



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



KEISE MARA BELMONTE DE OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS INTRAESPECÍFICOS DE
Brachiaria decumbens STAPF (POACEAE) PARA
TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO

Orientador: VALDEMIR ANTÔNIO LAURA

Co-orientadora: LUCIMARA CHIARI

Campo Grande - MS
2013



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



KEISE MARA BELMONTE DE OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS INTRAESPECÍFICOS DE

Brachiaria decumbens STAPF (POACEAE) PARA

TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO

“Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal”

Campo Grande - MS
2013

*Aos meus pais Luiz Carlos e
Luisa Lúdia e aos meus irmãos
Keila e Keller dedico com muito
carinho!*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me amar tanto e ter me concedido o direito à vida e por ter me dado forças para enfrentar todas as provações durante esses dois anos.

Aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, me ajudando e me amando de todas as formas, inclusive pondo a "mão na massa" junto comigo.

À minha irmã Keila Adriana por cuidar de mim como uma filha e estar sempre me apoiando e me dando força, ao meu irmão Keller Luiz por todo o cuidado e compreensão, sempre sendo meu amigo.

Ao Dr. Valdemir Antônio Laura pela orientação e ensinamentos ao longo deste trabalho.

À Dra. Lucimara Chiari por todo apoio, orientação, empenho, sabedoria, compreensão e paciência.

Aos meus colegas e amigos da turma de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, que com muito carinho estiveram sempre presentes, pela amizade construída e momentos de descontração obtidos pela convivência ao longo do curso.

Aos meus amigos que estiveram ao meu lado me ajudando direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

À Embrapa Gado de Corte, à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, à Fundect e à Unipasto pelo suporte para a realização desse trabalho.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela bolsa concedida durante os anos do curso.

Aos funcionários da Embrapa Gado de Corte que prontamente atenderam aos pedidos e com muito carinho fizeram toda diferença para a execução do projeto.

Enfim, a todos os amigos e professores que sempre estiveram compreensivamente presentes.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

Resumo

O alumínio (Al) solúvel em solos ácidos interfere no desenvolvimento normal das raízes das plantas, interferindo na produtividade das pastagens. O uso de cultivares forrageiras mais tolerantes ao Al pode ser considerado uma das alternativas mais economicamente viáveis para a produção de bovinos em solos ácidos com elevada concentração de Al. O principal objetivo deste trabalho foi caracterizar a tolerância ao Al de uma progênie intraespecífica de *Brachiaria decumbens* para auxiliar o programa de melhoramento genético. Foram avaliados 100 híbridos do cruzamento *B. decumbens* cv. Basilisk (tolerante ao Al) e um genótipo sexual/tetraploidizado de *B. decumbens*, denominado D24/27. A avaliação da tolerância ao Al foi realizada em sistema hidropônico utilizando perfilhos jovens coletados e avaliados em duas soluções: A (200 mM CaCl₂, pH 4.2) e B (200 mM CaCl₂ + 200 mM AlCl₃, pH 4.2). O experimento foi conduzido em cada de vegetação usando um delineamento em blocos casualizados com três repetições. As características avaliadas foram comprimento relativo da raiz principal (CRR) e porcentagem de inibição de crescimento da raiz principal (ICR). A metodologia de modelos mistos REML/BLUP foi usada para a análise estatística. Os híbridos avaliados apresentam variabilidade genética para as características CRR e ICR, que foram relacionadas com a tolerância ao Al, indicando que é possível realizar o melhoramento genético de *Brachiaria decumbens* para essas características. Mais da metade dos híbridos, assim como a cultivar Basilisk, não sofreu a ação danosa do Al e foram considerados tolerantes. Desses, 14 híbridos mostraram estímulo do CRR quando exposto ao Al, sendo melhores que a cultivar Basilisk. Os 28 híbridos restantes e o genitor D24/27 mostraram-se sensíveis ao Al apresentando redução do CRR e alta porcentagem de ICR. Esses resultados são importantes, pois revelam que é possível realizar seleção para a tolerância ao Al em *B. decumbens* promovendo o desenvolvimento de cultivares melhor adaptadas a esse importante fator de estresse abiótico.

Abstract

The soluble aluminum in acidic soils interferes with the normal development of roots of the plant, affecting the productivity of pastures. The use of forage cultivars more tolerant to aluminum can be considered one of the most economically viable alternative for cattle production in soils with high acidity and concentration of aluminum. The aim of this work was to characterize the aluminum tolerance of an intraspecific progeny of *Brachiaria decumbens* to assisted genetic breeding program. We evaluated 100 hybrids from a cross between *B. decumbens* cv. Basilisk (aluminum tolerant) and a sexual/tetraploidized genotype of *B. decumbens* called D24/27. The evaluation of aluminum tolerance was performed in hydroponics and young tillers were collected and evaluated in two solutions: A (200 mM CaCl₂, pH 4.2) and B (200 mM CaCl₂ + 200 mM AlCl₃, pH 4.2). The experiment was conducted in a greenhouse using a randomized block design with three replications. The traits evaluated were the relative growth of the main root (RGR) in both solutions (presence and absent of Al) and percentage of inhibition of root growth (IRG). The mixed model methodology REML/BLUP was used for the statistical analysis. Hybrids showed genetic variability for the characteristic RGR and IRG, which were related to Al tolerance, indicating that it is possible to perform the breeding of *Brachiaria decumbens* for these characteristics. More than half of the hybrids, as well as to cultivate Basilisk, not suffered the damaging action of Al and were considered tolerant. Other 14 hybrids showed stimulus of the CRR when exposed to Al, being better than cultivar Basilisk. The remaining 28 hybrids and the parent D24/27 were sensitive to the Al, decreasing the CRR and high percentage of ICR. These results are important because they show that it is possible to selection for Al tolerance in *B. decumbens* promoting the development of cultivars better adapted to this important abiotic stress factor.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	01
1.1 Importância das forrageiras na pecuária nacional.....	02
1.2 Fitotoxicidade do alumínio.....	04
1.3 Referências bibliográficas.....	08
2 NORMAS DA REVISTA.....	13
3 ARTIGO	23
3.1 Resumo.....	24
3.2 Palavras-chave.....	24
3.3 Abstract.....	25
3.4 Keywords.....	25
3.5 Introdução.....	26
3.6 Material e métodos.....	27
3.7 Resultados e Discussão.....	30
3.8 Referências.....	32
3.9 Tabelas.....	37

1- INTRODUÇÃO

1.1- Importância das forrageiras para a pecuária nacional

A criação de animais em pastos cultivados promoveu um diferencial qualitativo para a carne brasileira e permitiu que o País se tornasse o maior exportador mundial desse produto (ABIEC, 2013). Um dos fatores determinantes para essa conquista foi à preferência dos consumidores por alimentos mais saudáveis, obtidos em sistemas de criação baseados na utilização de pastagens, em detrimento aos sistemas de criação intensiva de bovinos, baseados na manutenção dos animais confinados e alimentados com subprodutos de origem animal (GOMES, 2004).

A dimensão continental do Brasil associada à natureza de seus recursos naturais, disponibilidade de solo, clima e recursos humanos proporcionam vantagens competitivas ao País para a utilização da alimentação animal baseada em pastagem, favorecendo a obtenção de produtos de elevada qualidade e baixo preço (VALLE, 2010).

Apesar da incontestável importância das pastagens para a bovinocultura nacional, essas áreas estão cada vez mais suprimidas pelo avanço da agricultura. Segundo Bierhals e Ferraz (2008), em 1996 a área de lavoura aumentou de 41,8 milhões de hectares para 76,7 milhões, aumento de quase 84%, já as áreas de pastagem eram 177,7 milhões de hectares no Brasil e, em 2006, houve um decréscimo para 172,3 milhões, o que corresponde a uma redução de 3%; e em 2012 as áreas de pastagem continuaram diminuindo apresentando uma área total de 171 milhões de hectares (ABIEC, 2012).

Grande parte das áreas de pastagens está localizada em áreas marginais, com solos pouco férteis e de elevada acidez, ricos em alumínio (Al) e outros elementos tóxicos. Sendo assim, a exploração de pastagens nesses solos necessita, cada vez mais, da seleção de forrageiras que sejam adaptadas a essas condições (EUCLIDES, 2000). Tal fato demonstra a importância do contínuo melhoramento genético de espécies forrageiras melhor adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas como forma de aumentar a competitividade da pecuária nacional.

Dentre as principais forrageiras utilizadas nas pastagens tropicais brasileira, encontram-se as espécies do gênero *Brachiaria*, que ocupam aproximadamente 85% das áreas de pastagens (MARTUSCELLO et al., 2009). As espécies de *Brachiaria* se adaptam facilmente aos solos de baixa fertilidade, principalmente porque toleram condições edáficas em que a concentração de Al é alta e a de fósforo (P) e de cálcio (Ca) são baixas (RAO et al. 1993).

O interesse agrônomo despertado por este gênero concentra-se em cinco espécies, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *Bruzizensis*, *B. humidicola* e *B. dictyoneura* que são utilizadas para desenvolver pastagens tropicais, entre elas se sobressai em rusticidade e adaptabilidade a espécie *B. decumbens* Stapf., cujo desempenho em solos de baixa fertilidade supera o de outras gramíneas.

Uma única cultivar de *B. decumbens* comercializada no Brasil chegou a ocupar 55% da área total de pastagens devido, principalmente, à sua excelente adaptabilidade a diversos sistemas de produção e condições edafoclimáticas, incluindo tolerância à solos ácidos e de baixa fertilidade natural, formando uma pastagem agressiva, de alto rendimento. É uma gramínea palatável de boa qualidade nutricional e os animais que a consomem apresentam um bom desempenho (MILES et al. 1998).

É importante conhecer a forma como as espécies de *Brachiaria* se adaptam aos solos ácidos e de baixa fertilidade, a Embrapa Gado de Corte, em parceria com várias outras instituições de ensino e pesquisa, tem liderado todo o processo de melhoramento genético de forrageiras no Brasil. Ela detém os maiores bancos ativos de germoplasma de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais de importância econômica e possui a maior equipe de pesquisadores envolvidos com o desenvolvimento de novas cultivares entre as instituições de pesquisa nacionais e internacionais.

A Embrapa Gado de Corte é mantenedora do germoplasma de *B. decumbens* no Brasil, o qual possui 52 acessos, sendo 36 apomíticos/tetraplóides e 16 sexuais/diplóides. Em 2009, nessa instituição, foi realizada a duplicação cromossômica de um acesso sexual/diploide, usando colchicina, que originou três plantas sexuais/tetraploidizadas (SIMIONI; VALLE, 2009), a partir das quais foi possível a realização de cruzamentos intraespecíficos.

Bitencourt et al. (2011) analisaram a tolerância ao AI das plantas sexuais/tetraploidizadas de *B. decumbens* juntamente com a cultivar *B. decumbens* cv. Basilisk, referência em tolerância ao AI (WENZL et al., 2006) e algumas plantas sexuais de *B. ruziziensis*, que é uma espécie sabidamente sensível ao AI (WENZL et al., 2006). Esses autores observaram variabilidade genética para esse caráter entre os genótipos avaliados, sendo que as plantas sexuais/tetraploidizadas de *B. decumbens* apresentaram resultados semelhantes aos genótipos da espécie *B. ruziziensis*. Nesse trabalho, também foi mostrado que o comprimento relativo da raiz principal foi a característica mais afetada pelo AI, dentre as analisadas, podendo ser utilizada na seleção de genótipos para a tolerância a esse importante fator de estresse abiótico.

1.2- Fitotoxicidade do Alumínio

A toxidez do Al é considerada um dos mais importantes problemas de toxidez de metais e um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade em solos ácidos com $\text{pH} \leq 5,5$ (KOCHIAN et al., 2004), principalmente, devido à inibição do crescimento radicular (GIANNAKOULA et al., 2008; GUO et al., 2007). Desde que, praticamente, 30 a 40% dos solos com potencial para agricultura no mundo são ácidos, a toxidez do Al representa um sério problema para a produção agrícola (KOCHIAN, 1995; GIANNAKOULA et al., 2008).

O processo natural de acidificação do solo é muitas vezes intensificado por práticas agrícolas, pela mineração e por práticas de descarte de resíduos (FOY et al., 1978; RAO et al., 1993). No que se refere aos efeitos da agricultura, pode-se salientar que resíduos de plantas, fertilizantes à base de nitrogênio e materiais nitrogenados de origem animal, como esterco, são fontes responsáveis pela acidificação do solo (LANGE et al., 2006). Todavia, os problemas de acidificação do solo podem ser corrigidos pela calagem, num processo que neutraliza os íons H^+ e Al^{3+} . Entretanto, como os corretivos da acidez são pouco solúveis, e os produtos da reação do calcário com o solo têm mobilidade limitada, a ação da calagem é restrita às camadas superficiais do solo (CAMBRI, 2004).

Por ser um elemento de pouca mobilidade dentro da planta (EPSTEIN, 1974), os efeitos do Al são mais evidentes no sistema radicular onde provoca uma má formação da estrutura das raízes, induzindo ao sintoma inicial mais drástico da toxidez, a inibição do alongamento celular, e também induz engrossamento e a diminuição da permeabilidade das células radiculares (CAMBRAIA et al., 1990; SANDERSON et al.,

1997; ILLÉS et al., 2006), com consequente inibição da divisão celular e redução da síntese de DNA (FAHL et al., 1980; TICE et al., 1992; KOCHIAN, 1995, RIBA, 2001). Também, fisiologicamente, a toxidez do Al pode inibir as enzimas envolvidas na respiração e na translocação e absorção de nutrientes (BENNETT, 1996, ECHART & CAVALLI-MOLINA, 2001).

Duas categorias de mecanismo de tolerância ao Al em plantas têm sido propostas: mecanismos de exclusão e mecanismos de tolerância interna, cuja principal diferença reside no sítio de detoxificação do Al, apoplasto e simplasto (KOCHIAN et al., 2004). Os mecanismos de exclusão previnem o Al de atravessar a membrana plasmática e penetrar no simplasto, sendo também considerados dentro desse tipo de mecanismo as modificações de pH da rizosfera e a exsudação pelas raízes de agentes quelantes. Por outro lado, os mecanismos de tolerância interna imobilizam, compartimentalizam ou detoxificam o Al que penetrou no simplasto (RAPOSEIRAS, 2005).

Já está estabelecido que a tolerância ao Al é geneticamente controlada e o padrão de herança depende da espécie estudada, podendo ser monogênica ou poligênica, mas, para a maioria das espécies, isso não está completamente esclarecido. Em milho (*Zea mays*) observou-se que a tolerância ao Al segue um padrão de herança quantitativa (MAGNAVACA et al., 1987; LIMA et al., 1995). Por outro lado, em gramíneas cultivadas da tribo Triticeae (trigo, cevada e centeio) têm se sugerido que um ou poucos genes explicam a maior parte da variação fenotípica para tolerância ao Al (GARVIN; CARVER, 2003). Mais recentemente, em sorgo (*Sorghum bicolor* L.) foi mapeado um gene de tolerância ao Al (*Alt_{SB}*) localizado na porção terminal do cromossomo 3 e os

resultados apontam que, nessa espécie, essa característica também parece ser controlada por um ou poucos genes (MAGALHÃES et al., 2004; 2007).

O comportamento das espécies e variedades sob efeito do Al é diferente. Por isso, a seleção de plantas que suportam diferentes concentrações de Al é considerada indispensável em programas de melhoramento genético, que visam à identificação de genótipos mais produtivos, com maior adaptabilidade em condições de estresse (FREITAS *et al.*, 2006). Para o gênero *Brachiaria*, tanto a Embrapa Gado de Corte quanto o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) têm pesquisado a tolerância ao Al. O CIAT desenvolveu uma metodologia de fenotipagem em larga escala para análises de progênies (WENZL et al., 2006) e os resultados obtidos sugerem um padrão de herança quantitativa para essa característica. A Embrapa Gado de Corte desenvolveu uma população de híbridos intraespecíficos de *B. decumbens* a partir do cruzamento entre a cultivar Basilisk e a planta sexual/tetraploidizada D24/27, e, segundo Bitencourt et al. (2011) esses parentais apresentaram-se tolerante e medianamente tolerante ao Al, respectivamente.

O objetivo maior de um programa de melhoramento é, portanto, a criação e/ou seleção de genótipos que respondam às demandas exigidas e solucionem problemas ou corrijam deficiências específicas de cultivares existentes, para uso nos sistemas de produção vigentes. O valor final de uma planta forrageira não está em sua produção maior, mas sim em proporcionar uma maior e mais eficiente produção de proteína animal na forma de carne, leite, couro ou pele, buscando soluções sustentáveis resultando em maior produção animal por área. Kim *et al.* (2001) apontam o desenvolvimento de cultivares tolerantes ao Al em solos ácidos como uma das soluções econômicas a fim de aumentar a produção mundial de alimentos. Dentre as espécies

tolerantes está a *Brachiaria* sp., que é muito utilizada para a alimentação animal nas regiões tropicais.

Este trabalho teve por objetivo contribuir com o programa de melhoramento de *B. decumbens* na Embrapa Gado de Corte avaliando a tolerância ao Al em uma progênie intraespecífica de *B. decumbens* tendo em vista a seleção de genótipos mais tolerantes aos solos ácidos com altos teores desse elemento tóxico.

1.3- Referências Bibliográficas

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Carne Brasileira**. Disponível em <www.abiec.com.br>. Último acesso em: outubro de 2012.

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Carne Brasileira**. Disponível em <www.abiec.com.br>. Último acesso em: outubro de 2013.

BENNETT, W. F. **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**. 3. ed. Saint Paul: APS Press, 1996. 202 p.

BIERHALS, J.D.; FERRAZ, J.V. O pasto perde espaço para a lavoura. In: **ANUALPEC. Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: IFNP, 2008. 380p.

BITENCOURT, G. A.; CHIARI, L.; LAURA, V. A.; VALLE, C.; JANK, L.; MORO, J.R. Aluminum tolerance on genotypes of signal Grass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 245-250, 2011.

CAMBRAIA, J.; GOMES, M. M. S.; SANT'ANNA, R.; ESTEVÃO, M. M. Efeito de diferentes níveis de alumínio na solução nutritiva sobre a composição da fração nitrogenada em sorgo. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 47-52, 1990.

CAMBRI, M. A. **Calagem e formas de alumínio em três localidades sob sistema de plantio direto**. 2004. 83 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Aluminum phytotoxicity: effects, tolerance mechanisms and its genetic control. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 531-541, 2001.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: EDUSP, 1974. 335 p.

EUCLIDES, V.P.B. **Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem**. Campo Grande: Embrapa gado de corte, 2000. 65p.

FAHL, J. I.; HIROCE, R.; CARELLI, M. L. C.; CASTRO, J. L. DE. Efeitos do alumínio na nutrição, desenvolvimento e produção de cultivares de batatinha (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 4, p. 22-26, 1980.

FREITAS, F.A.; KOPP, M.M.; SOUSA, R.O.; ZIMMER, P.D.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. - Absorção de P, Mg, Ca e K e tolerância de genótipos de arroz submetidos a estresse por alumínio em sistemas hidropônicos. **Revista Ciência Rural**, v. 36, n. 1/6, p. 72-79, 2006.

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

GARVIN, D.F.; CARVER, B.F. The role of the genotype in tolerance to acidity and aluminum toxicity. In: Rengel, Z. (Ed.). **Handbook of Soil Acidity**. New York, 2003. p.387-406. /arquivos/bovinos06_melhorandocampos.pdf

GIANNAKOULA, A.; MOUSTAKAS, M.; MYLONA, P.; PAPADAKIS, I.; YUPSANIS, T. Aluminum tolerance in maize is correlated with increased levels of mineral nutrients, carbohydrates and proline, and decreased levels of lipid peroxidation and Al accumulation. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 165, n.4, p. 385-396, 2008.

GOMES, K.E. Melhorando os campos. **Cultivar Bovinos**, abril, n. 5, p. 12-14, 2004. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/bovinos06_melhorandocampos.pdf>, acesso em 13 de outubro de 2011.

GUO, T. R.; ZHANG, G. P.; ZHOU, M. X.; WU, F. B.; CHEN, J. X. Influence of aluminum and cadmium stresses on mineral nutrition and root exudates in two barley cultivars. **Pedosphere**, Nanjing, v. 17, n. 4, p. 505-512, 2007.

ILLÉS, P.; SCHLICHT, M.; PAVLOVKIN, J.; LICHTSCHEIDL, I.; BALUSKA, F.; OVECKA, M. Aluminium toxicity in plants: internalization of aluminium into cells of the transition zone in Arabidopsis root apices related to changes in plasma membrane potential, endosomal behaviour, and nitric oxide production. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 57, n. 15, p. 4201-4213, 2006.

KIM, B.Y.; BAIER, A.C.; SOMERS, D.J. E GUSTAFSON, J.P. - Aluminum tolerance in triticale, wheat and rye. **Euphytica**, v. 120, n. 3/3, p. 329-337, 2001.

KOCHIAN, L.V. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 46, p. 237-260, 1995.

KOCHIAN, L. V.; HOEKENGA, O. A.; PIÑEROS, M. A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 55, p. 459-493, 2004.

LANGE, A.; CARVALHO, J. L. N.; DAMIN, V.; CRUZ, J. C.; MARQUES, J. J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 460-467, 2006.

LIMA, M.; MIRANDA-FILHO, J.B.; FURLANI, P.R. Diallel cross among inbred lines of maize differing in aluminum tolerance. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.18, n.4, p.579-584, 1995.

MAGALHÃES, J.V.; LIU, J.; GUIMARÃES, C.T.; LAN, U.G.P.; ALVES, V.M.C.; WANG, Y.; SCHAFFERT, R.E.; HOEKENGA, O.A.; PIÑEROS, M.A.; SHAFF, J.E.; KLEIN, P.E.; CARNEIRO, N.P.; COELHO, C.M.; TRICK, H.N.; KOCHIAN, L.V. A gene in the multidrug and toxic compound extrusion (MATE) family confers aluminum tolerance in sorghum. **Nature Genetics**, v.39, n.9, p.1156-1161, 2007.

MAGALHÃES, J.V.; GARVIN, D.F.; WANG, Y., SORRELLS, M.E., KLEIN, P.E., SCHAFFERT, R.E., LI, L., KOCHIAN, L.V. Comparative mapping of a major aluminum tolerance gene in sorghum and other species in the Poaceae. **Genetics**, v.167, n.4, p.1905-1914, 2004.

MAGNAVACA, R., GARDNER, C.O.; CLARK, R.B. Inheritance of aluminum tolerance in maize. In: GABELMAN, H.W.; LOUGHMAN, B.C. (Ed.). **Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition**. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht/Boston/Lancaster, 1987. p.201-212.

MARTUSCELLO, J.A.; JANK, L.; NETO, M.M.G. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **R. Bras. Zootec.**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.

RAPOSEIRAS, R.; SOUZA, I. R. P. DE; ALVES, V. M. C.; MAGALHÃES, P.C.; SCHAFFERT, R. E. Teores de fenólicos em raízes de milho sob toxidez de alumínio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 374-380, 2005.

RAO, I. M.; ZEIGLER, R. S.; VERA, R.; SARKARUNG, S. Selection and breeding for acid-soil tolerance in crop. **BioScience**, Washington, v. 43, n. 7, p. 454-465, 1993.

RIBA, X. F. **Poliaminas y tolerancia al aluminio en variedades tolerantes y sensibles de Zea mays**. 2001. 148 f. Tese (Doctoral em Ciències) - Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 2001.

SANDERSON, M. A.; STAIR, D. W.; HUSSEY, M. A. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 59, p. 172-208, 1997.

SIMIONI, C.; VALLE, C. Chromosome duplication in Brachiaria (A. Rich.) Stapfallows intraspecific crosses. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** v. 9, p. 328-334, 2009.

TICE, K. R.; PARKER, D. R.; DEMASON, D. A. Operationally defined apoplastic and symplastic aluminum fractions in roots tips of aluminum-intoxicated wheat. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 100, n. 1, p. 309-318, 1992.

VALLE, E. R. **Boas práticas agropecuárias – bovinos de corte**. 2. ed. 1. Impr. – Campo Grande, MS : Embrapa Gado de Corte, 2010. 67 p.

WENZL, P.; ARANGO, A.; CHAVES, A.L. et al. A greenhouse method to screen Urochloa grass genotypes for aluminum resistance and root vigor. **Crop Science**, v. 46, n. 2, p. 968-973, 2006.

ARTIGO

Avaliação de híbridos intraespecíficos de *Brachiaria decumbens* Stapf (Poaceae) para tolerância ao alumínio

Keise Mara Belmonte de Oliveira⁽¹⁾, Lucimara Chiari⁽²⁾, Sanzio Carvalho Lima Barrios⁽²⁾, Valdemir Antônio Laura⁽²⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal, Cidade Universitária s/nº Caixa Postal 549, CEP 79070-900 Campo Grande-MS. E-mail: keisemara@hotmail.com

⁽²⁾Embrapa Gado de Corte, BR 262 km 4 - Caixa Postal 154, CEP 79002-970 Campo Grande-MS. E-mail: lucimara.chiari@embrapa.br, sanzio.barrios@embrapa.br, valdemir.laura@embrapa.br

NORMAS EDITORIAIS

Scientia Agricola (ISSN 1678-992X versão online)

SUBMISSÃO DO MANUSCRITO

- Comece a submissão revendo na íntegra as Instruções aos Autores para garantir que o artigo esteja de acordo com as normas da Scientia Agricola. Estas páginas são atualizadas periodicamente, portanto, recomenda-se fortemente que o autor leia as normas antes da submissão, mesmo que já tenha feito isso anteriormente.

- Os autores devem submeter os manuscritos pelo sistema eletrônico, acessando o site <http://www.scielo.br/sa>, clicando em "submissão online".

- Manuscritos deverão ser organizados em MS Word para Windows ou software compatível. Evite o uso de recursos de processamento de texto automatizados, tais como listas e numeração, cabeçalho e formatação subtítulo, links internos, Â ou estilos.

- Palavras-chave só deverão ser adicionadas nos casos em que os autores acreditem que uma palavra que não está no título ou no resumo ajudaria na indexação do manuscrito.

CARTA DE APRESENTAÇÃO (deve ser escrita em inglês)

- Uma carta declarando que o manuscrito não foi submetido para publicação em outro periódico deve ser apresentada juntamente com o manuscrito (comentários para o editor ou arquivo suplementar).

- A publicação de um pôster resumo ou uma apresentação oral em um evento científico não é considerada publicação anterior da pesquisa.

- Os autores devem recomendar cinco consultores qualificados que sejam especialistas na área científica do manuscrito (forneça e-mail e filiação). A Comissão Editorial poderá escolher alguém que seja ou não desta lista. Os autores também deverão indicar na carta de apresentação a importância do seu trabalho e como e porque os seus principais resultados estariam dentro do escopo da revista.

- **Conflito de interesse financeiro.** Incluir uma declaração na carta de apresentação dizendo se os autores possuem ou não algum conflito de interesse. Conflito de interesse financeiro são aqueles com potencial de influenciar o conteúdo da publicação de forma a impedir a objetividade, integridade ou percepção do valor da publicação. Eles podem incluir apoio financeiro (por aquelas organizações que poderiam ganhar ou perder financeiramente com a publicação), relação de trabalho (atual ou ainda que venha a ocorrer por uma organização que possa ganhar ou perder financeiramente com a publicação) e interesses financeiros pessoais. Para publicações com mais de um autor, o autor correspondente deve providenciar a declaração em nome de todos os autores.

ESTILO DO MANUSCRITO

- Defina o significado das abreviaturas na primeira vez que forem citadas no resumo e no texto, e novamente nas tabelas e figuras. Uma vez que uma abreviação for citada, ela deve ser usada em todo o manuscrito, exceto no início de uma frase.

- O nome latino ou nomenclatura binomial (ou trinomial) e autoria deve ser utilizado quando mencionado pela primeira vez para todas as plantas, insetos, patógenos e animais.

- Tanto o ingrediente ativo quanto o nome químico da substância de pesticidas devem ser inseridos quando mencionado pela primeira vez.

- Identifique os solos utilizando a taxonomia de solos do USDA (<http://soils.usda.gov/technical/classification/osd/index.html>) até o segundo nível (subordem) ou até o quarto nível (subgrupo). A classificação da FAO também pode ser utilizada até o segundo nível. A tradução livre do nome e da classificação do solo não é permitida.

- Utilize o Sistema Internacional de Unidades em todo texto.

- Verifique os caracteres gregos e figuras cuidadosamente.

- Certifique-se que exceto quando seguidos por unidades, números de um a dez sejam escritos por extenso. Para quantidades decimais <1, coloque um zero antes do ponto decimal.

- Use ponto como separador decimal.

- Utilizar o formato potência negativa para notar e inter-relacionar unidades, e.g.: kg ha⁻¹; não inter-relacione unidades usando a barra vertical, e.g.: kg/ha.

- Utilize um espaço simples entre as unidades, g L⁻¹, e não g.L⁻¹, ou gL⁻¹.

- Use o sistema horário de 24 h, com quatro dígitos para horas e minutos: 09h00, 18h30.

- As datas devem ser escritas: primeiro o dia, depois o mês e o por último o ano: 18 mar. 2000, 01 fev. 1987.

- Abreviar os meses com mais de quatro letras: jan.; fev.; mar. etc.

PREPARAÇÃO DO MANUSCRITO

- Texto e ilustrações dos originais submetidos à apreciação pelo corpo editorial devem ser escritos em língua inglesa, segundo as regras de ortografia e gramática norte-americana.

- Manuscritos devem ser organizados em um arquivo denominado documento principal e em arquivos separados contendo tabelas e figuras. MS Word ou software compatível, fonte Times New Roman 12, 3.0 cm de margens e duplo espaço devem ser utilizados para preparar o documento principal. Organize o documento principal na seguinte ordem: Página de rosto, Resumo (máximo de 250 palavras), Introdução (normalmente 20-30 linhas), Materiais e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos (opcional), Referências, e Legendas das Figuras.

- O item Conclusão é opcional e, quando utilizado deverá vir após a seção de discussão. O item Resultados e Discussão podem ser combinados e, a conclusão pode ser incorporada à discussão.

- O manuscrito deve ter um máximo de 30 páginas (papel A4); linhas e páginas devem ser numeradas sequencialmente, ilustrações e tabelas inclusive.

- Tabelas e Figuras devem ser carregadas no sistema em arquivos separados, somente uma tabela ou figura por arquivo.

Página de rosto:

- O manuscrito deve ter uma página de rosto com o título (máximo de 15 palavras), nomes dos autores e afiliações completas.

- Deverá ser fornecido um título abreviado de 40 caracteres ou menos (além do título do trabalho completo).

- Os autores devem selecionar uma categoria: Engenharia Agrícola; Microbiologia Agrícola; Agrometeorologia; Ciência Animal e Pastagens; Biometria,

Modelagem e Estatística; Fitotecnia; Ecologia; Entomologia; Ciência e Tecnologia de Alimentos; Ciências Florestais; Genética e Melhoramento de Plantas; Fitopatologia; Fisiologia Vegetal e Bioquímica; Solos e Nutrição de Plantas; Zoologia.

- O autor correspondente deve ser identificado(a) por um asterisco e um endereço eletrônico institucional do autor(a) correspondente deve ser informado.

- A afiliação/endereço funcional dos autores(as) deve ser informado da maneira mais detalhada possível.

- O autor correspondente deverá assumir a responsabilidade plena e igualitária para o manuscrito, incluindo o cumprimento das políticas do periódico, e será o contato prioritário com a revista.

- Por favor, forneça afiliação institucional de cada autor no momento que a pesquisa foi realizada.

- Se um autor se mudou para uma instituição diferente, o novo local pode ser indicado em nota de rodapé. Números sobrescritos separados por vírgulas (sem espaços) são utilizados para filiações dos autores. Símbolos sobrescritos separados por vírgulas (sem espaços) são utilizados para notas de rodapé do autor. Use na ordem §, ¶, §§, ¶¶.

Submissão para a capa:

Para cada um de seus fascículos, a Scientia Agricola poderá utilizar uma imagem representativa de um artigo publicado no volume. Os autores são convidados a submeter imagens para a capa que tenham apelo visual e que sejam cientificamente interessantes. As imagens devem ter alta resolução (300dpi) e medir 17x17cm. As imagens para a capa podem ser de organismos, habitat, montagens de diferentes imagens, diagramas, mapas ou dados. As ilustrações não precisam estar nos artigos, devem sim ser representativas do trabalho publicado. As imagens devem ser originais e os autores

cedem os direitos de publicação exclusivamente a Scientia Agricola. Carregue o arquivo contendo a imagem como um arquivo suplementar junto com um arquivo texto que deverá conter uma breve descrição de um parágrafo da imagem relacionando-a com o manuscrito publicado. Se o autor não tiver os direitos autorais da imagem submetida, ele é responsável por obter a permissão necessária para poder utilizá-la.

Tabelas e Figuras

Tabelas:

- Devem ser numeradas sequencialmente com algarismos arábicos, e geradas com a ferramenta "Tabela" do MS Word ou MS Excel (manuscritos contendo tabelas coladas como figuras serão devolvidos aos autores).

- Os títulos devem aparecer imediatamente acima do corpo das tabelas.
- Numere figuras e gráficos sequencialmente usando algarismos arábicos.

Figuras/Gráficos:

- Gráficos devem ser gerados em MS Excel.
- Fotografias devem ser apresentadas como arquivo "tagged image format [TIFF]", 300 DPI.
- Numere figuras e gráficos sequencialmente segundo a ordem em que aparecem no texto.
- As figuras devem fornecer informações suficientes para que o leitor possa compreendê-las sem uma contribuição significativa do texto.
- Para as figuras que contêm mais de um painel, designar os painéis com letras maiúsculas (sem parênteses e sem pontos após as letras) no canto superior esquerdo de cada painel, se possível.

- As palavras utilizadas nas figuras devem ser iguais as utilizadas no manuscrito no que diz respeito a capitalização, itálico e símbolos.

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

- Manuscritos envolvendo avaliação da bioatividade de produtos químicos e/ou biológicos, incluindo reguladores do crescimento, em insetos, ácaros, fungos, bactérias, nematóides e plantas daninhas, não serão objeto de análise para publicação na *Scientia Agricola*.

- Manuscritos que reportarem a avaliação de melhorias ou protocolos de cultura de tecidos baseados no teste de aditivos, explantes ou condições de crescimento, ou ainda que falhem em mostrar uma melhoria substancial que não poderia ser deduzida da literatura existente, não serão considerados para publicação na *Scientia Agricola*.

- Os manuscritos devem obedecer aos critérios estabelecidos nos Códigos Internacionais de cada área.

- Os conceitos e opiniões contidos nos artigos são de exclusiva responsabilidade dos(as) autores(as).

Referências Bibliográficas

As referências e citações para artigos da *Scientia Agricola* serão organizadas utilizando o estilo de formato mínimo 'autor, ano' ou 'nome (ano)'. Checar se todas as citações no texto constam da lista de referências bibliográficas. Os exemplos:

1. Apenas um autor: Reichardt (2000) ou (Reichardt, 2000).
2. Dois autores: Fiorio and Demattê (2009) ou (Fiorio and Demattê, 2009).
3. Três ou mais autores: Rosso et al. (2009) ou (Rosso et al., 2009).

4. Organizar as referências em ordem alfabética e cronologicamente dentro de parênteses, e use (;) ponto e vírgula para separar citações múltiplas dentro de parênteses, por exemplo: (Boleli, 2003; Boerjan, 2006; Muraroli and Mendes, 2003).

5. Identificar múltiplas citações 'mesmo autor, mesma data' com a ajuda de letras minúsculas, por exemplo: (Cyrino, 2004a, b).

6. Usar o estilo "autor-ano" para ordenar a lista de referências, e: (i) abreviar os primeiros e segundos nomes dos autores, mas nenhuma outra palavra; (ii) usar letras maiúsculas para todos os acrônimos, isto é, quando o autor for uma organização; (iii) utilizar letras maiúsculas para a 1ª letra do sobrenome e demais iniciais dos autores, que deverão ser separados por um ponto (.); (iv) separar autores por ponto-e-vírgula; (v) não usar "e comercial" (&) nas citações, nem na lista de referência; (vi) não usar caracteres grifados ou negritados para destacar qualquer parte da referência; (vii) usar letras maiúsculas na 1ª letra dos títulos de livros e de periódicos; (viii) não usar vírgula (,) para separar o título do periódico e o volume; (ix) separar os números de volume do periódico das páginas por dois pontos (:); (x) usar os números completos das páginas; (xi) separar os números de página por um traço (-); (xii) separar os grupos de páginas por uma vírgula se o artigo foi publicado em páginas descontínuas; (xiii) discriminar o número da edição de um livro ou manual como "2ed", por exemplo; (xiv) sobre livros e manuais, nomear os editores ou a editora antes de discriminar a localidade sede dos editores ou da editora; (xv) separar os editores ou a editora da localidade por meio de uma vírgula (,); e (xvi) nestes casos, declarar os nomes da cidade, do estado e do país.

6.1 Revistas/Periódicos Científicos

Guillard, R.R.L.; Wangersky, P. 1958. The production of extracellular carbohydrates by some marine flagellates. *Limnology and Oceanography* 3: 449-454.

6.2 Livros

6.2.1 Livros com autores

Pais, I.; Jones Jr., J.R. 1998. The Handbook of Trace Elements. St. Lucie Press, Boca Raton, FL, USA.

6.2.2 Livros com editores/organizadores

Day, W.; Atkin, R.K., eds. 1985. Wheat Growth and Modelling. Plenum Press, New York, NY, USA.

6.2.3 Livros (e manuais) com organização/instituição como autor ou editora/organizadora

Association of Official Analytical Chemists - International [AOAC]. 2005. Official Methods of Analysis. 18ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.

6.3 Capítulo de Livro

Sharpley, A.N.; Rekolainen, S. 1997. Phosphorus in agriculture and its environmental implications. p. 1-53. *In*: Tunney, H.; Carton, O.T.; Brookes, P.C.; Johnston, A.E., eds. Phosphorus loss from soil to water. CAB International, New York, NY, USA.

6.4 Fontes eletrônicas

6.4.1 Elementos necessários para listar citações de sites da rede mundial de computadores:

A autoria, autor ou fonte. Ano. O título do documento da web ou página da web (isto é, título principal da página). [meio] (data de atualização). Disponível em: endereço completo para localizar o recurso (URL / endereço) [Accessed Sep. 19, 1992]

6.4.2 Elementos necessários para listar publicações disponíveis na rede mundial de computadores:

A autoria, autor ou fonte. Ano. O título do documento ou página da web. [meio] Produtor/Editor. Disponível em: endereço completo para localizar o recurso [Accessed Sep. 19, 1992]

6.5 Listagem de referências não escritas em inglês

A *Scientia Agricola* não incentiva os autores a usarem referências que não podem ser facilmente acessadas e compreensíveis por leitores do exterior. No entanto, se essas referências forem essenciais para interpretação dos resultados, relatados no texto, forneça o título em inglês, informando adicionalmente a linguagem do artigo original no final da referência, como exemplificado a seguir:

Baretta, D.; Santos, J.C.P.; Figueiredo, S.R.; Klauberg-Filho, O. 2005. Effects of native pasture burning and Pinus monoculture on changes in soil biological attributes on the Southern Plateau - Brazil of Santa Catarina Revista Brasileira de Ciência do Solo 29: 715-724 (in Portuguese, with abstract in English).

ENCAMINHAMENTO DOS ARTIGOS

Os manuscritos devem ser submetidos pelo sistema eletrônico, acessando o site <http://www.scielo.br/sa>, clicando em "submissão online".

Por favor, leia cuidadosamente a [lista de checagem](#) de conformidade antes de submeter o manuscrito.

1

2

1 **Avaliação de híbridos intraespecíficos de *Brachiaria decumbens* Stapf**
2 **(Poaceae) para tolerância ao alumínio**

3

4 Keise Mara Belmonte de Oliveira¹, Lucimara Chiari^{2*}, Sanzio Carvalho Lima
5 Barrios², Valdemir Antônio Laura²

6

7 ¹ Departamento de Biologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de
8 Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Cidade Universitária - Caixa Postal 549, CEP
9 79070-900, Campo Grande, MS - Brasil

10 ²Embrapa Gado de Corte, Avenida Raio Maia 830 - Zona Rural, CEP 79106-550,
11 Campo Grande, MS.

12 *Autor para correspondência: lucimara.chiari@embrapa.br

13 Título abreviado: Híbridos de *B. decumbens* & tolerância ao Al

14 Categoria para o artigo: Genética e Melhoramento de Plantas.

15

16

1 Resumo: O alumínio (Al) solúvel em solos ácidos interfere no desenvolvimento normal
2 das raízes das plantas, interferindo na produtividade das pastagens. O uso de cultivares
3 forrageiras mais tolerantes ao Al pode ser considerado uma das alternativas mais
4 economicamente viáveis para a produção de bovinos em solos ácidos com elevada
5 concentração de alumínio. O principal objetivo deste trabalho foi caracterizar a
6 tolerância ao alumínio de uma progênie de *Brachiaria decumbens*. Foram avaliados 100
7 híbridos do cruzamento *B. decumbens* cv. Basilisk (tolerante ao alumínio) e um
8 genótipo sexual/tetraploidizado de *B. decumbens*, denominado D24/27. A avaliação da
9 tolerância ao alumínio foi realizada em sistema hidropônico usando perfilhos jovens
10 coletados e avaliados em duas soluções: A (200 mM CaCl₂, pH 4.2) e B (200 mM
11 CaCl₂ + 200 mM AlCl₃, pH 4.2). O experimento foi conduzido em cada de vegetação
12 usando um delineamento em blocos casualizados com três repetições. As características
13 avaliadas foram comprimento relativo da raiz principal (CRR) e porcentagem de
14 inibição de crescimento da raiz principal (ICR). A metodologia de modelos mistos
15 REML/BLUP foi usada para a análise estatística. Mais da metade dos híbridos, assim
16 como a cultivar Basilisk, não sofreu a ação danosa do alumínio tóxico e 14 híbridos
17 mostraram estímulo do CRR quando exposto ao alumínio. Esses resultados mostram
18 que existe variabilidade genética para esse caráter e que é possível desenvolver
19 cultivares melhor adaptadas a esse importante fator de estresse abiótico.

20

21 Palavras-chave: estresse abiótico, melhoramento de forrageiras, pastagem, solos ácidos

22

23

1 Abstract: The soluble aluminum (Al) in acidic soils interferes with the normal
2 development of roots of the plant, affecting the productivity of pastures. The use of
3 forage cultivars more tolerant to Al can be considered one of the most economically
4 viable alternative for cattle production in soils with high acidity and concentration of
5 aluminum. The aim of this work was to characterize the Al tolerance of an intraspecific
6 progeny of *Brachiaria decumbens* to assisted genetic breeding program. We evaluated
7 100 hybrids from a cross between *B. decumbens* cv. Basilisk (aluminum tolerant) and a
8 sexual/tetraploidized genotype of *B. decumbens* called D24/27. The evaluation of
9 aluminum tolerance was performed in hydroponics and young tillers were collected and
10 evaluated in two solutions: A (200 mM CaCl₂, pH 4.2) and B (200 mM CaCl₂ + 200
11 mM AlCl₃, pH 4.2). The experiment was conducted in a greenhouse using a
12 randomized block design with three replications. The traits evaluated were the relative
13 growth of the main root (RGR) in both solutions (presence and absent of Al) and
14 percentage of inhibition of root growth (IRG). The mixed model methodology
15 REML/BLUP was used for the statistical analysis. More than half of the hybrids, as
16 well as to cultivate Basilisk, not suffered the damaging action of Al and 14 hybrids
17 showed stimulus of the CRR when exposed to Al. These results show that exist genetic
18 variability for this character and it is possible to develop cultivars better adapted to this
19 important abiotic stress factor.

20

21 Keywords: abiotic stress, forage breeding, grazing, acid soils

22

23

24

Introdução

No Brasil, aproximadamente 170 milhões de hectares são constituídos por pastagens que alimentam um rebanho de aproximadamente 200 milhões de bovinos (Abiec, 2012). Entre as forrageiras mais cultivadas, estão às gramíneas do gênero *Brachiaria*, que ocupam aproximadamente 85% das áreas de pastagens, principalmente as espécies *B. brizantha* e *B. decumbens* (Martuscello et al., 2009). *Brachiaria decumbens* foi introduzida ao Brasil em 1952 e apresentou excelente adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, incluindo tolerância à solos ácidos, com altos níveis de alumínio (Al) e de baixa fertilidade natural (Milles et al., 1998, Valle et al., 2009). A única cultivar disponível no mercado brasileiro, *B. decumbens* cv. Basilisk, chegou a ocupar 55% da área total de pastagens no País.

Para desenvolver novas cultivares de *B. decumbens* a Embrapa Gado de Corte, em seu programa de melhoramento de *Brachiaria*, recentemente promoveu a duplicação cromossômica de plantas sexuais diplóides (Simioni & Valle, 2009) e realizou cruzamentos controlados visando produzir híbridos mais produtivos e que sejam adaptados a estresses abióticos, como tolerância ao Al.

Bitencourt et al. (2011) analisaram as plantas sexuais/tetraploidizadas de *B. decumbens* juntamente com a cultivar Basilisk e com plantas sexuais de *B. ruziziensis* para a tolerância ao Al, sendo que a cultivar Basilisk é uma referência em tolerância ao Al (Wenzl et al., 2006). Esses autores observaram que as plantas sexuais/tetraploidizadas de *B. decumbens* foram medianamente tolerantes ao Al e chegaram a apresentar resultados semelhantes aos genótipos da espécie *B. ruziziensis*, sabidamente sensível ao Al (Wenzl et al., 2006). Nesse trabalho, foram analisados o comprimento relativo da raiz principal (CRR) e o diâmetro final da raiz principal (DR) e

1 a característica mais afetada pelo Al foi o CRR, podendo ser utilizada na seleção de
2 genótipos quanto à tolerância a esse importante fator de estresse abiótico.

3 A toxidez do Al é considerada um dos principais fatores responsáveis pela baixa
4 produtividade de plantas em solos ácidos com $\text{pH} \leq 5,5$ (Kochian et al., 2004),
5 principalmente, devido à inibição do crescimento radicular (Giannakoula et al., 2008;
6 Guo et al., 2007). Uma vez que, entre 30% e 40% dos solos com potencial para
7 agricultura no mundo são ácidos, a toxidez do Al representa um sério problema para a
8 produção agrícola (Kochian, 1995; Giannakoula et al., 2008). Por isso a seleção de
9 plantas que suportam altas concentrações de Al é considerada indispensável em
10 programas de melhoramento genético que visam à identificação de genótipos mais
11 produtivos em solos ácidos com altos teores desse elemento (Freitas et al., 2006).

12 Em *Brachiaria*, tanto a Embrapa Gado de Corte quanto o Centro Internacional
13 de Agricultura Tropical (CIAT), vêm investindo esforços no estudo da tolerância ao Al.
14 O CIAT desenvolveu uma metodologia de fenotipagem em larga escala para análises de
15 progênies (Wenzl et al., 2006) e os resultados obtidos sugerem um padrão de herança
16 quantitativa para essa característica. A Embrapa Gado de Corte desenvolveu uma
17 população de híbridos intraespecíficos de *B. decumbens*, inédita em todo o mundo
18 tropical. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a tolerância ao Al nessa progênie
19 usando a metodologia proposta pelo CIAT e auxiliar o programa de melhoramento
20 genético de *B. decumbens* na seleção de genótipos melhor adaptados a esse importante
21 fator de estresse abiótico.

22

23

Material e Métodos

24

Material genético

1 Foram avaliados 100 híbridos do cruzamento entre a cultivar *B. decumbens* cv.
2 Basilisk (parental apomítico/tetraplóide - tolerante ao Al) e o genótipo D24/27
3 (sexual/tetraploidizado – moderadamente tolerante ao Al), bem como dos genitores,
4 mantidos em vasos de 20L em casa de vegetação. Desses genótipos foram retirados
5 perfilhos jovens que tiveram suas raízes removidas e foram transferidos para um sistema
6 hidropônico contendo uma solução nutritiva comercial Hidrogood, contendo 750g de
7 Hidrogood Fert + ferro e 550g de Nitrato de Cálcio para cada 1000 mL. Os perfilhos
8 permaneceram nessa solução por 11 dias para enraizarem. Esse procedimento foi
9 realizado para padronizar ao máximo o crescimento inicial das raízes dos perfilhos.
10 Após esse período, foi registrado o comprimento inicial da raiz principal (CIR) desses
11 perfilhos que foram, então, transferidos para duas soluções, conforme proposto por
12 Wenzl et al. (2006): Solução A (200 μ M CaCl_2 ; pH 4,2) e Solução B (200 μ M CaCl_2 +
13 200 μ M AlCl_3 ; pH 4,2). As plantas permaneceram nessas soluções por 21 dias. Durante
14 esse período o pH foi monitorado diariamente e ajustado, quando necessário, para 4,2
15 pela adição de HCl 10% ou NaOH 20%. O delineamento experimental utilizado foi
16 blocos ao acaso com três repetições.

17 Para avaliar a tolerância ao Al mediu-se o sistema radicular, antes (CIR) e
18 depois dos 21 dias (comprimento final da raiz – CFR), para obtenção do crescimento
19 relativo da raiz (CRR), por meio da fórmula $(\text{CFR}-\text{CIR})/\text{CIR}$. Foi também calculada a
20 porcentagem de inibição do crescimento da raiz (ICR), usando a fórmula: $\text{ICR} = [1 -$
21 $(\text{CRR} + \text{Al} / \text{CRR} - \text{Al})] \times 100$. Onde $\text{CRR} + \text{Al}$ é o comprimento relativo da raiz na
22 presença do Al e $\text{CRR} - \text{Al}$ é o crescimento relativo da raiz na ausência de Al, conforme
23 Bitencourt et al. (2011).

24

1 *Análises estatísticas*

2 A análise dos dados foi realizada utilizando-se a abordagem de modelos mistos.

3 A variável crescimento relativo da raiz foi analisada considerando o fator alumínio (1
4 grau de liberdade, GL) e blocos (2 GL) como efeitos fixos e genótipos (101 GL),
5 interação genótipos x alumínio (101 GL) e erro como efeitos aleatórios, de acordo com
6 o seguinte modelo:

7
$$y = Xb + Zg + Ti + e$$

8 em que

9 y : vetor dos dados padronizados;

10 b: vetor dos efeitos de blocos e alumínio (fixos) somados à média geral;

11 g: vetor dos efeitos genotípicos (aleatório), sendo $g \sim \text{NMV}(0, I\sigma_g^2)$. σ_g^2 é o
12 componente de variância genotípico associado aos genótipos;

13 i: vetor dos efeitos da interação genótipos x alumínio (aleatório), sendo $i \sim \text{NMV}$
14 $(0, I\sigma_{g \times L}^2)$. $\sigma_{g \times L}^2$ é o componente de variância associado à interação genótipos x alumínio;

15 e: vetor de erros aleatórios, sendo $e \sim \text{NMV}(0, I\sigma_e^2)$;

16 X, Z e T: matrizes de incidência para b, g e i, respectivamente.

17 Para a porcentagem de inibição do crescimento da raiz um modelo misto com
18 efeito fixo de blocos (2 GL) e aleatório para genótipos (101 GL) e erro foi adotado,
19 conforme o seguinte modelo:

20
$$y = Xb + Zg + e$$

21 em que

22 y : vetor dos dados padronizados;

23 b: vetor dos efeitos de blocos (fixo) somados à média geral;

1 g: vetor dos efeitos genotípicos (aleatório), sendo $g \sim \text{NMV}(0, I\sigma_g^2)$. O σ_g^2 é o
2 componente de variância genotípico associado aos genótipos;
3 e: vetor de erros aleatórios, sendo $e \sim \text{NMV}(0, I\sigma_e^2)$;
4 X e Z: matrizes de incidência para b e g, respectivamente.

5 As análises foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do programa
6 SAS versão 9.2 (SAS Institute, 2004). A significância dos componentes de variância
7 associados aos efeitos aleatórios foi verificada pelo teste *Wald* e para os efeitos fixos
8 pelo teste *F*, conforme descrito em Burdick and Graybill (1992). Os valores genótipos
9 (BLUP - melhor predição linear não tendenciosa) dos genótipos foram calculados
10 somando-se as estimativas de cada tratamento à média geral do experimento, para cada
11 variável.

12

13

Resultados e discussão

14 Os efeitos de genótipos, Al e interação genótipos x alumínio foram
15 significativos. Para CRR: foram observadas mudanças no ranqueamento dos híbridos
16 (com x sem Al), o que está de acordo com a interação genótipos x alumínio observada
17 (Tabela 1). Esses resultados indicam que determinados híbridos apresentaram CRR não
18 coincidentes nas soluções com e sem Al, indicando que esse elemento interferiu no
19 crescimento das raízes das plantas.

20 Vinte e oito híbridos e o parental D24/27 foram sensíveis ao Al, pois, eles
21 apresentaram redução no CRR na presença do Al em relação ao CRR na ausência desse
22 elemento, isso significa que na presença do Al as raízes cresceram menos (Tabela 2). A
23 redução da taxa de crescimento radicular de plantas sensíveis tem sido considerada o

1 principal efeito do Al, pois este influencia o alongamento e a divisão celular do ápice da
2 raiz (Ferreira et al., 2006).

3 A maioria dos trabalhos realizados envolvendo acidez tanto em campo quanto
4 em solução nutritiva demonstram que o sistema radicular é a característica mais afetada
5 pelo Al (Howeler and Cavadid, 1976). Camargo *et al.* (1987) trabalhando com a seleção
6 de cultivares de milho em solução nutritiva, Sanchez-Chacón et al. (2000) em aveia,
7 Mistro et al. (2001) em trigo, encontraram redução no crescimento do sistema radicular
8 na presença de Al. A redução do crescimento da raiz ocorre, basicamente, em função da
9 ação danosa do Al ao se ligar aos componentes das membranas celulares, reduzindo sua
10 permeabilidade, ocorre também uma redução da atividade de replicação e transcrição,
11 devido à ligação do Al ao grupo fosfato do ácido desoxirribonucléico (DNA)
12 (Malavolta et al., 1997; Andrade Junior et al., 2005).

13 Por outro lado, a presença do Al na solução hidropônica pode muitas vezes
14 estimular o crescimento das raízes das plantas (Rout et al., 2001). Neste estudo 14
15 híbridos apresentaram maior CRR na presença do Al foram eles: R74, R184, R165,
16 R188, R135, R161, R117, R64, R177, R71, R59, R152, R192 e R129 (Tabela 2). A
17 cultivar Basilisk, que é uma referência em tolerância ao Al, apresentou CRR
18 estatisticamente iguais nas soluções com ou sem alumínio. Portanto, esses híbridos
19 podem ser considerados mais tolerantes ao Al que a cultivar Basilisk, pois, suas raízes
20 cresceram mais na presença desse elemento.

21 Para observar melhor o efeito do Al nas raízes, inibição ou estímulo, foi
22 calculada a porcentagem de ICR de todos os genótipos, que variou de -112,68 a 22,481
23 O híbrido R74 apresentou o menor valor, sendo o genótipo mais tolerante ao Al, e o
24 R140 apresentou o maior valor, sendo o genótipo mais sensível ao Al (Tabela 2, Figura

1 1). O híbrido R140 foi mais sensível que o genótipo sexual/tetraploidizado D24/27
2 utilizado como genitor materno no cruzamento.

3 Observando a Figura 1 nota-se um padrão de herança quantitativa para o caráter
4 avaliado, ou seja, ICR. Wenzl et al. (2006), avaliando crescimento e diâmetro de raízes
5 de uma progênie interespecífica do cruzamento entre *B. decumbens* cv. Basilisk e um
6 genitor feminino de *B. ruziziensis* crescidas em hidroponia nas mesmas soluções com e
7 sem Al deste trabalho, também sugeriram uma herança poligênica para a tolerância ao
8 Al em *Brachiaria*. Também em milho (*Zea mays*) observou-se que a tolerância ao Al
9 segue um padrão de herança quantitativa (Magnavaca et al., 1987; Lima et al., 1995).
10 Entretanto, para outras gramíneas como trigo, cevada e centeio e sorgo os trabalhos
11 apontam que a tolerância ao Al seja controlada por um ou poucos genes (Garvin and
12 Carver, 2003; Magalhães et al. 2007).

13 Para um programa de melhoramento genético que visa o desenvolvimento de
14 cultivares com maior tolerância ao Al é extremamente importante que a seleção seja
15 feita de maneira rápida e eficiente. A vantagem do uso do sistema hidropônico é que ele
16 permite imediata observação dos efeitos do Al na inibição do crescimento da raiz,
17 evitando os inconvenientes do uso de solo, em que a intensidade de seleção não pode
18 ser quantitativamente controlada (Bertan et al., 2005; Silva et al., 2006). Em condições
19 de campo a seleção para tolerância ao Al é afetada pela variabilidade natural dos solos,
20 bem como pela dificuldade de avaliar danos na raiz, o que pode determinar erros na
21 identificação de genótipos tolerantes. Além disso, pode apresentar o inconveniente de
22 reunir grande número de variáveis não controláveis, tais como pH, concentração de Al,
23 e sua correlação com os teores de Ca, Mg e K presentes na solução do solo (Souza,
24 2001). Por estes motivos é importante que a primeira fase na seleção de clones ou

1 genótipos tolerantes seja desenvolvida em condições controladas, como casa de
2 vegetação, onde há maior possibilidade de controlar fatores que via de regra tornam-se
3 difíceis de serem controlados em condições de campo.

4 Os resultados demonstram que existe variabilidade genética para as
5 características CRR e ICR e que para *B. decumbens* a tolerância ao Al parece seguir um
6 padrão de herança quantitativa; também mostram que é possível fazer seleção de
7 híbridos mais tolerantes ao Al que a cultivar Basilisk, única cultivar de *B. decumbens*
8 comercial. Tal fato pode permitir o desenvolvimento de cultivares melhor adaptadas a
9 esse condição de estresse abiótico dentro do programa de melhoramento genético de *B.*
10 *decumbens* em andamento na Embrapa Gado de Corte.

11

12 **Agradecimentos**

13 Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal – UFMS. À Embrapa
14 Gado de Corte, pela estrutura para realização do projeto. Ao CNPq, pela bolsa e a
15 UNIPASTO e Fundect pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa.

16

17 **Referências**

18

19 Andrade Júnior, V.C.; Mota, J.H.; Castro, N.E.A. 2005. Avaliação da tolerância a
20 alumínio de dois genótipos de sorgo. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, n.7.

21

22 Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – ABIEC. Carne
23 Brasileira. Disponível em <www.abiec.com.br>. Último acesso em: outubro de 2012.

24

25 Bertan, I.; Carvalho, F.I.F.; Oliveira, A.C.; Oliveira, P.H.; Silva, J.A.G.; Benin, G.;
26 Silva, G.C.; Hartwig, I.; Padilha, E.B. 2005. Caracteres associados a tolerância ao

1 alumínio tóxico em genótipos de trigos sul brasileiros, Revista Brasileira de
2 Agrociência, v.11, n.2, p.149-154.
3

4 Bitencourt, G. A.; Chiari, L.; Laura, V. A.; Valle, C.; Jank, L.; Moro, J.R. 2011.
5 Aluminum tolerance on genotypes of signal Grass. Revista Brasileira de Zootecnia,
6 v.40, n.2, p.245-250.
7

8 Burdick, R. K. and Graybill, F. A. 1992, Confidence Intervals on Variance
9 Components, New York: Marcel Dekker.
10

11 Ferreira, R. de P.; Moreira, A.; Rassini, J.B. Toxidez de alumínio em culturas anuais.
12 São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 35p. (Embrapa Pecuária Sudeste.
13 Documentos, 63).
14

15 Freitas, F.A.; Kopp, M.M.; Sousa, R.O.; Zimmer, P.D.; Carvalho, F.I.F. e Oliveira, A.C.
16 2006. Absorção de P, Mg, Ca e K e tolerância de genótipos de arroz submetidos a
17 estresse por alumínio em sistemas hidropônicos. Revista Ciência Rural, 36, 1/6: 72-79.
18

19 Garvin, D. F.; Carver, B. F. Role of the genotype in tolerance to acidity and aluminum
20 toxicity. In: Rengel, Z. (Ed.). 2003. Handbook of soil acidity. New York: Marcel
21 Dekker, p. 387-406.
22

23 Giannakoula, A.; Moustakas, M.; Mylona, P.; Papadakis, I.; Yupsanis, T. 2008.
24 Aluminum tolerance in maize is correlated with increased levels of mineral nutrients,
25 carbohydrates and proline, and decreased levels of lipid peroxidation and Al
26 accumulation. Journal of Plant Physiology, Stuttgart, v. 165, n.4, p. 385-396.
27

28 Guo, T. R.; Zhang, G. P.; Zhou, M. X.; Wu, F. B.; Chen, J. X. 2007. Influence of
29 aluminum and cadmium stresses on mineral nutrition and root exudates in two barley
30 cultivars. Pedosphere, Nanjing, v. 17, n. 4, p. 505-512.
31

- 1 Kochian, L.V. 1995. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants.
2 Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v.46, p.237-260.
3
- 4 Kochian, L. V.; Hoekenga, O. A.; Piñeros, M. A. 2004. How do crop plants tolerate acid
5 soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. Annual Review
6 of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto, v. 55, p. 459-493.
7
- 8 Lima, M.; Miranda Filho, J. B.; Furlani, P. R. 1995. Diallel cross among inbred lines of
9 maize differing in aluminum tolerance. Brazilian Journal of Genetics, Ribeirão Preto, v.
10 18, n. 4, p. 579-584.
11
- 12 Magalhães, J. V. de; Liu, J.; Guimarães, C. T.; Lana, U. G. de P.; Alves, V. M. C.;
13 Wang, Y.-H.; Schaffert, R. E.; Hoekenga, O. A.; Pineros, M. A.; Shaff, J. E.; Klein, P.
14 E.; Carneiro, N. P.; Coelho, C. M.; Trick, H. N.; Kochian, L. V. 2007. A gene in the
15 multidrug and toxic compound extrusion (MATE) family confers aluminum tolerance in
16 sorghum. Nature Genetics, New York, v. 39, n. 9, p. 1156-1161.
17
- 18 Magnavaca, R.; Gardner, C. O.; Clark, R. B. Inheritance of aluminum tolerance in
19 maize. In: Gabelman, H. W.; BC Loughman, B. C. (Ed.). 1987. Genetic aspects of plant
20 mineral nutrition. Dordrecht : Martinus Nijhoff, p. 201-212.
21
- 22 Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. 1997. Avaliação do estado nutricional das
23 plantas. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 319 p.
24
- 25 Martuscello, J.A.; Jank, L.; Neto, M.M.G. 2009. Produção de gramíneas do gênero
26 Brachiaria sob níveis de sombreamento. R. Bras. Zootec., v.38, n.7, p.1183-1190.
27
- 28 Milles, J. W.; B. L. Maass y C. B. Valle. 1998. Brachiaria: biología, agronomía y
29 mejoramiento (1.ed.). Centro Nacional de Agricultura Tropical – EMBRAPA. Cali,
30 Colombia.
31

- 1 Rout, G.R.; Samantaray, S.; Das, P. 2001. Aluminium toxicity in plants: a review.
2 Agronomie, v.21 n.1, p. 3-21.
3
- 4 SAS Institute 2004.SAS® proprietary software, version 9.12. SAS Institute,.Cary, NC,
5 USA.
6
- 7 Simioni, C.; Valle, C. 2009. Chromosome duplication in *Brachiaria* (A. Rich.)
8 Stapfallows intraspecific crosses. Crop Breeding and Applied Biotechnology 9: 328-
9 334.
10
- 11 Silva, S.A; Carvalho, F.I.F de; Silva, J.A.G. da; Oliveira, A.C. DE; Cruz, P.J.; Caetano,
12 V.R. Diamantino, M.S.A.S.; Passos, A.R; Vieira, E.A.; Simioni, D. 2006. Toxicidade
13 do alumínio e efeito do ácido giberélico em linhas quase isogênicas de trigo com o
14 caráter permanência verde e maturação sincronizada. Ciência Rural, v.36, p.765-771.
15
- 16 Wenzl, P.; Arango, A.; Chaves, A.L. et al. 2006. A greenhouse method to screen
17 *Urochloa* grass genotypes for aluminum resistance and root vigor. Crop Science, v.46,
18 n.2, p.968-973.
19
20

1 Tabela 1: Significância dos efeitos de genótipos, alumínio e interação genótipos x
2 alumínio para as variáveis analisadas.

Variável	<i>p valor</i>		
	Genótipos (G)	Alumínio (A)	G x A
CRR ¹	0,037	< 0,001	< 0,001
ICR ²	0,048	-	-

¹Crescimento relativo da raiz

²Porcentagem de inibição do crescimento da raiz

3

Tabela 2: Valores genotípicos (BLUP) médios dos genótipos para o crescimento relativo da raiz (CRR) e porcentagem de inibição do crescimento da raiz (ICR).

CRR				ICR	
Genótipo	Com Al ¹	Genótipo	Sem Al ¹	Genótipo	
R151	2,417	R181	3,539	R74	-112,68
R137	2,264	R137	3,194	R184	-75,083
R95	2,248	R25	2,755	R165	-18,385
R181	2,095	R148	2,675	R188	-11,868
R148	2,075	R95	2,520	R135	-8,41
R177	1,861	R97	2,470	R161	-5,933
R97	1,751	R82	2,463	R117	-5,708
R192	1,575	R91	2,276	R64	-5,658
BASILISK	1,508	R9	2,217	R177	-5,584
R76	1,490	R151	2,193	R71	-5,519
R25	1,421	R152	2,094	R59	-5,055
R94	1,400	R170	1,938	R152	-4,981
R170	1,387	R119	1,932	R192	-3,078
R59	1,323	R76	1,842	R129	-1,208
R184	1,300	R175	1,830	R179	1,01
R9	1,288	R149	1,727	R182	1,96
R91	1,177	R145	1,696	R176	1,965
R82	1,157	R65	1,673	R151	2,056
R175	1,154	R110	1,657	R147	2,426
R149	1,116	R125	1,656	R52	2,479

R110	1,093	R60	1,623	BASILISK	3,54
R33	1,058	D24/27	1,615	R169	3,964
R152	1,001	R105	1,557	R120	4,171
R8	0,970	R73	1,550	R79	4,346
R87	0,969	R75	1,534	R41	4,435
R12	0,964	R8	1,531	R76	5,269
R167	0,960	R33	1,496	R55	5,77
R55	0,955	R168	1,470	R187	6,014
R73	0,955	R167	1,446	R94	6,382
R147	0,938	R94	1,443	R189	7,036
R71	0,933	BASILISK	1,403	R95	7,25
R19	0,921	R70	1,390	R149	7,549
R60	0,901	R141	1,346	R181	7,62
R64	0,876	R134	1,332	R19	7,77
R70	0,874	R177	1,312	R137	8,116
D24/27	0,853	R87	1,310	R78	8,502
R118	0,853	R13	1,250	R136	9,029
R31	0,826	R40	1,215	R109	9,06
R145	0,786	R118	1,192	R44	9,092
R144	0,781	R144	1,186	R102	9,127
R125	0,760	R109	1,184	R40	9,174
R24	0,752	R31	1,178	R141	9,257
R109	0,743	R55	1,178	R70	9,55
R179	0,728	R84	1,147	R4	9,682

R74	0,711	R192	1,147	R30	9,772
R105	0,707	R101	1,141	R193	9,811
R75	0,706	R78	1,135	R8	9,883
R13	0,701	R90	1,083	R160	9,905
R119	0,689	R140	1,070	R12	10,084
R41	0,681	R12	1,021	R148	10,108
R30	0,671	R24	1,019	R126	10,243
R176	0,664	R176	1,004	R2	10,286
R78	0,664	R69	0,995	R87	10,374
R69	0,655	R59	0,987	R31	10,596
R183	0,645	R22	0,987	R73	10,763
R122	0,635	R130	0,962	R155	10,845
R141	0,626	R160	0,934	R130	10,934
R101	0,620	R107	0,932	R122	10,955
R134	0,616	R19	0,909	R124	11,152
R40	0,616	R57	0,857	R170	11,191
R120	0,605	R147	0,842	R50	11,526
R84	0,577	R183	0,841	R142	11,662
R135	0,577	R30	0,838	R110	11,693
R65	0,574	R121	0,837	R28	12,099
R107	0,572	R41	0,834	R24	12,298
R160	0,541	R122	0,820	R118	12,515
R187	0,524	R178	0,769	R101	12,544
R182	0,522	R85	0,758	R97	12,589

R85	0,504	R81	0,744	R167	12,771
R28	0,504	R28	0,736	R9	12,954
R193	0,494	R120	0,725	R69	13,339
R168	0,492	R68	0,717	R57	13,42
R22	0,492	R71	0,703	R25	13,537
R188	0,491	R142	0,685	R133	13,546
R129	0,491	R179	0,662	R107	13,64
R142	0,488	R2	0,633	R81	13,779
R90	0,484	R193	0,623	R33	13,78
R2	0,460	R64	0,616	R145	13,843
R189	0,454	R184	0,606	R183	13,874
R52	0,432	R52	0,584	R85	14,037
R81	0,417	R74	0,576	R121	14,499
R178	0,404	R135	0,550	R178	14,589
R57	0,378	R187	0,542	R60	14,613
R68	0,364	R189	0,498	R175	15,282
R140	0,364	R182	0,470	R119	15,296
R121	0,332	R155	0,460	R84	15,364
R44	0,292	R50	0,435	R125	15,472
R155	0,286	R129	0,403	R13	15,958
R124	0,260	R133	0,369	R91	16,211
R50	0,253	R44	0,366	R134	16,629
R165	0,249	R67	0,361	R82	16,952
R169	0,249	R124	0,351	R22	17,166

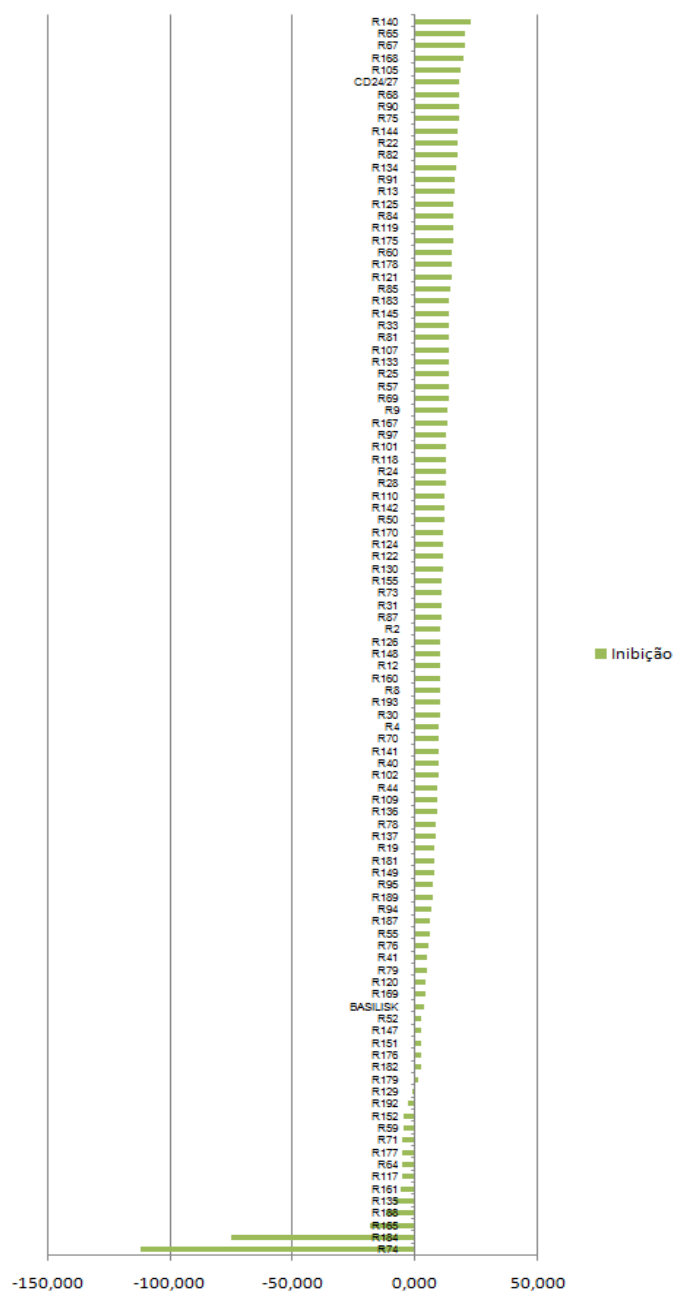
R130	0,249	R102	0,311	R144	17,207
R133	0,237	R188	0,300	R75	17,564
R102	0,236	R79	0,252	R90	17,591
R161	0,206	R4	0,240	R68	17,627
R67	0,197	R165	0,237	D24/27	17,646
R136	0,166	R169	0,225	R105	18,64
R117	0,165	R117	0,221	R168	19,317
R79	0,161	R136	0,216	R67	19,988
R4	0,157	R161	0,189	R65	20,365
R126	0,119	R126	0,170	R140	22,481
Média geral ²	0,960		0,960		7,031

¹Ordenado em ordem decrescente

²Valor BLUP médio dos 100 híbridos

1

Inibição



1 Figura 1: Valores genotípicos médios para porcentagem de inibição do crescimento da
 2 raiz (ICR) principal dos híbridos intraespecíficos de *B. decumbens* e dos parentais
 3 (Basilisk e D24/27).