

# Teores de nutrientes em plântulas de guandu e labe-labe sob efeito do alumínio na solução nutritiva<sup>(1)</sup>

Leonardo Lucas Madaleno<sup>(2)</sup>, Durvalina Maria Mathias dos Santos<sup>(3)</sup>,  
Adão Marin<sup>(3)</sup>, Lucas Mateus Codognotto<sup>(3)</sup>, Nilce Naomi Kobori<sup>(3)</sup>,  
David Ariovaldo Banzatto<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Trabalho de graduação do primeiro autor apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Unesp, em 2003.

<sup>(2)</sup> Bolsista do PIBIC/CNPq. Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, Unesp-FCAV. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. CEP 14884-900, Jaboticabal (SP), Brasil. leoagro@fcav.unesp.br

<sup>(3)</sup> Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, Unesp-FCAV. dumaria@fcav.unesp.br

<sup>(4)</sup> Departamento de Ciências Exatas, Unesp-FCAV.

## Resumo

Verificaram-se, no presente trabalho, os teores de nutrientes em plântulas de guandu e labe-labe sob efeito do alumínio na solução nutritiva. As plântulas foram transferidas, 10 dias após a germinação em areia, para frascos de vidro de 190 mL, contendo solução nutritiva de Clark e alumínio (0,0; 0,25; 0,5 e 1,0 mmol<sub>e</sub> dm<sup>-3</sup>). O experimento foi conduzido, por 20 dias, em sala de crescimento com fotoperíodo de 12 horas e temperatura controlada. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu e Fe. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2x4, com três repetições. Em ambas as forrageiras, o alumínio não causou qualquer efeito nos teores de N, S e Fe, mas diminuiu os de K, Mg e Mn. As menores concentrações de alumínio aumentaram os teores de Cu no labe-labe. Como a condição de elevado teor de P e/ou Ca na planta é um indicativo de tolerância ao alumínio, o guandu e o labe-labe podem ser considerados plantas não-tolerantes, em razão de os teores de P e Ca serem drasticamente reduzidos, proporcionalmente ao aumento das concentrações de alumínio na solução nutritiva.

**Palavras-chave adicionais:** *Cajanus cajan*; *Lablab purpureus*; nutrição mineral; toxicidade; sulfato de alumínio.

## Abstract

MADALENO, L. L.; SANTOS, D. M. M.; MARIN, A.; CODOGNOTTO, L. M.; KOBORI, N. N.; BANZATTO, D. A. Nutrients content in seedlings of pigeonpea and lablab under the effect of aluminum in the nutrient solution. **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.12-19, 2005.

This research was carried out to determine the nutrients content in seedlings of pigeonpea and lablab under the effect of aluminum in the nutrient solution. The experiment consisted in germinating pigeonpea and lablab in sand, for 10 days, and transferring to flasks containing Clark's nutrient solution with four aluminum concentrations (0.0, 0.25, 0.5 and 1.0 mmol<sub>e</sub> dm<sup>-3</sup>). The experiment was conducted for 20 days under a photoperiod of 12 hours and controlled temperatures. The N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu and Fe contents were determined. A completely random design in a factorial arrangement 2x4 was used with three replications. The aluminum concentrations did not cause any significant effect on N, S and Fe contents in pigeonpea and lablab, but reduced K, Mg and Mn. Also, at low aluminum concentrations a reduction of Cu content was observed in lablab. The high P and/or Ca content is indicative of plant tolerance to aluminum. However, pigeonpea and lablab can be considered aluminum-sensitive plants, due the significant reduction of these elements under aluminum stress in hydroponics.

**Additional keywords:** *Cajanus cajan*; *Lablab purpureus*; mineral nutrition; toxicity; aluminum sulphate.

## Introdução

As pastagens ocupam posição de destaque no cenário agrícola brasileiro, constituindo-se na principal forma de alimentação do rebanho bovino. A área ocupada por plantas forrageiras responde por 3/4 da área agrícola nacional, embora essa proporção varie entre os diferentes Estados brasileiros (MARTHA JÚNIOR & CORSI, 2001). Essas plantas

proporcionam, além da forragem, a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (VIEIRA et al., 1988).

As leguminosas forrageiras, guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] e labe-labe [*Lablab purpureus* (L.) Sweet], são utilizadas para alimentação animal, além de serem empregadas como culturas intercalares e adubo verde (PEREIRA, 1999). Na região Nordeste do Brasil e em outros países, o guandu é também utilizado para o consumo humano (SEIFFERT et al., 1988).

A toxicidade do alumínio é um dos fatores mais limitantes para a produtividade agrícola na maioria dos solos do Brasil (PURCINO et al., 2003). A acidez característica destes solos proporciona baixa capacidade de troca de íons e, conseqüentemente, elevada toxicidade de alumínio (HUNGRIA & VARGAS, 2000).

O alumínio é tóxico para a grande maioria das espécies de plantas cultivadas, promovendo a paralisação do crescimento radicular e prejudicando o desenvolvimento das plantas. Tais plantas, quando cultivadas em solos ácidos, mesmo em condições adequadas de nutrientes, podem não atingir taxa de crescimento e de produtividade ótimas, em presença de teores elevados de alumínio (SIMPLÍCIO, 1999). A seleção de espécies tolerantes ao alumínio é importante para superar as restrições à produção agrícola nesses solos (VASCONCELOS et al., 2002).

Os efeitos biológicos do alumínio são mais evidentes nas raízes, por ser este um elemento de pouca mobilidade dentro da planta (GIAVENO et al., 2001), acarretando ineficiência do sistema radicular para a absorção e o transporte de água e sais minerais, bem como na utilização dos nutrientes pela planta, em decorrência da inibição de várias enzimas (MISTRICK et al., 2000), sendo que algumas podem estar envolvidas na absorção de íons (DELHAIZE et al., 2003).

As plantas cultivadas em solução nutritiva contendo alumínio apresentam diminuição do crescimento radicular, que provoca redução na absorção e translocação de fósforo, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco (PEREIRA et al., 2003; PURCINO et al., 2003). Porém, os decréscimos nas concentrações de nutrientes variam com a capacidade da espécie, ou mesmo do cultivar, em absorver nutrientes na presença do alumínio (PATEL et al., 2002).

A tolerância ao alumínio nos vegetais é muito diversificada, dependendo da espécie e das variedades ou cultivares desta espécie, o que permite estabelecer critérios de adaptação (ROUT et al., 2001). O exato mecanismo fisiológico de toxicidade ou da tolerância ao alumínio para muitas espécies está ainda em discussão, pois diferentes vias bioquímicas podem estar envolvidas nesses processos (MOSSOR, 2001).

Vários métodos têm sido propostos, usando soluções nutritivas com concentrações de alumínio para simular solos com problemas de fertilidade, causados pela ação de metais tóxicos, como o alumínio. A utilização de solução nutritiva, além de possibilitar a seleção de grande número de espécies e/ou cultivares em pequeno espaço físico e curto a médio período de tempo, tem-se mostrado tão eficiente quanto os métodos tradicionais de campo (SIMPLÍCIO, 1999).

No presente estudo, foi avaliado o conteúdo de nutrientes em plântulas de guandu e labe-labe, quando cultivadas sob diferentes concentrações de alumínio na solução nutritiva, visando a verificar a tolerância das espécies a esse elemento.

## Material e métodos

Foram utilizadas sementes selecionadas de cada espécie, sendo o guandu cv. IAC Fava Larga, proveniente da empresa Pirai Sementes, do município de Piracicaba (SP), e o labe-labe cv. Rongai, proveniente da empresa Naterra, do município de Ribeirão Preto (SP).

Para a obtenção de plântulas de ambas as espécies, foram utilizadas quatro bandejas de plástico contendo areia, sendo destinadas duas bandejas para cada espécie. Após a semeadura, os recipientes foram deixados ao ar livre e, para evitar deficiência hídrica, foram realizadas regas diárias. Somente na primeira rega, foi utilizada uma mistura de água e nistatina a 2%, para controlar possíveis proliferações de fungos (*Pithium* sp.) e, nas demais regas, foi utilizada somente água.

As plântulas de cada espécie, 10 dias após a semeadura, foram transferidas para frascos de vidro tipo SNAP CAP, com capacidade de 190 mL, os quais foram previamente revestidos com papel alumínio, com objetivo de impedir o crescimento de algas na solução nutritiva. Nos frascos, foram colocados 190 mL de solução nutritiva de Clark (RODRIGUES, 1979), mais alumínio, na forma de  $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , obtendo-se as seguintes concentrações: 0,0; 0,25; 0,5 e 1,0  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ , que são muito utilizadas em ensaios com solução nutritiva (NARAYANAN & SYMALA, 1989). O pH da solução foi corrigido para 3,8, a fim de disponibilizar o alumínio às raízes, mantendo-o em sua forma trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ). A mensuração do pH foi realizada por meio de aparelho Corning pH-30, com resolução de 0,1. As soluções foram trocadas de três em três dias, visando a impedir qualquer tipo de interferência nos resultados, em virtude de possíveis alterações da composição química da solução e das concentrações de alumínio.

Anteriormente ao transplante, procedeu-se à seleção das plântulas de cada espécie de leguminosa forrageira, visando a utilizar plantas uniformes e sadias, as quais foram individualmente inseridas em disco de isopor, de modo que as raízes ficassem imersas na solução nutritiva com alumínio.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos em arranjo fatorial 2x4 (duas espécies e quatro concentrações de alumínio), com três repetições.

O experimento foi conduzido em sala de crescimento do laboratório de campo de Fisiologia Vegetal, sob luminária com irradiância média de  $89,50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e temperatura mínima média de  $24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  e máxima média de  $29 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , controlada com ar-condicionado, no período de 6 de janeiro a 6 de fevereiro de 2003.

Após 20 dias, as plantas de ambas as espécies foram retiradas dos frascos de vidro, imersas em solução diluída de detergente neutro e imersas, em seguida, em água destilada e em água desionizada (SARRUGE & HAAG, 1974). Após a lavagem, as plantas foram

aconditionadas em sacos de papel devidamente etiquetados e perfurados, para posterior secagem em estufa de renovação forçada de ar a 60 - 70 °C por 96 horas. Após a secagem, o material foi moído em micromoinho Marconi, modelo MA 048, provido de peneira malha 20 MESH, e armazenado em frascos de vidro hermeticamente fechados.

A análise do nitrogênio (N) total foi efetuada pelo método do semi-microkjeldahl e a do fósforo (P), pelo método do ácido fosfovanadatômico (SARRUGE & HAAG, 1974). A determinação do potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn) e cobre (Cu) foi feita por meio de espectrofotometria de absorção atômica (JORGENSEN, 1977). O enxofre (S) foi determinado pelo método turbidimétrico (VITTI, 1989). Na pesagem do material moído para análise dos nutrientes, foi utilizada balança analítica com precisão de 0,0001g.

A análise de variância foi efetuada pelo teste F, utilizando-se do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação entre as médias (BANZATTO & KRONKA, 1995).

## Resultados e discussão

As plantas desenvolvidas em substratos com alumínio, freqüentemente, mostram declínio acentuado nos teores de nutrientes, evidenciando os sintomas típicos de deficiência de P, Ca, Mg, Mn e Fe, os quais podem representar efeito secundário do alumínio (PURCINO et al., 2003), possivelmente em razão da diminuição do crescimento radicular (PEREIRA et al., 2003).

A análise de variância (Tabelas 1 e 3) dos dados referentes aos teores de nutrientes no guandu e no labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante, mostrou efeito significativo das espécies nos teores de N, P, K e Ca (Tabela 1), Mn e Cu (Tabela 3). Pelos resultados do teste de Tukey, observou-se que o guandu apresentou maiores teores de P, K (Tabela 2), Mn (Tabela 4), N (na concentração de 0,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e Cu (Tabela 5). O labe-labe apresentou apenas maiores teores de Ca (Tabela 2).

**Tabela 1** – Análise de variância dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) em guandu e labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

*Table 1 - Analysis of variance of N, P, K, Ca, Mg and S levels (%) in pigeonpea and lablab under the effect of four aluminum concentrations 20 days after transplanting.*

Causas de variação/ Sources of variation	G.L./Degrees of freedom	Quadrados médios/ Mean squares					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Espécies (A)/Species (A)	1	0,8103*	0,1484**	7,5152**	0,5192**	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>
Alumínio (B)/Aluminum (B)	3	0,0925 <sup>ns</sup>	0,0395**	7,0758**	0,4824**	0,0064**	0,0036 <sup>ns</sup>
Interação AxB/Interaction AxB	3	0,4604*	0,0043 <sup>ns</sup>	0,4002 <sup>ns</sup>	0,0186 <sup>ns</sup>	0,0010 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Resíduo/Residue	16	0,1294	0,0014	0,2766	0,0328	0,0007	0,0013
C.V.(%)/Coefficient of variation (%)		9,2702	10,0691	14,1107	18,2258	12,8161	14,8903

ns: não-significativo (P > 0,05); \*\*: significativo (P < 0,01); \*: significativo (P < 0,05).

ns: non-significant (P > 0.05); \*\*: significant (P < 0.01); \*: significant (P < 0.05).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

**Tabela 2** – Teores médios de P, K, Ca, Mg e S (%) em guandu e labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

*Table 2 - Mean levels of P, K, Ca, Mg and S (%) in pigeonpea and lablab under the effect of four aluminum concentrations 20 days after transplanting.*

Espécies/Species	Médias do teste de Tukey <sup>1</sup> /Means of the Tukey test <sup>1</sup>				
	P	K	Ca	Mg	S
Guandu/Pigeonpea	0,4487A	4,2867A	0,8467B	0,2025A	0,2464A
Labe-labe/Lablab	0,2914B	3,1675B	1,1408A	0,1992A	0,2366A
DMS/LSD	0,0323	0,4555	0,1569	0,0223	0,0311

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P > 0,05); DMS: diferença mínima significativa.

<sup>1</sup>Means followed by the same letter within columns are not significantly different by the Tukey test (P > 0,05); LSD: least significant difference.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

**Tabela 3** – Análise de variância dos teores de Mn, Cu e Fe (mg L<sup>-1</sup>) em guandu e labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

*Table 3 - Analysis of variance of Mn, Cu and Fe levels (mg L<sup>-1</sup>) in pigeonpea and lablab under the effect of four aluminum concentrations 20 days after transplanting.*

Causas de variação/ <i>Sources of variation</i>	G.L./ <i>Degrees of freedom</i>	Quadrados médios/ <i>Mean squares</i>		
		Mn	Cu	Fe
Espécies (A)/ <i>Species (A)</i>	1	477,0417**	513,3750**	805,0417 <sup>ns</sup>
Alumínio (B)/ <i>Aluminum (B)</i>	3	1347,1528**	25,0417*	6468,8194 <sup>ns</sup>
Interação AxB/ <i>Interaction AxB</i>	3	106,7083 <sup>ns</sup>	39,5972*	8412,5972 <sup>ns</sup>
Resíduo/ <i>Residue</i>	16	47,9583	7,5417	3012,0417
C.V.(%)/ <i>Coefficient of variation (%)</i>		8,6340	3,8386	14,1373

ns: não-significativo (P > 0,05); \*: significativo (P < 0,05); \*\*: significativo (P < 0,01).

*ns: non-significant (P > 0.05); \*: significant (P < 0.05); \*\*: significant (P < 0.01).*

*The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.*

**Tabela 4** – Teores de Mn e Fe (mg L<sup>-1</sup>) de guandu e labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

*Table 4 - Mn and Fe levels (mg L<sup>-1</sup>) in pigeonpea and lablab under the effect of four aluminum concentrations 20 days after transplanting.*

Espécies/ <i>Species</i>	Médias do teste de Tukey <sup>1</sup> / <i>Means of the Tukey test<sup>1</sup></i>	
	Mn	Fe
Guandu/ <i>Pigeonpea</i>	84,6667A	394,0000A
Labe-label/ <i>Lablab</i>	75,7500B	382,4167A
DMS/ <i>LSD</i>	5,9974	47,5293 <sup>1</sup>

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P > 0,05); DMS: diferença mínima significativa.

<sup>1</sup>*Means followed by the same letter within columns are not significantly different by the Tukey test (P > 0.05);*

*LSD: least significant difference.*

*The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.*

**Tabela 5** – Teores de N (%) e Cu (mg L<sup>-1</sup>) de guandu e labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

*Table 5 - Levels of N (%) and Cu (mg L<sup>-1</sup>) in pigeonpea and lablab under the effect of four aluminum concentrations 20 days after transplanting.*

Concentrações de alumínio/ <i>Aluminum concentrations</i> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Médias do teste de Tukey <sup>1</sup> / <i>Means of the Tukey test<sup>1</sup></i>			
	N		Cu	
	Guandu/ <i>Pigeonpea</i>	Labe-label/ <i>Lablab</i>	Guandu/ <i>Pigeonpea</i>	Labe-label/ <i>Lablab</i>
0,00	3,9433A	3,6167A	77,0000A	60,3333B
0,25	3,9667A	3,7033A	76,6667A	70,3333B
0,50	4,4000A	3,2900B	74,6667A	69,3333B
0,10	3,9467A	4,1767A	76,3333A	67,6667B
DMS/ <i>LSD</i>	0,6231	0,6231	4,7566	4,7566

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P > 0,05); DMS: diferença mínima significativa.

<sup>1</sup>*Means followed by the same letter within lines are not significantly different by the Tukey test (P > 0.05);*

*LSD: least significant difference.*

*The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.*

A análise de variância referente à ação do alumínio mostra que houve efeito significativo das concentrações do Al nos teores de P, K, Ca, Mg (Tabela 1), Mn e Cu (Tabela 3). Assim, o desdobramento dos graus de liberdade em regressão polinomial evidenciou efeito significativo do Al nos teores de P, K, Ca, Mg e Mn (Tabela 6). A tendência quadrática de P, K e Mn (Figuras 1 e 2), e a tendência linear de Ca e Mg (Figura 3) indicaram que houve acentuado declínio dos nutrientes proporcionalmente ao aumento da concentração de alumínio. Para P, K e Mn, ocorreu declínio até o ponto

de mínimo 0,8120, 0,7867 e 0,9029 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al<sup>+3</sup>, respectivamente. O alumínio não causou qualquer efeito nos teores de S e Fe (Tabelas 1 e 3).

Em trabalhos com plantas de trigo (FOY et al., 1978), milho (BENNET et al., 1985), pimenta-do-reino (VELOSO et al., 2000) e guandu (COSSOLINI, 2000), quando expostas ao alumínio, foi observado decréscimo significativo nos teores de P, K, Ca, Mg e Mn, de modo semelhante ao que ocorreu na presente pesquisa. A redução dos teores desses nutrientes foi diretamente proporcional à diminuição do crescimento da parte aérea

**Tabela 6** – Regressão polinomial dos teores de P, K, Ca, Mg (%) e Mn (mg L<sup>-1</sup>) em guandu e labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

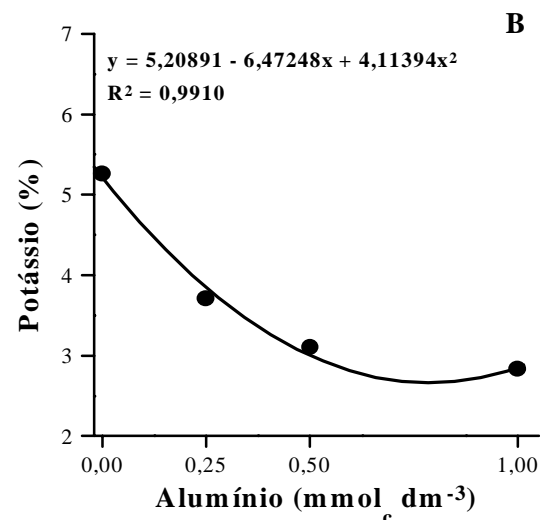
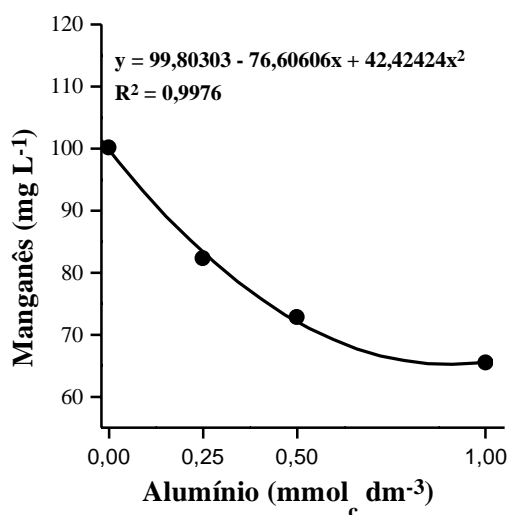
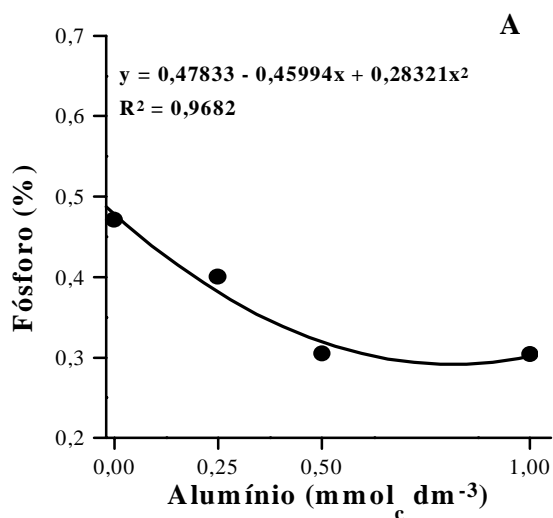
*Table 6 - Polynomial regression of P, K, Ca, Mg (%) and Mn (mg L<sup>-1</sup>) levels in pigeonpea and lablab under the effect of four aluminum concentrations 20 days after transplanting.*

Causas de variação/ Sources of variation	G.L./ Degrees of freedom	Quadrados Médios/ Mean squares				
		P	K	Ca	Mg	Mn
R.L. para Al <sup>3+</sup> /R.L. for Al <sup>3+</sup>	1	0,0911**	16,0494**	1,3360**	0,0189**	3501,4583**
R.Q. para Al <sup>3+</sup> /R.Q. for Al <sup>3+</sup>	1	0,0236**	4,9867**	0,0904 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	530,3030**
R.C. para Al <sup>3+</sup> /R.C. for Al <sup>3+</sup>	1	0,0038 <sup>ns</sup>	0,1914 <sup>ns</sup>	0,0146 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	9,6970 <sup>ns</sup>
Resíduo/Residue	16	0,0014	0,2766	0,0328	0,0007	47,9583

ns: não-significativo (P > 0,05); \*: significativo (P < 0,05); \*\*: significativo (P < 0,01); R.L.: regressão linear; R.Q.: regressão quadrática; R.C.: regressão cúbica.

*ns: non-significant (P > 0.05); \*: significant (P < 0.05); \*\*: significant (P < 0.01); R.L.: linear regression; R.Q.: quadratic regression; R.C.: cubic regression.*

*The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.*



**Figura 1** – Teores de P (A) e K (B) em guandu e labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

*Figure 1 - Levels of P (A) and K (B) in pigeonpea and lablab under the effect of four aluminum doses 20 days after transplanting.*

*The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.*

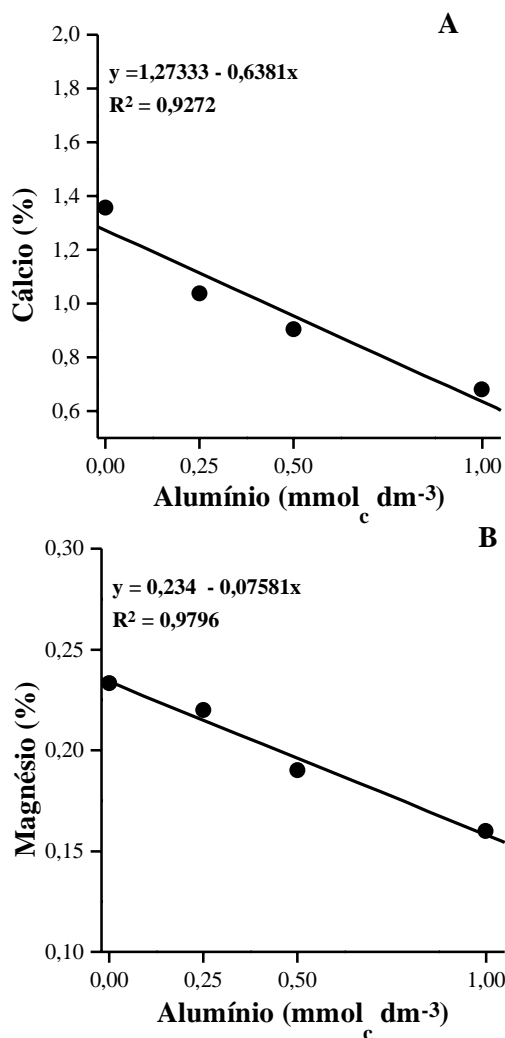
**Figura 2** – Teores de Mn em guandu e labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

*Figure 2 - Levels of Mn in pigeonpea and lablab under the effect of four aluminum concentrations 20 days after transplanting.*

*The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.*

e radicular das plantas de trigo (FOY, 1988). Porém, tais decréscimos nos teores de nutrientes podem variar, de acordo com a capacidade que a espécie possui em absorver nutrientes na presença de alumínio (BENNET et al., 1985).

A tolerância ao alumínio e a eficiência na absorção de P são características genéticas intrinsecamente relacionadas na planta (MINELLA & SORRELLS, 2002), visto que as tolerantes ao alumínio conseguem desenvolver seu sistema radicular em maior profundidade e com mais ramificações, aumentando, assim, a área de absorção de água e nutrientes (TAYLOR, 1988). De modo geral, após essa absorção, o P é rapidamente incorporado em compostos orgânicos, que conduzem



**Figura 3** – Teores de Ca (A) e Mg (B) em guandu e labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

*Figure 3 - Levels of Ca (A) and Mg (B) in pigeonpea and lablab under the effect of four aluminum concentrations 20 days after transplanting.*

*The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.*

**Tabela 7** – Regressão polinomial para os teores de N e Cu em guandu e labe-labe, sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

*Table 7 - Polynomial regression for N and Cu levels in pigeonpea and lablab under the effect of four aluminum concentrations 20 days after transplanting.*

Causas de variação/ Sources of variation	G.L./Degrees of freedom	Quadrados médios/ Mean squares			
		N		Cu	
		Guandu/Pigeonpea	Labe-labe/Lablab	Guandu/Pigeonpea	Labe-labe/Lablab
R.L. para Al <sup>3+</sup> /L.R. for Al <sup>3+</sup>	1	0,0037 <sup>ns</sup>	0,4250 <sup>ns</sup>	1,1524 <sup>ns</sup>	43,3929*
R.Q. para Al <sup>3+</sup> /Q.R. for Al <sup>3+</sup>	1	0,2710 <sup>ns</sup>	0,5001 <sup>ns</sup>	5,4113 <sup>ns</sup>	110,5541**
R.C. para Al <sup>3+</sup> /C.R. for Al <sup>3+</sup>	1	0,1773 <sup>ns</sup>	0,2816 <sup>ns</sup>	3,1030 <sup>ns</sup>	30,3030 <sup>ns</sup>
Resíduo/Residue	16	0,1294	0,1294	7,5417	7,5417 <sup>ns</sup>

não-significativo ( $P > 0,05$ ); \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); R.L.: regressão linear; R.Q.: regressão quadrática; R.C.: regressão cúbica.

*ns: non-significant ( $P > 0.05$ ); \*: significant ( $P < 0.05$ ); \*\*: significant ( $P < 0.01$ ); L.R.: linear regression; Q.R.: quadratic regression; C.R.: cubic regression.*

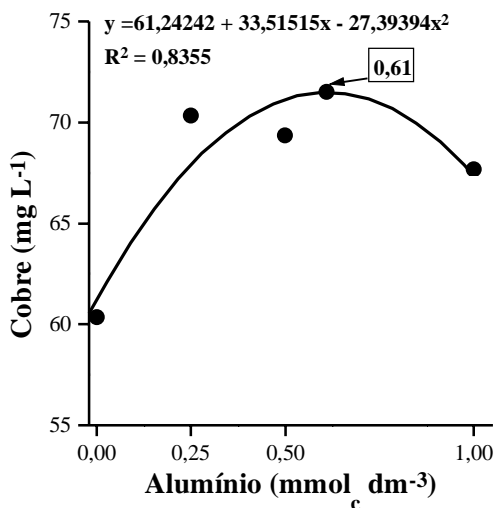
*The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.*

ao eficiente desenvolvimento radicular (RAIJ, 1991). A tolerância ao alumínio pode estar associada à capacidade com que a espécie absorve e utiliza o Ca na presença de alumínio (RICHARDSON et al., 1988), uma vez que o decréscimo no teor de Ca, na presença do alumínio, parece ser ocasionado por competição do Ca, e o alumínio, pelos sítios de absorção nas raízes (BRADY et al., 1993).

Os teores de P e Ca encontrados em ambas as espécies evidenciam que, de fato, existe ampla e significativa diferença entre as espécies de leguminosas na tolerância ao alumínio (Figura 2). Além do mais, essa tolerância é muito diversificada, dependendo da espécie e, mesmo, das variedades ou cultivares, possibilitando a obtenção de critérios de adaptação (MINELLA & SORRELLS, 2002).

Analisando os teores de N e Cu, nota-se, na análise de variância, que houve efeito significativo da interação espécies e teores de alumínio (Tabelas 1 e 3). Porém, o desdobramento dos graus de liberdade em regressão polinomial da interação relacionada aos teores de N, em ambas as espécies, não mostrou efeito significativo (Tabela 7). De fato, também não foram encontradas quaisquer alterações na quantidade de nitrogênio em *Triticale* submetidas a concentrações crescentes de alumínio (DINEV & STANCHEVA, 1993).

Em relação aos teores de Cu, contudo, houve comportamento distinto, pois apenas no labe-labe (Tabela 7) ocorreu acentuado aumento no conteúdo de Cu até 0,61 mmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup> (Figura 4) e posterior diminuição nas concentrações mais elevadas de alumínio. Na literatura pertinente, não foram encontradas quaisquer informações que suportassem discussão das respostas dos teores de Cu encontradas no presente trabalho.



**Figura 4** – Teores de Cu em labe-labe sob efeito de quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplante.

*Figure 4 - Levels of Cu in lablab under the effect of four aluminum concentrations 20 days after transplanting.*

*The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.*

## Conclusões

O alumínio não causou qualquer efeito nos teores de N, S e Fe, mas diminuiu os teores de K, Mg e Mn.

As concentrações menos elevadas de alumínio aumentaram os teores de Cu no labe-labe.

Como a condição de elevado conteúdo de P e/ou Ca na planta é um indicativo de tolerância ao alumínio, as plântulas de guandu e labe-labe podem ser consideradas não tolerantes, em razão de P e Ca terem sido acentuadamente reduzidos conforme o aumento das concentrações de alumínio na solução nutritiva.

## Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica (Programa PIBIC/CNPq), e à técnica de laboratório, Sra. Sônia Maria Raymundo Carregari, pela cooperação em realizar as avaliações experimentais deste trabalho.

## Referências

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BENNET, R. J.; BREEN, C. M.; FEY, M. V. Aluminum toxicity and induced nutrient disorders involving the uptake and transport of P, K, Ca and Mg in *Zea mays* L. **Suid Afrikaanse Tydskrift Vir Plant En Grond**, Pretoria, v.3, p.7-11, 1985.

BRADY, D. J.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J.; BLAMEY, F. P. C. Calcium amelioration of aluminum toxicity effects on root hair development in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **New Phytologist**, Cambridge, v.123, n.3, p.531-538, 1993.

COSSOLINI, P. C. **Influência do alumínio no crescimento de duas cultivares de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp., Fabaceae)**. 2000. 92f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2000.

DELHAIZE, E.; RYAN, P. R.; HOCKING, P. J.; RICHARDSON, A. E. Effects of altered citrate synthase and isocitrate dehydrogenase expression on internal citrate concentrations and citrate efflux from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) roots. **Plant and Soil**, The Hague, v.248, n.1-2, p.137-144, 2003.

DINEV, N.; STANCHEVA, I. Changes in nitrate reductase activity, plastid pigment content, and plant mineral composition of wheat, rye, and triticale grown in the presence of aluminum. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.12, p.2397-2409, 1993.

FOY, C. D. Plant adaptation to acid, aluminum-toxic soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.19, p.959-987, 1988.

FOY, C. D.; CHANEY, R. L.; WHITE, M. C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.29, p.511-566, 1978.

GIAVENO, G. D.; MIRANDA-FILHO, J. B.; FURLANI, P. R. Inheritance of aluminum tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Genetics & Breeding**, Rome, v.55, n.1, p.51-55, 2001.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.65, n.2-3, p.152-164, 2000.

JORGENSEN, S. S. **Metodologia utilizada para análises químicas de rotina**: guia analítico. Piracicaba: CENA, 1977. 24p.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M. Pastagens no Brasil: situação atual e perspectivas. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, v.15, n.171, p.3-6, 2001.

MINELLA, E.; SORRELLS, M. E. Genetic analysis of aluminum tolerance in Brazilian barleys. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1099-1103, 2002.

MISTRİK, I.; TAMAS, L.; HUTTOVA, J. Quantitative changes in maize membrane proteins induced by aluminium. **Biologia Plantarum**, Praha, v.43, n.1, p.85-91, 2000.

MOSSOR, P. T. Effect of aluminum on plant growth and metabolism. **Acta Biochimica Polonica**, Warszawa, v.48, n.3, p.673-686, 2001.

- NARAYANAN, A.; SYMALA, R. Response of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) genotypes to aluminum toxicity. **Indian Journal of Plant Physiology**, New Delhi, v.32, n.1, p.17-24, 1989.
- PATEL, D. U.; KUMAR, S. C.; RAMACHANDRAN, V.; ATHALYE, V. V. Solution culture studies on the influence of aluminum on nutrients concentration in wheat seedlings. **Indian Journal of Plant Physiology**, New Delhi, v.7, n.1, p.56-61, 2002.
- PEREIRA, C. C. **Efeito da deficiência hídrica, da temperatura e da luz na germinação e no crescimento inicial do labe-labe (*Lablab purpureus* (L.) Sweet, cv. Rongai, Fabaceae)**. 1999, 100f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.
- PEREIRA, W. E.; SIQUEIRA, D. L.; PUJATTI, M.; MARTINEZ, C. A.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R.; DE SIQUEIRA, D. L. Growth of citrus rootstocks under aluminum stress in hydroponics. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.1, p.31-41, 2003.
- PURCINO, A. A. C.; ALVES, V. M. C.; PARENTONI, S. N.; BELELE, C. L.; LOGUERCIO, L. L. Aluminum effects on nitrogen uptake and nitrogen assimilating enzymes in maize genotypes with contrasting tolerance to aluminum toxicity. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.26, n.1, p.31-61, 2003.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafós, 1991. 343p.
- RICHARDSON, A. E.; SIMPSON, R. J.; DJORDJEVIC, M. A.; ROLFE, B. G. Expression of nodulation genes in *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* is affected by low pH and by Ca and Al ions. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.54, n.10, p.2541-2548, 1988.
- RODRIGUES, T. J. D. **Crescimento de plantas e respiração de raízes de *Stylosanthes* na presença de alumínio em solução nutritiva**. 1979. 44 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1979.
- ROUT, G. R.; SAMANTARAY, S.; DAS, P. Aluminum toxicity in plants: a review. **Agronomie**, Paris, v.21, n.1, p.3-21, 2001.
- SARRUGE, J. R. ; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.
- SEIFFERT, N. F.; MONDARDO, E.; SALERNO, A. R.; MIRANDA, M. O potencial do guandu. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.1, n.4, p.18-20, 1988.
- SIMPLÍCIO, J. B. **Tolerância de milho ao alumínio, cultivado em solução nutritiva**. 2000. 73f. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- TAYLOR, G. J. The physiology of aluminum tolerance. **Metal Ions in Biological Systems**, New York, v.24, p.165-198, 1988.
- VASCONCELOS, S. S.; ROSSIELLO, 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.
- VELOSO, C. A. C.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T.; CARVALHO, E. J. M. Alumínio e a absorção de cálcio por mudas de pimenta do reino. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.141-145, 2000.
- VIEIRA, R. D.; VIEIRA, R. V.; CARVALHO, N. M.; NUNES, O. L. G. S. Maturação de sementes de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), labe-labe (*Dolichos lablab* L.) e mucuna preta (*Stylobium atterimum* Piper & Tracy). **Científica**, Jaboticabal, v.16, n.1, p.25-131, 1988.
- VITTI, G. C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 37p.

Recebido em 1-3-2004.

Aceito para publicação em 26-1-2005.