeito isolado do calcário no comprimento e massa seca de raiz, comprimento e massa seca de parte aérea (PA) de plantas de *Bauhinia variegata* L. crescidas em substrato de solo Latossolo Vermelho Amarelo com diferentes doses de calcário por 32 dias.

Doses de calcário (Kg ha ⁻¹)	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca de raiz (mg)	Comprimento de PA (cm)	Massa seca de PA (mg)
0	25,42	230,00 b	45,64 b	1620 b
500	26,37	360,00 a	51,81 a	2100 ab
1.000	25,65	310,00 ab	49,37 ab	2110 ab
2.000	27,81	350,00 a	54,00 a	2440 a
CV (%)	11,63	26,06	12,46	29,62

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e ausência de letras nas colunas indica não significância.

3.3 Aroeira-vermelha

Os resultados do comprimento e massa seca de raízes, comprimento e massa seca de parte aérea da espécie aroeira-vermelha são apresentados na tabela 6. A análise do comprimento de raiz pelo teste de Tukey 5% demonstrou que ocorreu efeito significativo das doses de calcário, entretanto, elas não foram diferentes entre si. O maior comprimento de raízes foi encontrado na dose aplicada de calcário de 1.000 Kg ha⁻¹ com a média 36,40 cm, essa dose somente diferiu estatisticamente dos tratamentos zero absoluto (sem adição de NPK + micro, e sem calagem) e zero (com adição de NPK + micro, e sem calagem). Quando realizada a análise regressão dos dados do comprimento radicular, a equação mais adequada e significativa nos ajustes foi a quadrática, $y = -0,00000293x^2 + 0,01268482x - 22,98646154$ e com $R^2 = 0,95$. Esta equação permitiu calcular que a partir da dose de 2,164 Kg ha⁻¹ de calcário não ocorreu mais crescimento radicular. Não foi encontrado efeito da calagem e nutrientes na massa seca das raízes quando foi utilizado o teste de comparação de médias pelo teste Tukey 5% e, também, não foi encontrada uma equação de regressão que se adequava ao nível de 5%.

Com relação a comprimento e massa seca da parte aérea, o efeito da calagem e dos nutrientes se comportou de forma semelhante ao comprimento radicular. A maior dose de calcário aplicada de 4.000 Kg ha⁻¹, em ambos os parâmetros, só foi diferente dos tratamentos que não receberam calagem, utilizando o teste de Tukey 5%. Realizando a regressão dos dados do comprimento da parte aérea foi encontrada uma equação linear, $y = 0,01613354x + 16,26615248$ e $R^2 = 0,55$. A regressão dos dados de massa da parte aérea a equação que mais se ajustou aos dados foi a equação quadrática, $y = -0,00000005x^2 + 0,00018315x + 0,28655446$ e $R^2 = 0,91$, através desta equação foi possível calcular que a dose de 1.831 Kg ha⁻¹ de calcário é o ideal para a obtenção do maior peso de massa seca de parte aérea.

Tabela 6: Efeito do calcário e da adição de NPK + Micronutriente, na massa seca e comprimento da raiz, e comprimento e massa da parte aérea de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* R.) crescidas por 90 dias em um substrato de Latossolo Vermelho Amarelo.

Concentração de Calcário (Kg ha ⁻¹)	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca de raiz (mg)	Comprimento de PA (cm)	Massa seca de PA (mg)
¹ O absoluto	13,06 c	45,80	14,20 c	157,40 b
0	19,26 bc	61,00	16,30 bc	250,20 b
500	32,18 ab	112,00	21,60 abc	430,80 ab
1000	36,40 a	116,20	23,30 ab	434,20 a
2000	32,30 ab	52,80	19,4 abc	302,20 ab
4000	27,56 ab	84,80	26,5 a	481,80 a
CV (%)	12,06	14,49	22,96	9,41

¹O absoluto”, não foi adicionado calagem, NPK + Micro, o que ocorreu nos demais tratamentos. As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e ausência de letras nas colunas indica não significância.

De forma geral o coeficiente de variação dos dados obtidos nos três experimentos foi considerado de baixo a médio, especialmente para o sistema radicular.

4 DISCUSSÃO

Os autores deste trabalho utilizaram recipientes pequenos, com baixo volume, na tentativa de simular o crescimento destas três espécies como mudas crescendo em um substrato de um solo ácido sem a adubação com matéria orgânica. Os solos localizados em área urbana são provavelmente os mesmos solos encontrados na área rural, considerando o Brasil, a maioria são ácidos (ABREU JR. et al., 2003). Portanto, no caso de plantio nestas áreas o conhecimento do comportamento das espécies normalmente utilizadas no plantio, como as três aqui estudadas, pode ser útil desde a confecção de muda, do plantio diretamente no solo e do estado nutricional no momento do transplante.

A utilização de doses de calcário de até 4000 Kg ha⁻¹, associado ou não com 50 Kg ha⁻¹ nitrogênio, 100 Kg ha⁻¹ de fosforo, 60 Kg ha⁻¹ potássio e com 30 Kg ha⁻¹ de micronutrientes não influenciou significativamente o crescimento de mudas de angico vermelho crescendo em vasos por 29 dias. Isso demonstra que a fertilização realizada não acrescentou ganhos no crescimento e desenvolvimento desta espécie na sua fase inicial de crescimento. Estes resultados sugerem que a adubação de mudas de angico-vermelho pode até não ser realizada.

Entretanto, a aplicação de calcário favoreceu o crescimento de plantas de pata-de-vaca crescendo por 32 dias em vasos, resultando em maiores valores de peso de massa seca de raízes. A dose de 1.460 Kg ha⁻¹ de calcário foi a que poderia ser indicado para o crescimento de raízes. Para a massa da parte aérea seca a dose de calcário de 2.200 Kg ha⁻¹ foi a mais adequada para obter o obter o máximo peso, e para o maior comprimento da parte aérea, a dose de 2.530 Kg ha⁻¹.

A aroeira-vermelha crescida por 90 dias em vasos também foi influenciada positivamente pelas doses de calcário aplicadas ao solo. O maior comprimento radicular foi encontrado na dosagem de calcário de 2.164 Kg ha⁻¹ e o maior valor da massa obtida para esta espécie foi encontrada com 1.831 Kg ha⁻¹. De modo geral, a aplicação de calcário favorece o crescimento das plantas (VARGAS, 2013), porém esta tendência de crescimento não foi observada para angico vermelho. A verificação das doses críticas de calcário que se estabeleceu através das análises de regressão pode ser fator importante para o estabelecimento de plantios com o uso mínimo de corretivos em solos ácidos.

O substrato utilizado para o crescimento destas plantas de angico-vermelho, pata-de-vaca e aroeira-vermelha foi um solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo com alto teor de acidez e saturação por Al. Furtini Neto et al. (1999a) afirmaram que a saturação por Al é um fator ligado à acidez do solo, que mais limita o desenvolvimento das espécies, inibindo o crescimento e a aquisição e utilização de nutrientes pelas plantas. No entanto, as espécies florestais nativas apresentam grande variabilidade de comportamento em relação à acidez do solo, saturação por bases e alumínio (FURTINI NETO et al., 2000). Esta variação das espécies na resposta a calagem pode ser verificada neste trabalho.

A plantas de angico-vermelho tiveram desenvolvimento do sistema radicular semelhante tanto na ausência de calagem quanto nas diferentes doses de calcário aplicadas nos tratamentos associado ou não a NPK + Micro. De maneira similar, Vale et al. (1996) ao estudarem o crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido, observam comportamento distinto entre as espécies em sua capacidade de desenvolver raízes em subsolo ácido. Neste estudo, os autores verificaram que as espécies *Acacia mangium* e *Peltophorum dubim* têm o crescimento radicular normal em condições de solo ácido. Gonçalves et al. (2012) realizaram estudos com *A. macrocarpa* e afirmaram que em alguns casos não há resposta no crescimento quando aumenta-se o suprimento de nutrientes no solo pois a espécie tem baixo requerimento nutricional. A calagem não influenciou o crescimento das espécies *A. columbrina* (GOMES et al., 2004), e *Astronium fraxinifolium*, *Guazuma ulmifolia*, *A. macrocarpa* e *Inga edulis*, (SILVA et al., 2011), estes estudos indicaram que o uso de calcário é dispensável na fase inicial de crescimento dessas espécies. Para a espécie *Senna appendiculata* a calagem influenciou

negativamente o crescimento dessa espécie, demonstrando que esta última tem preferência para solos ácidos (SAMPAIO, 2009).

De outra forma, as espécies pata-de-vaca e aroeira-vermelha se mostraram responsivas a aplicação de calagem. Para pata-de-vaca os resultados revelaram que o calcário produziu efeito significativo sobre os parâmetros peso de massa seca de raiz e parte aérea e comprimento de parte aérea. Para o parâmetro de comprimento de raiz foi significativa apenas a interação entre calcário e K. Para todos os parâmetros avaliados não houve efeito significativo dos elementos K e P, nem da interação entre eles. Na espécie aroeira-vermelha o parâmetro comprimento radicular apresentou a menor média foi referente ao tratamento zero absoluto, sem adição de nenhum nutriente, apresentando maiores médias nas doses com adição de calcário. O menor crescimento da parte aérea no tratamento sem aplicação de NPK e calagem (0 absoluto) já era esperado pois nutrientes desempenham diversas funções na planta, então sua omissão irá comprometer diversos processos metabólicos, o que implica em queda no crescimento e desenvolvimento das plantas (CRUZ et al., 2011). Em trabalho realizado por Villa et al. (2015), foi verificado que a aroeira-vermelha teve o menor teor de macronutrientes na biomassa total quando comparado com outras espécies arbóreas, provavelmente, indicando pouca exigência nutricional.

A elevação do pH através da calagem promove a neutralização do Al, evitando seus efeitos tóxicos sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas (MARSCHNER, 1991). Os resultados significativos no incremento de massa seca de raiz e de parte aérea que foram observados a partir da aplicação de calcário, estão de acordo com os relatados por Naidu et al. (1990), em estudo que revelou que a calagem promoveu o crescimento e maior produção de matéria seca de *Leucaena leucocephala*. Furtini Neto et al. (1999) ao estudarem o efeito da acidez no crescimento inicial de quatro espécies florestais em solo ácido, concluíram que o Al foi o fator de maior limitação ao desenvolvimento das espécies, inibindo tanto o crescimento quanto a aquisição de nutrientes. Estes mesmos autores constataram que a calagem favoreceu o crescimento em altura, diâmetro e produção de biomassa das espécies estudadas. Souza et al. (2004) encontraram diferentes respostas para o crescimento, em condições de viveiro, de duas espécies de leguminosas de ocorrência em cerrado: para *Dipteryx alata*, a aplicação de calcário propiciou efeito positivo no desenvolvimento das mudas, enquanto que para o *Hymenaea stigonocarpa* não foram observadas alterações no desenvolvimento em função da calagem.

As espécies arbóreas nativas normalmente são capazes de desenvolver mecanismos eficientes e estratégias diferentes para conviver com altos teores de alumínio trocável e com baixos teores de nutrientes disponíveis no solo (VILLA et al., 2015). O sistema radicular é o local onde são observados os efeitos diretos da toxidez

por alumínio, uma vez que são as raízes que penetram no solo para fornecer fixação e absorver nutrientes para a planta (ROSSIELO; JACOB NETO, 2006). A solução dos problemas dos solos ácidos não está relacionada somente com a tolerância ao Al, mas também envolve incremento na eficiência da absorção de P e outros nutrientes limitantes, bem como tolerância a outros metais tóxicos em condições ácidas (HARTWING et al., 2007), como os resultados aqui encontrados, em que ocorreram diferenças no desenvolvimento das plantas em solo adubado e nas plantas testemunha sem adição de nutrientes.

Neste trabalho fica evidenciada a necessidade de adubar as plantas de aroeira-vermelha e pata-de-vaca e que a elevação do pH através da calagem é uma técnica que deve ser recomendada, seja para reflorestamento ou para o plantio na área urbana.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A calagem não influenciou o desenvolvimento das plantas de angico-vermelho.
- A adubação isolada de 50 Kg ha⁻¹ de N + 100 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 60 Kg ha⁻¹ de K₂O + 30 Kg ha⁻¹ de FTE 12, não influenciou de forma significativa os parâmetros estudados em angico-vermelho e aroeira-vermelha.
- A aplicação da dose de calcário de 2.200 Kg ha⁻¹ favoreceu o crescimento da massa seca da parte aérea das plantas de pata-de-vaca.
- A aplicação da dose de calcário de 1.831 Kg ha⁻¹ favoreceu o crescimento da massa seca da parte aérea das plantas da aroeira-vermelha.

6 REFERÊNCIAS

ABREU JR, C. H.; MURAUOKA, T.; LAVORANTE, A. **Relationship between acidity chemical properties of brazilian sils.** Sci. Agric., 60, p 337-343, 2003.

BOBROWSKI, R.; CARACIOLO, R. L.; BIONDI, D. F. **Descrição fitossociológica da arborização de ruas por meio de diferentes formas de expressão da dominância e da densidade.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1167-1178, out.-dez., 2016.

BOSE, J.; BABOURINA, O.; MA, Y.; ZHOU, M.; SHABALA, S.; RENGEL, Z. **"Specificity of ion uptake and homeostasis maintenance during acid and aluminium stresses," in Aluminum Stress Adaptation in Plants.** Signaling Communication in Plants, Vol. 24, eds S. K. Panda and F. Baluska (Cham: Springer International Publishing), 229–251. doi: 10.1007/978-3-319-19968-9, p12. 2015.

CARVALHO, P. E. R. **Pata-de-vaca**. Colombo: Embrapa Florestas. Embrapa Florestas. Circular Técnica, 74, p. 12, 2003.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N. de; CUNHA, A. C. M. C. M. da; NEVES, J. C. L. **Macronutrientes na produção de mudas de canafístula em Argissolo Vermelho Amarelo da região da zona da mata**, MG. Ciência Florestal, v.21, n.3, p.445-457, 2011.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. **Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda**. Cerne, Lavras/MG, v. 5, n. 2, p. 01-12, 1999a.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; SILVA, I. R. **Liming effects on growth of native woody species from Brazilian Savannah**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 5, p. 829-837, mai. 1999b.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, N.; MOREIRA, F. M. **Fertilização em reflorestamentos com espécies nativas**. In: GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V. (Eds) Nutrição e Fertilização Florestal. Piracicaba: IPEF, p. 351-384. 2000.

GOMES, K. C. O. et al. **Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco**. Revista Árvore, v.28, n.6, p.785-792, 2004.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N. de. NEVES, J. C. L. GOMES, J. M. **Nutrição de mudas de angico-vermelho (Anadenanthera macrocarpa (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca E Mg**. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p. 219-228, 2012.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A. C. DE.; CARVALHO, F.I.F.DE.; BERTAN, I.; SILVA, J.A.G. **DA. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 28, n. 2, p. 219-228, 2007.

JACINTO, J. M. M.; IMAÑA-ENCINAS, J.; RIBEIRO, G. R.; TEOBALDO, C. C.; IMAÑA, C. R. **Análise silvicultural do angico e da aroeira na arborização da cidade de Brasília/DF**. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.4, n.1, p.79-92, 2009.

KENNEY, W. A.; VAN WASSENAER, P. J. E.; SATEL, A. L. **Criteria and indicators for strategic urban forest planning and management**. *Arboriculture & Urban Forestry* 2011; 17(3): 108-117.

KOPITTKE, P. M.; MOORE, K. L.; LOMBI, E.; GIANONCELLI, A.; FERGUSON, B. J.; BLAMEY, F. P.; MENZIES, N. W.; NICHOLSON, T. M.; MCKENNA, B. A.; WANG, P.; GRESSHOFF, P.

M. **Identification of the primary lesion of toxic aluminum in plant roots.** *Plant Physiol.* 167, 1402–1411. 2015.

LEMOS, J. J.; SILVA, A. C.; JACOB-NETO, J. **Diminuição do crescimento de plântulas de espécies arbóreas utilizadas na arborização urbana em função da indução da toxidez de alumínio.** *Semioses*, v. 09, n. 02, p. 22-37, 2016.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras – manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 4ª ed. Ed. Instituto Plantarum, v. 1, p. 24, 2002.

MARSCHNER, H. **Mechanisms of adaptation of plants to acid soils.** *Plant and Soil*, The Hague, v.134, n.1, p.1-20, July 1991.

MENDONÇA, T. P.; MACHADO, A. L.; JACOB-NETO, J. **Diminuição do crescimento de plântulas de espécies arbóreas utilizadas na arborização urbana em função da indução da toxidez de alumínio.** *Semioses*, v. 11, n. 03, p. 66-76, 2017.

MEZZAVILLA, N. V.; JACOB-NETO, J. **Avaliação do desenvolvimento de plântulas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* r.) em diferentes concentrações de alumínio.** *Semioses*, v. 11, n. 03, p. 9-18, 2017.

NAIDU, R.; TILLMAN, R.W.; SYERS, J.K.; KIRKMAN, J.H. **Lime-aluminium-phosphorus interactions and the growth of *Leucaena leucocephala* II. Chemical composition.** *Plant and Soil*, The Hague, v.126, n.1, p.9-17, Aug. 1990.

NICOLOSO, F. T.; FOGACA, M. A. de F.; ZANCHETTI, F.; MISSIO, E. **Nutrição mineral de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) em Argissolo Vermelho distrófico arênico: (1) Efeito da adubação NPK no crescimento.** *Ciência Rural* [online], v.31, n.6, p.991-998, 2001.

NOGUEIRO, R. C.; MONTEIRO, F. A.; AND AZEVEDO, R. A. **Tropical soils cultivated with tomato: fractionation and speciation of Al.** *Environ. Monit. Assess.* 187, 160. doi: 10.1007/s10661-015-4366-0. 2015.

POLESE, V. **Efeito de inibidores de crescimento e do tipo de poda em plantas utilizadas na arborização.** 2013. 89 p Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2014.

REIS, B. E. dos; PAIVA, H. N. de; BARROSO, T. C.; FERREIRA, A. L.; CARDOSO, W. da C. C. **Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Alemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre.** *Ciência Florestal*, v.22, n.2, p.389-396, 2012.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; e FAQUIN, V. **Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.34, n.11, p.2071-2081, nov. 1999

ROSSIELLO, R. O. P.; JACOB NETO, J. **Toxidez de alumínio em plantas: novos enfoques para um velho problema.** In: FERNANDES, M.S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-418, 2006.

SADE, H.; MERIGA, B.; SURAPU, V.; GADI, J.; SUNITA, M. S. L.; SURAVAJHALA, P. **Toxicity and tolerance of aluminium in plants: tailoring plants to suit to acid soils.** *Biometals* 29, 187–210. doi: 10.1007/s10534-016-9910-z, 2016.

SAMPAIO, L. C. **Efeito da adição de nitrogênio e cálcio no crescimento inicial de leguminosas arbóreas de restinga. Mestrado (Dissertação).** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

SILVA, A.H.; PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S.C. **Desenvolvimento inicial de espécies exóticas e nativas e necessidade de calagem em área degradada do Cerrado no triângulo mineiro (Minas Gerais, Brasil).** *Agronomía Colombiana*, Bogotá, v.29, n.2, p. 287-292, 2011.

SILVA, I. R.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; VALE, F. R. **Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.2, p.205-212, fev. 1997.

SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; VALE, F. R.; FERREIRA, M. M.; MOREIRA, F. M. S. **Aspectos de solos, nutrição vegetal e microbiologia na implantação de matas ciliares.** Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 28p.

SOUZA, C. F.; RIBEIRO, W. C.; RAMOS, M. V. V. **Crescimento inicial de espécies nativas do cerrado em resposta à calagem.** In: 2º Seminário de Iniciação Científica da UEG, 2004, Anápolis, Anais..., Anápolis: UEG, 2004.

SOUZA, P. A.; VENTURINI, N.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, M. I. N.; DA SILVA, V. F. **Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia.** Cerne, 7: 43-52, 2001.

VALE, F. R.; FURTINI NETO, A. E.; RENÓ, N. B.; FERNANDES, L. A.; RESENDE, A. V. **Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.31, n.9, p.609-616, set. 1996.

VASCONCELOS FILHO, S. C. **Toxidez do Alumínio em Caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium Othonianum* Rizz.).** 2014. 79 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2014.

VASCONCELOS, S. S.; ROSSIELO, R. O. P.; JACOB-NETO, J. **Parâmetros morfológicos para estabelecer tolerância diferencial à toxicidade de alumínio em cultivares de arroz.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.3, p. 357-363, 2002.

VILLA, E. B.; LELES, P. S. dos S.; PEREIRA, M. G.; NETO, S. N. de O. **Macronutrientes na biomassa de espécies arbóreas em área de restauração florestal. Restauração Florestal e a Bacia do Rio Guandu.** Seropédica, RJ: Ed. da UFRRJ, 2015.

ZHANG, H.; JIANG, Z.; QIN, R.; ZHANG, H.; ZOU, J.; JIANG, W. et al. **Accumulation and cellular toxicity of aluminum in seedling of *Pinus massoniana*.** BMC Plant Biol. 14:264. doi: 10.1186/s12870-014-0264-9. 2014.