

**Efeito de doses de alumínio no crescimento e nutrição de *Brachiaria decumbens*
cultivada em solução nutritiva**

Rangel Consalter¹, Julierme Zimmer Barbosa¹, Marília Camotti Bastos², Antonio Carlos
Vargas Motta¹ e Volnei Pauletti¹

¹ Universidade Federal do Paraná – UFPR, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo. Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê, CEP: 80.035-050, Curitiba, PR.

² Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo. Campus Bairro Camobi, CEP: 97.105-900, Santa Maria, RS.

rangelconsalter@hotmail.com, barbosajz@yahoo.com.br, mcamotti@hotmail.com, mottaacv@ufpr.br, vpauletti@ufpr.br

Resumo: Devido à boa adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade, requerendo práticas simples de manejo, além da tolerância a seca e boa capacidade de rebrota, a *Brachiaria decumbens* foi a espécie forrageira preferida pelos pecuaristas brasileiros. Espécies nativas como *B. decumbens* crescem e se desenvolvem em solos ácidos, sendo conhecidas por suportarem altos teores de alumínio (Al). O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do alumínio no crescimento e na nutrição da *B. decumbens*. Plantas de *B. decumbens* foram cultivadas em solução nutritiva e submetidas a doses de Al (0, 75, 150, 225, 300 $\mu\text{M L}^{-1}$) por 96h, posteriormente, se avaliou alongação radicular, absorção de K, teores nutricionais e caracteres morfológicos das raízes e parte aérea. *B. decumbens* é uma planta acumuladora de Al, que não teve a parte aérea afetada pela sua presença, porém, houve uma tendência de engrossamento das raízes na presença de Al. A nutrição, avaliada através dos teores de nutrientes em raízes e parte aérea, é fortemente afetada pelo Al, não havendo sentido exato para os efeitos, contudo, com redução na absorção de K.

Palavras-chave: solos muito ácidos, pastagem, toxidez, iônica.

Effect of doses of aluminum on growth and nutrition of *Brachiaria decumbens* grown in
nutrient solution

Abstract: Due to the good adaptation to acid soils of low fertility, requiring simple management practices, as well as drought tolerance and good sprouting capacity, *Brachiaria decumbens* was the forage species preferred by Brazilian ranchers. Native species such as *B. decumbens* grow and thrive in acidic soils, being known to withstand high levels of aluminum

(Al). The objective of this study was to evaluate the effect of aluminum on the growth and nutrition of *B. decumbens*. *B. decumbens* plants were grown in nutrient solution and subjected to rates of Al (0, 75, 150, 225, 300 $\mu\text{M L}^{-1}$) for 96h, subsequently, was evaluated root elongation, K uptake, nutritional content and morphology of roots and shoots. *B. decumbens* is an Al accumulator plant, which doesn't have shoot affected by its presence, however, there was a trend of thickening of roots in the presence of Al. Nutrition assessed by the levels of nutrients in roots and shoots is strongly affected by Al, with no exact meaning for the purpose, however, a reduction in the absorption of K.

Key words: very acid soils, pastures, toxicity, ionic

Introdução

Brachiaria é um gênero que tem cerca de 100 espécies que ocorrem em regiões de clima tropical e subtropical, sendo a África o centro de origem principal (Renvoize *et al.*, 1996). Na América tropical, *B. arrecta*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola*, *B. mutica* e *B. ruziziensis* são as principais espécies perenes utilizadas como plantas forrageiras (Argel & Keller-Grein, 1996). Devido a boa adaptação a solos muito ácidos e de baixa fertilidade, requerendo práticas simples de manejo, além da tolerância a seca e boa capacidade de rebrota, a *B. decumbens* foi preferida pelos pecuaristas brasileiros (Crispim *et al.*, 2003), sendo introduzida no Brasil em 1952, pelo Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Norte (Serrão & Simão Neto, 1971).

O alumínio (Al) é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre e o mais abundante metal. A maioria do Al existente está presente em óxidos e aluminossilicatos, assim, inofensivo para as plantas. No entanto, em solos muito ácidos, que compreendem aproximadamente 40 % das terras aráveis do mundo (Von Uexküll & Mutert, 1995), o Al é solubilizado na solução do solo e encontra-se na forma de cátion trivalente Al^{3+} , resultando em toxidez para as plantas. Além disso, o reduzido conteúdo de cátions básicos, principalmente o cálcio (Ca), constitui outro fator limitante para a agricultura em solos ácidos (Sousa *et al.*, 2007).

A toxicidade do Al resulta, principalmente, da alta afinidade pelos sítios de ligação na parede celular (Vazquez *et al.*, 1999), membrana plasmática (Ahn *et al.*, 2002) e elementos citoplasmáticos das células vegetais (Silva *et al.*, 2000), sendo as raízes os órgãos mais sensíveis ao excesso deste elemento.

Na parede celular, a maior afinidade do Al pelos sítios de troca provoca o deslocamento do Ca presente nos pectatos, tornando a parede celular mais rígida e com menor capacidade de expansão (Tabuchi & Matsumoto, 2001). A membrana das células também apresenta alta afinidade por Al, isso conduz ao deslocamento de cátions com força de ligação inferior, além disso, a interação Al – membrana altera o potencial eletrônico da membrana (Ahn *et al.*, 2001). Já no interior das células, a sua presença sobre a superfície do núcleo celular impacta negativamente sobre a composição do ácido desoxirribonucleico (DNA) e da cromatina, assim, a capacidade de transcrição de novo material genético é limitada, o que inibe a divisão celular (Silva *et al.*, 2000). Os efeitos negativos do Al ao metabolismo celular se manifestam através de sintomas, como a redução da elongação (Motoda *et al.*, 2010) e da matéria seca de raízes (Ruiz *et al.*, 2006), os quais variam de acordo com o nível de toxidez em determinada planta.

Todavia, espécies nativas como *B. decumbens* (Wenzl *et al.*, 2001), chá preto - *Camellia sinensis* (Morita *et al.*, 2008), trigo sarraceno - *Fagopyrum esculentum* (Zheng *et al.*, 1998) e caupi - *Vigna unguiculata* (Meda & Furlani, 2005) e, cultivares melhoradas de espécies como milho – *Zea mays* (Tolrà *et al.*, 2009) e trigo – *Triticum aestivum* (Camargo *et al.*, 2008) crescem e se desenvolvem em solos muito ácidos, sendo conhecidas por suportarem altos teores de Al trocável.

A tolerância ao Al é referenciada na literatura basicamente por dois processos chave, a exclusão à partir da entrada no sistema radicular e a desintoxicação ou o sequestro interno (Delhaize *et al.*, 2007). A menor ligação na parede celular, a baixa permeabilidade da membrana plasmática, a exsudação de ligantes orgânicos e mucilagem e, a indução de alteração do pH na região rizosférica são mecanismos que têm sido considerados na exclusão de Al; a co-deposição com silício, o acúmulo de ácidos orgânicos, hidroxamatos e flavonóides são responsáveis por manter o Al em formas não tóxicas ou “sequestradas” (Poschenrieder *et al.*, 2008).

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do alumínio no crescimento do sistema radicular, parte aérea e na nutrição da *B. decumbens*.

Material E Métodos

O estudo foi realizado na Universidade Federal do Paraná, no Setor de Ciências Agrárias, conduzido em condições de casa de vegetação.

Sementes de *B. decumbens* foram germinadas em areia lavada umedecida com água deionizada. Plântulas com seis dias de emergência foram transferidas para solução nutritiva

(modificado de Arroyave *et al.*, 2011), continuamente aerada, em vasos plásticos de 1,5 L com a seguinte composição em μM : 20 SO_4NH_4 , 200 KNO_3 , 20 K_2SO_4 , 200 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 24 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 40 CaCl_2 , 120 MgSO_4 , 4 $\text{SO}_4\text{Zn} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,8 $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 4 $\text{SO}_4\text{Mn} \cdot \text{H}_2\text{O}$, 20 Fe-EDTA , 8 H_3BO_3 e 0,2 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$. A solução foi renovada a cada dois dias e ajustada para $\text{pH } 4,3 \pm 0,1$. Cada vaso continha 5 plântulas fixadas em poliestireno expandido.

Transcorridos 12 dias de cultivo, se adicionou à solução nutritiva doses de Al (0, 75, 150, 225 e 300 $\mu\text{M L}^{-1}$), sendo, a partir deste estágio, a solução renovada diariamente. O comprimento das raízes foi obtido pela média do comprimento das raízes das 5 plantas, sendo mensurado a cada 24 h, até completar 96 h de exposição das plantas ao Al.

Após o termino das análises de crescimento de raiz, coletaram-se alíquotas de solução nutritiva para mensurar o esgotamento de K. Na véspera da medição, a solução foi substituída por água deionizada e no dia seguinte, foi utilizada a solução padrão sem acréscimo de Al. A amostragem foi realizada de hora em hora, das 10:30 h até as 18:30 h, sendo feita mais uma coleta as 20:30 h. No dia seguinte foi realizada uma coleta as 13:00 h e a última coleta as 15:00 h, totalizando 240 amostras. Cada amostra continha 15 ml, os quais foram filtrados e nos extratos determinada a concentração de K por fotometria de emissão por chama.

As plantas foram colhidas após a última coleta de solução, sendo acondicionadas em caixa de poliestireno expandido contendo gelo. Em laboratório, o material coletado foi lavado com água deionizada, separado em sistema radicular e parte aérea, seco com papel toalha e mensurado a produção de matéria fresca radicular. Após esse processo, foram realizadas análises morfológicas de raiz e parte aérea.

A análise de área foliar foi determinada através do método gravimétrico, onde as folhas da *B. decumbens* foram impressas em papel xerográfico comum, recortadas e pesadas em balança de precisão. A massa obtida foi correlacionada com a massa da área de 1 cm^2 estabelecido no mesmo papel utilizado na impressão.

A análise radicular foi realizada através do programa Safira (Embrapa Instrumentação) onde se determinou o volume, a área superficial e o comprimento por meio da digitalização das raízes.

O material vegetal foi seco em estufa a temperatura de 65 °C até massa constante para determinação da produção de matéria seca. Posteriormente, o material vegetal foi moído, peneirado a 1 mm, acondicionado em frascos herméticos e armazenado ao abrigo da luz.

A análise química mineral total de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn), alumínio (Al) foi efetuada após incineração em mufla à 500°C com posterior solubilização em $\text{HCl } 3 \text{ mol L}^{-1}$ (Perkin-Elmer, 1976; Adaptado de Jones &

Case, 1990). O P foi determinado por colorimetria, com vanadato-molibdato de amônio, com leitura em espectrofotômetro UV/VIS (Silva, 1999). A determinação de K foi realizada por fotometria de emissão por chama e Ca, Mg, Cu, Zn, Al, por espectrofotometria de absorção atômica (Martins & Reissmann, 2007).

Para verificar a homogeneidade das variâncias, os dados foram submetidos ao teste de Bartlett. Posteriormente, foi aplicada a análise de variância (ANOVA), sendo que o delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições. Nos casos em que o resultado da ANOVA foi significativo, os dados foram analisados por regressão. Para todos os testes, o nível mínimo de 5 % de significância foi adotado.

Resultados e Discussão

A matéria seca da parte aérea de *B. decumbens* não apresentou diferença significativa entre as doses crescentes de Al avaliadas (Figura 1A). A matéria seca radicular apresentou aumento com o incremento da concentração de Al em solução (Figura 1A) e, consequentemente, aumento na relação entre a matéria seca da raiz/ e da parte aérea (Figura 1B). Ao contrário de Techio (2009), que verificou danos ao crescimento da parte aérea e raiz de milho, utilizando doses de Al entre 0 e 29 $\mu\text{M L}^{-1}$. A falta de resposta da *B. decumbens* encontrada neste trabalho demonstra as características de tolerância que vem sendo estudadas por diversos autores (Arroyave *et al.*, 2011; Bitencourt *et al.*, 2011).

Para arroz, em sistema hidropônico, a relação entre a matéria seca da parte área e da raiz foi utilizada como indicador de translocação de Al na planta, sendo que menores relações foram encontradas nos cultivares resistentes. Esses resultados confirmam que a mobilidade do Al em arroz é relativamente baixa, como em outras culturas como em trigo e milho, por exemplo. No entanto, neste trabalho, encontrou-se resultado inverso demonstrando maior mobilidade do Al na *B. decumbens*, porém, sem que este Al acumulado tenha efeito sobre a área foliar (Figura 1C). Basso *et al.* (2000), no estudo de *Adesmia spp.* em sistema hidropônico sob 5 doses de Al (0; 0,15; 0,45; 0,75 e 1,50 mg L^{-1}), não encontrou efeito sobre a matéria seca de raízes, mesmo com a aplicação de doses consideradas tóxicas para leguminosas forrageiras, conforme relatado por Caetano (1998).

As doses crescentes de Al não proporcionaram variação significativa sobre a elongação radicular de *B. decumbens*, avaliada a cada 24 h (dados não apresentados), tão pouco após 96 h de exposição (Figura 2A), apresentando elongação média de 5,55 cm. Estes resultados são semelhantes ao encontrados por Arroyave *et al.* (2011), onde a elongação foi

inicialmente reduzida, porém, transcorridas 96 h de exposição a $200 \mu\text{M L}^{-1}$ de Al a elongação radicular foi igual a constatada para a ausência de Al.

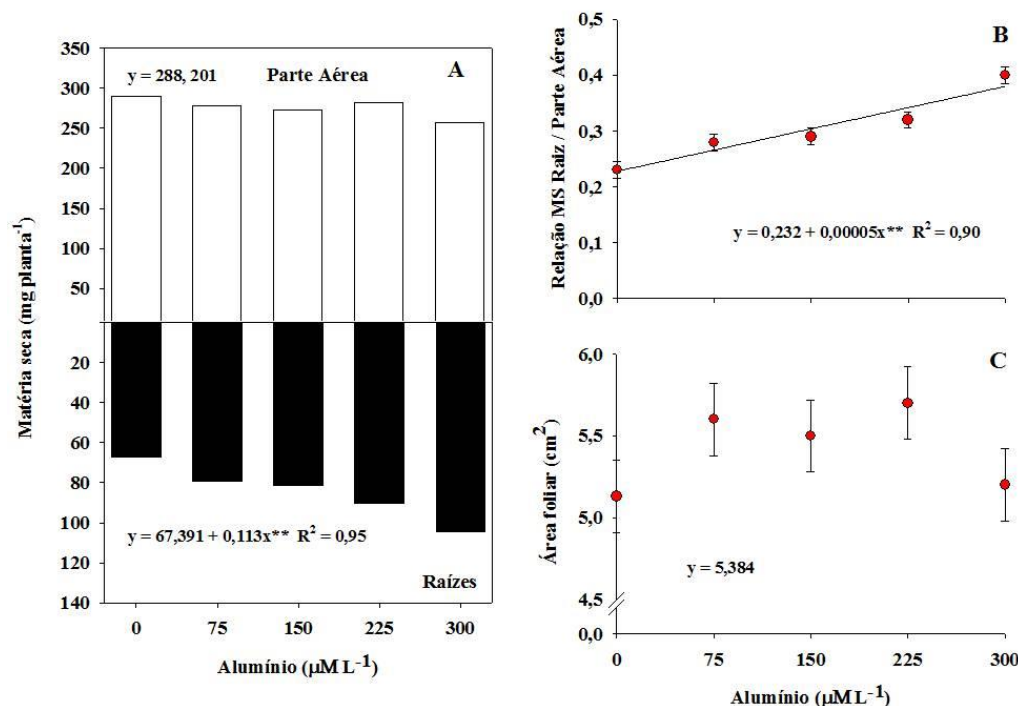


Figura 1. Produção de matéria seca (A), relação entre raízes e parte aérea (B) e área foliar (C) de *Brachiaria decumbens* em resposta ao alumínio.

Para a porcentagem do comprimento total das raízes de *B. decumbens* em relação as classes de diâmetro (0-0,24; 0,25-0,50 e 0,51-1,30 mm) (Figura 2B), observa-se que os valores permanecem constantes, sem sofrer influência estatisticamente significativa dos tratamentos de Al. Bitencourt *et al.* (2011), estudando a influência do alumínio com dose máxima de $200 \mu\text{M L}^{-1}$ em cinco genótipos de *B. decumbens*, verificaram que dois dos cinco genótipos estudados não apresentaram redução no comprimento, sendo considerados tolerantes.

A porcentagem da área superficial representada por raízes com diâmetro entre 0,51 a 1,30 mm apresentou relação positiva com a concentração de Al em solução nutritiva, ao contrário da classe de diâmetro de 0 a 0,24 mm, que apresentou redução em razão do aumento da dose de Al (Figura 2C). Indicando tendência de engrossamento das raízes com a rizotoxidez alumínica.

Analizando a participação porcentual de cada classe de diâmetro no volume total radicular, constatou-se que no tratamento com $0 \mu\text{M L}^{-1}$ os valores das duas menores classes compreendem 86,35%, sendo que, a maior classe (0,51 a 1,30 mm) representa 13,65% do

volume total (Figura 2D). Contudo, a classe de diâmetro 0 a 0,24 mm decresceu na participação porcentual, passando para 36,39 %, ocorrendo incremento na classe de 0,51 a 1,30 mm, atingindo 30,83 % do volume total de raízes. Bitencourt *et al.* (2011) obtiveram em dois dos cinco genótipos estudados aumento significativo no diâmetro da maior raiz com o aumento do Al.

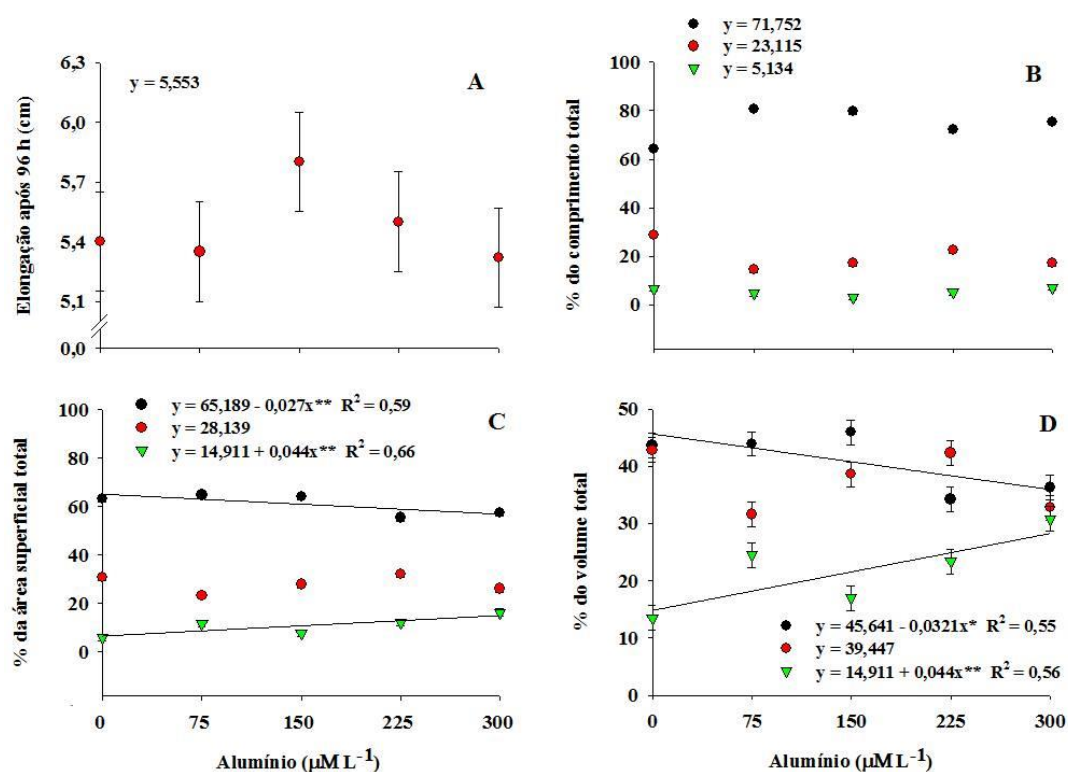


Figura 2. Elongação radicular de *Brachiaria decumbens* após 96 h de exposição ao Al (A), porcentagem do comprimento (B), área superficial (C) e volume total de raízes (D), para classes de diâmetro de 0 – 0,24 mm (●), 0,25 – 0,50 mm (●) e 0,51 – 1,30 mm (▼).

O acúmulo de K absorvido em função do tempo demonstra depleção acumulada por unidade de raiz decrescente em função das doses de alumínio. Na maior dose de Al (300 $\mu\text{M.L}^{-1}$), após 32 h de determinação de influxo, a depleção acumulada de K foi de 6,10 mg g^{-1} raiz, enquanto que as plantas testemunhas foram capazes de retirar 9,70 mg g^{-1} raiz da mesma solução, em igual período de tempo (Figura 4A). A redução da capacidade de aquisição de K por unidade de massa de raiz pode estar relacionada com a menor CTC radicular observada em plantas submetidas a rizotoxidez alumínica, assim como observado por Barbosa *et al.* (2012).

O influxo de K por unidade de matéria fresca de raízes diminuiu em função das doses de Al, porém, o influxo total de K por unidade experimental, desconsiderando a matéria

fresca das raízes, não apresentou correlação significativa com as doses. Inferimos que com o aumento dos teores de Al ocorreu diminuição da absorção por unidade de raiz, porém, devido ao aumento do volume das raízes, houve efeito de compensação nas quantidades de K absorvidas pela planta (Figura 4B).

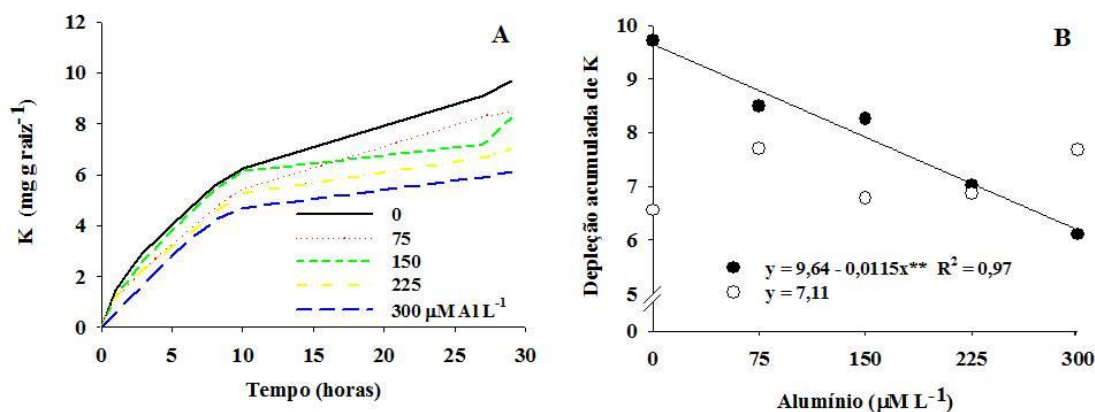


Figura 4. Influsso de K pela concentração em solução em função do tempo (A) e depleção acumulada (B) por plantas de *Brachiaria decumbens* em resposta ao alumínio.

Os teores foliares de Al (Tabela 1) apresentaram forte correlação com os tratamentos ($R^2 = 0,83$), variando entre 0,52 e 2,71 g kg⁻¹ para os respectivos tratamentos 150 e 300 μM L⁻¹. As concentrações obtidas nos tecidos foliares foram superiores a 1 g kg⁻¹, indicando que a *B. decumbens* é uma planta acumuladora de Al (Chenery, 1948).

Outras evidências que a caracterizam como uma planta acumuladora são a ausência de sintomas de fitotoxidez com teores considerados tóxicos para outras plantas e a equidade estatística para a parte aérea sob o efeito do aumento das doses de Al. Oliveira *et al.* (2000) estudando híbridos de *Panicum maximum* constataram que algumas plantas apresentaram redução no comprimento foliar em dose superior (888,88 μM L⁻¹) à dose máxima utilizada no presente trabalho (300 μM L⁻¹). Neste sentido, cogita-se a hipótese de que doses superiores resultariam em efeito significativo de redução na área foliar das plantas.

O maior teor médio radicular de Al foi encontrado no tratamento 150 μmol L⁻¹ e os menor no tratamento com 0 μmol L⁻¹, com 0,83 e 0,32 g kg⁻¹, respectivamente. Neste estudo os teores de alumínio na raiz são inferiores em valor absoluto aos teores da parte aérea, diferindo aos dados encontrados por Arroyave *et al.* (2011).

Os teores foliares de P em *B. decumbens* sob efeito de doses Al (Tabela 1) apresentaram correlação com os tratamentos, com amplitude de 3,92-5,55 g kg⁻¹, sendo esses valores condizentes aos valores encontrados por Rossi & Monteiro (1999). Os teores de P na raiz

apresentaram os maiores teores em $150 \mu\text{M L}^{-1}$ e menores para o tratamento com $0 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Tabela 1), sendo, respectivamente, 3,66 e $2,42 \text{ g kg}^{-1}$. O aumento nos níveis de fósforo pode estar relacionado com a capacidade que algumas plantas tolerantes têm em manter seus níveis adequados deste nutriente, na presença de concentrações altas de alumínio nos tecidos, sem ocorrência de precipitação de fosfato de Al (Rhue, 1979). Essa alternativa seria provável caso o Al se complexasse com ácidos orgânicos não interferindo no metabolismo do fósforo (Cabraia *et al.*, 1983).

Tabela 1. Teor de nutrientes e Al na parte aérea e raiz de *Brachiaria decumbens* em resposta ao alumínio

Elemento ¹	Dose de Al aplicada (μmol L ⁻¹)					Regressões Equação	R ²
	0	75	150	225	300		
Parte aérea							
Al	1,10	0,70	0,52	2,30	2,70	y = 1,04 – 0,0072x + 0,00004**x ²	0,83
K	39,75	48,70	49,25	47,89	44,75	y = 40,51 + 0,11x – 0,0003**x ²	0,92
P	3,91	4,83	5,27	5,54	4,88	y = 3,88 + 0,02x – 0,00004**x ²	0,96
Ca	1,40	1,09	0,80	0,90	0,85	y = 1,39 – 0,005x + 0,00001**x ²	0,93
Mg	2,20	2,24	1,85	1,75	1,80	y = 2,23 – 0,0017**x	0,76
Zn	368	340	394	377	374	y = 370	
Cu	10,11	12,05	12,12	11,60	14,13	y = 12,02	
Raiz							
Al	0,30	0,48	0,83	0,82	0,71	y = 0,29 + 0,0048x – 0,00001**x ²	0,90
K	11,42	14,75	14,17	21,28	18,08	y = 10,94 + 0,06x – 0,0001**x ²	0,88
P	2,41	2,97	3,65	3,16	3,24	y = 2,42 + 0,011x – 0,0002**x ²	0,81
Ca	0,41	0,83	0,52	0,54	0,40	y = 2,42 + 0,011x – 0,0002**x ²	0,81
Mg	1,25	2,29	2,09	1,82	1,89	y = 1,41 + 0,008 – 0,00002**x ²	0,58
Zn	1166	1245	975	860	764	y = 1245,85 – 1,62**x	0,87
Cu	220	275	240	218	172	y = 229,21 + 0,511x – 0,0024**x ²	0,87

¹ Al, K, P, Ca e Mg em g kg^{-1} ; Zn e Cu em mg kg^{-1} . ** significativo a 5 %.

Os menores teores foliares de K foram encontrados no tratamento com $0 \mu\text{mol L}^{-1}$ e os maiores na dose $75 \mu\text{mol L}^{-1}$, com teores variando de 40,00 e $49,50 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 1). Os teores radiculares de potássio também apresentaram correlação positiva com a concentração de Al. O maior efeito do Al estaria ligado à redução do sistema radicular e consequente, influência na absorção de nutrientes em condições naturais, cujo suprimento às raízes seria representado na maior parte pelo processo de difusão, como é o caso do P e do K (Canal & Mielniczuk, 1983). Entretanto, como as plantas apresentaram aumento na matéria

seca radicular e foram cultivadas em sistema hidropônico, é possível que a superfície de absorção tenha aumentado sem causar danos maiores na absorção desses elementos para as plantas. Além disso, os elementos estariam disponíveis na solução para as plantas não existindo dificuldade do elemento em entrar em contato com a raiz. Para o K, outra questão considerável, é que o aumento na absorção pode ter ocorrido devido à capacidade das plantas em preservar um balanço catiônico (Andrew *et al.* 1973). Outros autores comentam que doses mais baixas de Al podem estimular o crescimento e absorção de nutrientes como observado para *Eucalyptus* (Mullette, 1975) e *Piper nigrum* (Veloso *et al.*, 1995). Os teores foliares de Ca e Mn (Tabela 1) tiveram seus menores teores na dose de $150 \mu\text{mol L}^{-1}$, com $15,0 \text{ g kg}^{-1}$ e $7,38 \text{ mg kg}^{-1}$, e os maiores teores foram encontrados na dose de $0 \mu\text{mol L}^{-1}$, com teores de $1,40 \text{ g kg}^{-1}$ e $15,0 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Foy (1984) verificou que a toxidez de Al pode se manifestar como uma deficiência de Ca induzida, pela da redução do transporte do nutriente na planta, provocando um colapso nos pontos de crescimento em valores de pH inferiores a 5,5. O antagonismo Al e Ca talvez seja o fator mais limitante na absorção de Ca.

Os teores foliares de magnésio (Tabela 1) apresentaram correlação negativa com os tratamentos de alumínio. A quantidade de magnésio encontrada nas folhas em razão das doses de Al, demonstram um leve estímulo na absorção de magnésio, pois as maiores quantidades de magnésio nas folhas foram encontradas na dose $75 \mu\text{mol L}^{-1}$ com $2,25 \text{ g kg}^{-1}$, com posterior queda nas doses mais elevadas.

Os maiores teores foliares de zinco foram encontrados para o tratamento de $75 \mu\text{mol L}^{-1}$ e os menores para o tratamento $300 \mu\text{mol L}^{-1}$. Para o cobre os maiores teores foram encontrados no tratamento $75 \mu\text{mol L}^{-1}$ e os menores no tratamento $300 \mu\text{mol L}^{-1}$, $275,00$ e $172,51 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Brites *et al.* (2002) relataram diminuição dos teores de Zn e Cu nas raízes com doses crescentes de Al em trabalho realizado com *Tapirira guianensis* (espécie tolerante).

Conclusões

De acordo com a presente investigação, a *B. decumbens* deve ser considerada uma planta acumuladora de Al, visto que apresentou teor de Al em parte aérea superior a 0,1% sem redução significativa do crescimento. A indiferença estatística da parte aérea e o aumento da matéria seca de raízes em função da aplicação de concentrações relativamente altas de Al em solução nutritiva são indicativos de uma supertolerância ao Al pela *B. decumbens*. A nutrição de *B. decumbens* cultivada em solução nutritiva, avaliada através dos teores de nutrientes em

raízes e parte aérea, é fortemente afetada pelo Al, não havendo sentido exato para os efeitos, contudo, com redução na absorção de K. Recomenda-se para trabalhos futuros, investigar os efeitos do Al na obtenção de nutrientes e, enriquecimento da parte aérea pela *B. decumbens* em condição de campo, levando em conta a importância econômica da cultura bem como a relevância das deficiências minerais comumente observadas em herbívoros criados a campo no Brasil.

Referências

AHN, S.J.; SIVAGURU, M.; OSAWA, H.; CHUNG, G.C.; MATSUMOTO, H. Aluminum inhibits the H^+ - ATPase activity by permanently altering the plasma membrane surface potentials in squash roots. **Plant Physiology**, v. 126, n. 4, p. 1381-1390, 2001.

AHN, S.J.; SIVAGURU, M.; CHUNG, G.C.; RENGEL, Z.; MATSUMOTO, H. Aluminum-induced growth inhibition is associated with impaired efflux and influx of H^+ across the plasma membrane in roots apices of squash (*Cucurbita pepo*). **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 376, p. 1959-1966, 2002.

ANDREW, C.S.; JOHNSON, A.D. SANDLAND, R.L. Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 24, n. 3, p. 325-339, 1973.

ARGEL, P.J.; KELLER-GREIN, G. **Regional Experience with Brachiaria: Tropical America – Humid Lowlands**. In: MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B. (ed). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1996, p. 205-224. (CIAT Publication 259).

ARROYAVE, C.; BARCELÓ, J. POSCHENRIEDER, C. TOLRÀ, R. Aluminium-induced changes in root epidermal cell patterning, a distinctive feature of hyperresistance to Al in *Brachiaria decumbens*. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 105, n. 11, p. 1477–1483, 2011.

BARBOSA, J.Z.; CONSALTER, R.; PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. Interação B/Al na CTC radicular e na absorção de nutrientes em trigo. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 9, 2012, Lages. **Anais**. Lages: UDESC, 4p.

BASSO, S.M.; AGNOL, M.D.; CAETANO, J.H.S.; JACQUES, A.V.A. Crescimento de plântulas de *adesmia* spp. submetidas a doses de alumínio em solução nutritiva. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, 2000.

BIANCO, S.; TONHÃO, M.A.R. PITELLI, R.A. crescimento e nutrição mineral de capim-braquiária. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 423-428, 2005.

BRITEZ, R.M. de; REISSMANN, C.B.; WATANABE, T. OSAKI, M. Efeito do alumínio no desenvolvimento e nutrição de *Tapirira guianensis* Aublet em Solução Hidropônica. **Revista Floresta**, v. 32, n. 2, p. 171-187, 2002.

CAETANO, J.H.S. **Seleção de alfafa para solos ácidos**. p. 119. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; FELICIO, J.C.; GALLO, P.B.; LOBATO, M. T.V.; BIUDES, G.B. Desempenho de linhagens de trigo, oriundas de hibridações em duas condições de cultivo no estado de São Paulo e tolerância à toxicidade de alumínio em laboratório. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 613-625, 2008.

CAMBRAIA, J; GALVANI, F.R.; ESTEVÃO, M.M. SANTANNA, R. Effects of aluminum on organic acid, sugar and aminoacid composition of the root system of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Journal of plant nutrition**, v. 6, n. 4, p. 313-322, 1983.

CANAL, I.N. MIELNICZUK, J. Parâmetros de absorção de potássio em milho (*Zea mays* L.), afetados pela interação alumínio – cálcio. **Ciência e cultura**, v. 35, n. 3, p. 336-340, 1983.

CHENERY, E.H. Aluminium in the plant world. Part I. General survey in the dicotyledons. **Kew Bulletin**, v. 3, n. 2, p. 173-183, 1948.

CLAASSEN N. BARBER S.A. A method for characterizing the relation between concentration and flux into roots of intact plants. **Plant Physiology**, v. 54, n. 4, p. 564-568, 1974

CRISPIM, S.M.A.; BARIONI JÚNIOR, W.; BRANCO, O. **Valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria humidicola* no Pantanal Sul-Matogrossense**. 2003. 4p. Corumbá: Embrapa Pantanal (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 43).

DELHAIZE, E.; GRUBER, B.D.; RYAN, P.R. The roles of organic anion permeases in aluminium resistance and mineral nutrition. **FEBS Letters**, v. 581, n. 12, p. 2255-2262, 2007.

FOY, C.D. **Physiological effects of hydrogen, aluminum, and manganese toxicities in acid soil**. In: ADAMS F. Soil Acidity and Liming. Agronomy monograph n° 12. Second edition. Madison, 1984. 57-97.

LINEWEAVER, H. BURK, D. The determination of enzyme dissociation constants. **Journal American Chemical Society**, v. 56, n. 56, p. 658-666, 1934.

MARTINS, A.P.; REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.

MEDA, A.R.; FURLANI, P.R. Tolerance to aluminum toxicity by tropical leguminous plants used as cover crops. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 2, p. 309-317, 2005.

MOTODA, H.; KANO, Y.; HIRAGAMI, F.; KAYAMURA, K. MATSUMOTO, H. Morphological changes in the apex of pea roots during and after recovery from aluminium treatment. **Plant and Soil**, v. 333, n. 1-2, p. 49-58, 2010.

MORITA, A.; YANAGISAWA, O.; TAKATSU, S.; MAEDA, S.; HIRADATE, S. Mechanism for the detoxification of aluminium in roots of tea plant (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze). **Phytochemistry**, v. 69, n. 1, p. 147-153, 2008.

MULLETTE, K.J. Stimulation of Growth in Eucalyptus due to Aluminium. **Plant and Soil**. v. 42, n. p. 495-499. 1975.

OLIVEIRA, A.C.; FILHO, J.A.U.; SIQUEIRA, W.J. Nova metodologia de avaliação da reação de genótipos de capim-colonião ao alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35, n. 11, p. 2261-2268, 2000.

PERKIN-ELMER. **Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry: Environmental analysis of natural waters**. Norwalk, 1976.

POSCHENRIEDER, C.; GUNSÉ, B.; CORRALES, I.; BARCELÓ, J. A glance into aluminum toxicity and resistance in plants. **Science of the Total Environment**, v. 400, n. 1-3, p. 356-368, 2008.

RENVOIZE, S.A.; CLAYTON, W.D.; KABUYE, H.S. **Morphology, Taxonomy, and Natural Distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb.** In: MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B. (ed). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1996, p. 1-15. (CIAT Publication 259).

RHUE, R. **Differential aluminum tolerance in crop plants**. In: MUSSELD H.& STAPLE, R. *Stress physiology of crop plants*. 1ed. New York, Wiley Interscience Publication, 1979. 62-80.

ROSSI, C. MONTEIRO, F.A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins braquiária e colonião. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1101-1110, 1999.

RUIZ, J.M.; RIVERO, R.M.; ROMERO, L. Boron increases synthesis of glutathione in sunflower plants subjected to aluminum stress. **Plant and Soil**, v. 279, n. 1-2, p. 25-30, 2006.

Cascavel, v.6, n.3, p.98-112, 2013

SERRÃO, E.A.D.; SIMÃO NETO, M. **Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* na Amazônia: *B. decumbens* Stapf. e *B. ruziziensis*.** Belém, Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte, 1971. 31 p. (IPEAN. Série: Estudos sobre forrageiras na Amazônia, v. 2, n. 1).

SILVA, F.C da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Solos, 1999. 370 p.

SILVA, I.; SMYTH, T.; MOXLEY, D.; CARTER, T.; ALLEN, N.; RUFTY, T. Aluminum accumulation at nuclei of cells in the root tip. Fluorescence detection using lumogallion and confocal laser scanning microscopy. **Plant Physiology**, v. 123, n. 2, p. 543-552, 2000.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **Acidez do solo e sua correção.** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 206-268, 2007.

TABUCHI, A.; MATSUMOTO, H. Changes in cell-wall properties of wheat (*Triticum aestivum*) roots during aluminum-induced growth inhibition. **Plant Physiology**, v. 112, n. 3, p. 353-358, 2001.

TECHIO, J.W. **Crescimento de milho em solução com alumínio e produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular.** p. 92. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo, 2009.

TOLRÀ, R.; BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C. Constitutive and aluminium-induced patterns of phenolic compounds in two maize varieties differing in aluminium tolerance. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 103, n. 11, p. 1486-1490, 2009.

VAZQUEZ, M.D.; POSCHENRIEDER, C.; CORRALES, I. BARCELO, J. Change in apoplastic aluminum during the initial growth response to aluminum by roots of a tolerant maize variety. **Plant Physiology**, v. 119, n. 2, p. 435-444, 1999.

VELOSO, C.A.C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; DE CARVALHO, J.G. Influência do Manganês Sobre a Nutrição e Crescimento da Pimenteira do Reino. **Scientia Agraria**, v. 52, n. 2, p. 376-386, 1995.

von UEXKÜLL, H. R. MUTERT, E. Global extent, development and economic impact of acid soils. **Plant and Soil**, v. 171, n. 1, p. 1-15, 1995.

WENZL, P.; PATIÑO, G.M.; CHAVES, A.L.; MAYER, J.E.; RAO, I.M. The high level of aluminum resistance in signal grass is not associated with known mechanisms of external aluminum detoxification in root apices. **Plant Physiology**, v. 125, n. 3, p. 1473-1484, 2001.

ZHENG, J.S.J.; MA, J.F.; MATSUMOTO, H. High aluminum resistance in buckwheat. 1. Al-Induced specific secretion of oxalic acid from root tips. **Plant Physiology**, v. 117, n. 3, p. 745-751, 1998.