

XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

“Fitorremediação de Solo Contaminado com o Herbicida Picloram por Plantas de Capim Pé-de-Galinha-Gigante (*Eleusine coracana*) Cultivadas Sob Diferentes Lâminas de Água no Solo”

GISELA AZEVEDO TAUFNER⁽¹⁾, RENATO LARA DE ASSIS⁽²⁾, SERGIO DE OLIVEIRA PROCÓPIO⁽³⁾, MARCOS LIMA DO CARMO⁽⁴⁾, FÁBIO RIBEIRO PIRES⁽⁵⁾, ALBERTO CARGNELUTTI FILHO⁽⁶⁾, GUILHERME BRAGA PEREIRA BRAZ⁽⁷⁾, WELINGTON F. P. SILVA⁽⁸⁾

RESUMO - O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de diferentes lâminas de água no solo sobre a fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram por plantas de capim-pé-de-galinha-gigante (*Eleusine coracana*). Como substrato para o crescimento das plantas, utilizou-se amostras de solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico. A quantidade de água evaporada média foi determinada através de dois evaporímetros. Após 48 horas da aplicação do herbicida foi realizada a semeadura da espécie vegetal fitorremediadora *Eleusine coracana* - capim-pé-de-galinha-gigante. Dez dias após a emergência das plantas realizou-se um desbaste, deixando-se 14 plantas por vaso. Uma vez ao dia, todos os vasos recebiam reposição de água, considerando a quantidade de água evaporada. A semeadura da soja (cultivar Monsoy 6101), espécie bioindicadora da presença do picloram, foi efetuada distribuindo-se 10 sementes por vaso de cada espécie. Após a emergência das plantas de soja, procedeu-se um desbaste deixando-se três plantas por vaso. A irrigação foi uniformizada em todos os tratamentos com todos os vasos recebendo mesma lâmina de irrigação duas vezes ao dia. A soja se mostrou extremamente sensível à presença do picloram no solo. Constatou-se que a maior umidade do solo auxilia na remediação de solos contaminados com o herbicida picloram, utilizando-se para esse processo plantas de *E. coracana*. No entanto, essa melhoria da fitorremediação apenas é significativa quando a contaminação do solo com o herbicida não é elevada (até 80 g ha⁻¹).

Palavras-Chave: (residual de herbicidas; descontaminação do solo; evaporação de água)

Introdução

O herbicida picloram, apesar de ser utilizado normalmente em pós-emergência das plantas daninhas, principalmente de dicotiledôneas arbustivas ou arbóreas (Pinho et al. [1]), apresenta, em relação aos demais herbicidas registrados para uso em pastagens e lavouras do Brasil, um dos maiores períodos de atividade residual em solos (Santos et al. [2]).

Essa característica impede a curto e até a médio prazo o cultivo de várias espécies agrícolas em áreas onde o tenham empregado. É comprovado, também, que quanto mais tempo o herbicida permanece no solo, maior o risco de contaminação de lençóis freáticos (Bovey & Richardson [3]).

A fitorremediação, isto é, o uso de plantas como agentes despoluidores, tem despertado crescente interesse. Sua utilização tem sido avaliada principalmente em solos contaminados com metais pesados (Accioly & Siqueira [4]), petróleo e derivados de petróleo (Anderson & Walton [5]; Moreno & Corseuil [6]) e outros compostos orgânicos (Cunningham et al. [7]), os quais representam riscos ao ambiente, podendo tornar algumas áreas totalmente inutilizadas. Por outro lado, a utilização de plantas com capacidade de tolerar e concomitantemente extrair e, ou, degradar determinados compostos pode representar uma interessante alternativa na agricultura (Pires et al. [8]). A despoluição de solos que anteriormente eram considerados inaptos ao cultivo de espécies agrícolas, em razão dos elevados níveis de determinadas substâncias, pode torná-los novamente agricultáveis.

Os resultados obtidos até agora, entretanto, são ainda incipientes para apontamentos seguros quanto à utilização de plantas na remediação de herbicidas. Informações como densidade populacional ideal, tempo

⁽¹⁾ Primeiro Autor é Graduanda do Curso de Agronomia do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, da Universidade Federal do Espírito Santo. Rodovia RB 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, São Mateus, ES. CEP: 29932-540. E-mail: giselataufner@hotmail.com.

⁽²⁾ Segundo Autor é Professor Titular da Faculdade de Agronomia, FESURV-Universidade de Rio Verde. Cx. Postal 104, Rio Verde, GO. CEP 75901-970.

⁽³⁾ Terceiro Autor é Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar 3250, Jardins, Aracaju, SE. CEP: 49.025-040.

⁽⁴⁾ Quarto Autor é Professor Adjunto da Faculdade de Zootecnia da FESURV-Universidade de Rio Verde. Cx. Postal 104, Rio Verde, GO. CEP 75901-970.

⁽⁵⁾ Quinto Autor é Professor Adjunto do Departamento de Ciências da Saúde, Bilógicas e Agrárias, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo. Rodovia RB 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, São Mateus, ES. CEP: 29932-540.

⁽⁶⁾ Sexto Autor é Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Avenida Roraima s/n, Campus Camobi - Santa Maria, RS. CEP: 97105-900.

⁽⁷⁾ Sétimo e Oitavo Autores são Graduandos do Curso de Agronomia FESURV-Universidade de Rio Verde. Postal 104, Rio Verde, GO. CEP 75901-970.

Apoio financeiro: CAPES e CNPq.

de cultivo necessário para satisfatória descontaminação do solo, comportamento fitorremediador em diferentes condições de umidade do solo, e realização de trabalhos a campo, entre outras, são fundamentais para a recomendação segura desta prática.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de diferentes lâminas de água no solo sobre a fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram por plantas de capim-pé-de-galinha-gigante (*Eleusine coracana*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Fesurv – Universidade de Rio Verde, localizada no município de Rio Verde-GO, cujas coordenadas geográficas são: latitude de 17°47'24" S e longitude de 50°56'31" W, e altitude de 698 metros. O período de condução do experimento foi de outubro de 2006 a março de 2007. Como substrato para o crescimento das plantas, utilizou-se amostras de solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico.

A quantidade de água evaporada média foi determinada através de dois evaporímetros (recipientes instalados dentro da área experimental com área de borda de mesma dimensão dos vasos utilizados para plantio das espécies).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3, com quatro repetições.

Antes do preenchimento dos vasos com capacidade para 8 dm³, foi realizada uma calagem, utilizando-se o equivalente a 2 t ha⁻¹ de calcário filler e adubação de base, aplicando-se o equivalente a 500 kg ha⁻¹ da fórmula 08-20-18. Logo após procedeu-se a aplicação do herbicida picloram, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado com CO₂, acoplado de barra contendo duas pontas de pulverização TT 110.02, aplicando volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

Após 48 horas da aplicação do herbicida foi realizada a semeadura da espécie vegetal fitorremediadora *Eleusine coracana* (capim-pé-de-galinha-gigante). Dez dias após a emergência das plantas realizou-se um desbaste, deixando-se 14 plantas por vaso. Uma vez ao dia, todos os vasos recebiam reposição de água, considerando a quantidade de água evaporada.

Vencido o tempo estabelecido de atuação da espécie vegetal (90 dias após a emergência), estas foram dessecadas com glyphosate (1.800 g ha⁻¹ de equivalente ácido). Cinco dias após essa dessecação as plantas foram cortadas na altura do coleto, sendo a parte aérea descartada.

Efetou-se a semeadura da espécie bioindicadora da presença do picloram, soja (cultivar Monsoy 6101). Após, a irrigação foi uniformizada em todos os tratamentos, sendo que todos os vasos recebiam mesma lâmina de irrigação duas vezes ao dia.

Aos 15 e 40 dias após a emergência (DAE) da planta bioindicadora avaliou-se a fitotoxicidade de forma visual, utilizando-se escala percentual, onde 0 (zero) significa ausência de sintomas, e 100% morte de

todas as plantas; e a altura média de plantas, utilizando-se escala graduada, tendo como referência o meristema apical. Aos 40 DAE, a parte aérea das plantas de soja foi cortada rente ao solo, sendo o material vegetal imediatamente pesado em balança analítica para a determinação da massa verde da parte aérea. Após essa pesagem esses materiais foram colocados em estufa de circulação forçada de ar (70 ± 2 °C) por 72 horas, e pesados novamente, determinando-se assim a massa seca da parte aérea.

Após a coleta e tabulação dos dados, estes foram submetidos à análise de variância. A análise dos efeitos significativos dos níveis diários de reposição da umidade do solo dentro de cada dose do herbicida foi realizada por análise de regressão, sendo os coeficientes das equações testados pelo teste t a 5% de significância, e os efeitos significativos das doses do picloram em cada nível diário de reposição da umidade do solo por meio do teste de Tukey a 5% de significância, devido ao número insuficiente de níveis para a confecção das equações de regressão.

Resultados

Os resíduos do herbicida picloram no solo ocasionaram elevada fitotoxicidade às plantas de soja cultivadas após a atuação das plantas de *Eleusine coracana*, independentemente da lâmina de reposição da água evaporada no solo (Tabela 1 e Figura 1).

O aumento na contaminação inicial do picloram (160 g ha⁻¹) acarretou maior intoxicação das plantas de soja aos 15 dias após a emergência da cultura (DAE), quando a reposição da lâmina de água evaporada no solo, durante a permanência das plantas de *E. coracana*, foi de 90, 100 e 110%. Contudo, na avaliação seguinte (40 DAE) o aumento das doses do picloram no solo, apenas induziu maiores níveis de injúrias às plantas de soja quando a reposição da água evaporada foi de 90 e 110% (Tabela 1). Quando o nível inicial de contaminação do picloram foi de 160 g ha⁻¹ a reposição da água evaporada do solo praticamente não afetou a eficácia da fitorremediação, utilizando-se plantas de *E. coracana* (Figura 1). No entanto, quando a contaminação inicial com o herbicida foi menor (80 g ha⁻¹), a maior reposição da água evaporada favoreceu a fitorremediação, chegando a reduzir os sintomas de fitotoxicidade nas plantas de soja a patamares inferiores a 40%, aos 40 DAE (Tabela 1 e Figura 1).

A presença do picloram no solo reduziu drasticamente a altura das plantas de soja, mesmo com a tentativa prévia de remediação do solo contaminado, utilizando-se plantas de *E. coracana* (Tabela 2 e Figura 2). Apenas foram verificados efeitos significativos entre as doses do picloram, em relação à altura das plantas de soja, na reposição da água evaporada do solo de 100% aos 15 DAE e na de 110% aos 40 DAE. Nesses dois casos observou-se que ao aumento na dose previamente aplicada do picloram de 80 para 160 g ha⁻¹ proporcionou maior queda no porte das plantas de soja (Tabela 2). O aumento do nível de reposição da água evaporada nos solos resultou em maior eficiência na fitorremediação (Figura 2), todavia apenas quando o

nível de contaminação foi de 80 g ha⁻¹ em combinação com o maior nível de reposição do solo é que se obteve redução aceitável no crescimento das plantas de soja de modo que não se verificou diferença estatística em relação ao tratamento sem contaminação prévia (Tabela 2).

A técnica de fitorremediação avaliada empregando-se plantas da espécie *E. coracana* não foi eficiente em garantir pleno acúmulo de massa seca pelas plantas de soja, quando cultivadas em solo que recebeu as duas doses do herbicida picloram (80 e 160 g ha⁻¹), independentemente da reposição feita da água evaporada do solo (Tabela 3 e Figura 3).

Apenas no nível de reposição da água evaporada de 110% é que se detectou maior redução na massa seca da parte aérea das plantas de soja quando cultivadas em solo com aplicação inicial de 160 g ha⁻¹ do herbicida em relação à contaminação de 80 g ha⁻¹ (Tabela 3). Mais uma vez verificou-se que a remediação do solo contaminado com picloram por plantas de *E. coracana* só foi mais significativa quando a contaminação foi de 80 g ha⁻¹ e a reposição diária de água no solo era a mais alta (110%) (Tabela 3 e Figura 3).

Discussão

Os primeiros resultados mostram a alta sensibilidade das plantas de soja à presença do picloram e reforça o cuidado com a semeadura dessa cultura em áreas com histórico de aplicações desse herbicida. Segundo Wax et al. [9], a cultura da soja apresenta sensibilidade a quantidades extremamente baixas do herbicida picloram no solo. Bovey & Scifres [10] reportam que concentrações de picloram de 100 mg m⁻³ em solos podem causar significativa redução no crescimento de plantas de girassol e *Vigna sinensis*. De acordo com Chang [11], as técnicas envolvendo bioensaios são eficientes e podem ser utilizadas na estimativa dos níveis de picloram em solos.

A manutenção da umidade do solo pode favorecer a permanência do picloram na solução do solo por maior período, o que pode favorecer a absorção do mesmo pelo sistema radicular das plantas de *E. coracana* (fitoextração). Outra possibilidade para explicar a melhoria da fitorremediação com o aumento da reposição de água no solo seria o fato do maior teor de água no solo, até certo ponto, favorecer a atividade microbiana, conseqüentemente aumentando a rizodegradação do picloram. Hang et al. [12] utilizaram plantas de girassol para acusar a presença do picloram em colunas de solo, sendo essa espécie considerada pelos autores sensível ao herbicida.

De forma geral constatou-se que a maior umidade do solo auxilia na remediação de solos contaminados com o herbicida picloram, utilizando-se para esse processo plantas de *E. coracana*. No entanto, essa

melhoria da fitorremediação apenas é significativa quando a contaminação do solo com o herbicida não é elevada.

Conclusões

A soja se mostrou extremamente sensível à presença do picloram no solo. Constatou-se que a maior umidade do solo auxilia na remediação de solos contaminados com o herbicida picloram, utilizando-se para esse processo plantas de *E. coracana*. No entanto, essa melhoria da fitorremediação apenas é significativa quando a contaminação do solo com o herbicida não é elevada (até 80 g ha⁻¹).

Referências

- [1] PINHO, A. P. et al. Atrazine and picloram adsorption in organic horizon forest samples under laboratory conditions. *Planta Daninha*, v. 25, p. 125-131, 2007.
- [2] BOVEY, R. W.; RICHARDSON, C. W. Dissipation of clopyralid and picloram in soil and seep flow in the blacklands of Texas. *Journal of Environmental Quality*, v. 20, p. 528-531, 1991.
- [3] SANTOS, M. V. et al. Eficácia e persistência no solo de herbicidas utilizados em pastagem. *Planta Daninha*, v. 24, p. 391-398, 2006.
- [4] ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Eds.) *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 299-352.
- [5] ANDERSON, T. A.; WALTON, B. T. Fate of 14C trichloroethylene in the root zone of plants from a former solvent disposal site. *Environ. Toxicol. Chem.*, v. 14, p. 2041-2047, 1995.
- [6] MORENO, F. N.; CORSEUIL, H. X. Fitorremediação de aquíferos contaminados por gasolina. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 6, p. 1-7, 2001.
- [7] CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. *Advances in Agronomy*, v. 56, p. 55-114, 1996.
- [8] PIRES, F. R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. *Planta Daninha*, v.21, p.335-341, 2003.
- [9] WAX, L.M.; KNUTH, L.A.; SLIFE, F.W. Response of soybeans to 2,4-D, dicamba and picloram. *Weed Science*, v.17, p.388-393, 1969.
- [10] BOVEY, R.W.; SCIFRES, S.J. Residual characteristics of picloram in grassland ecosystems. *Texas Agricultural Experiment Station*, v.B, p.1111, 1971.
- [11] CHANG, H.H. Extraction and colorimetric of picloram in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.17, p.1174-1177, 1969.
- [12] HANG, S.B.; FERREIRO, E.A.; BUSSETTI, S.G. Movilidad y adsorción-desorción de picloram, dicamba e imazaquin. *Investigación Agraria Producción y Protección Vegetales*, v.11, p.345-361, 1996.

Tabela 1. Fitotoxicidade em plantas de soja semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana* - capim-pé-de-galinha-gigante, sob diferentes níveis de umidade de solo contaminado previamente com o herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007

Doses de picloram (g ha ⁻¹)	Reposição diária da lâmina de água evaporada (%)			
	80	90	100	110
Fitotoxicidade (%) em plantas de soja aos 15 DAE*				
0	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,00 c
80	69,25 a	66,75 b	65,25 b	48,50 b
160	78,00 a	91,00 a	90,50 a	85,25 a
Fitotoxicidade (%) em plantas de soja aos 40 DAE				
0	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 c
80	77,25 a	72,50 b	69,25 a	37,25 b
160	84,50 a	96,75 a	89,50 a	89,00 a

Médias não seguidas de mesma letra na vertical, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *DAE = dias após a emergência.

Tabela 2. Altura de plantas de soja semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana* - capim-pé-de-galinha-gigante, sob diferentes níveis de umidade de solo contaminado previamente com o herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007

Doses de picloram (g ha ⁻¹)	Reposição diária da lâmina de água evaporada (%)			
	80	90	100	110
Altura de plantas de soja (cm) aos 15 DAE*				
0	15,13 a	15,38 a	17,85 a	16,18 a
80	8,00 b	9,08 b	10,00 b	11,70 b
160	7,18 b	6,18 b	4,18 c	7,80 b
Altura de plantas de soja (cm) aos 40 DAE				
0	41,68 a	44,53 a	41,93 a	47,25 a
80	13,13 b	18,10 b	19,83 b	33,98 a
160	10,05 b	4,65 b	7,45 b	9,55 b

Médias não seguidas de mesma letra na vertical, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *DAE = dias após a emergência.

Tabela 3. Massa seca da parte aérea de plantas de soja semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana* - capim-pé-de-galinha-gigante, sob diferentes níveis de umidade de solo contaminado previamente com o herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007

Doses de picloram (g ha ⁻¹)	Reposição diária da lâmina de água evaporada (%)			
	80	90	100	110
Massa seca da parte aérea de plantas de soja (g) aos 40 DAE*				
0	40,48 a	39,05 a	39,20 a	42,38 a
80	14,53 b	13,73 b	12,90 b	22,05 b
160	8,50 b	6,08 b	5,28 b	8,58 c

Médias não seguidas de mesma letra na vertical, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *DAE = dias após a emergência.

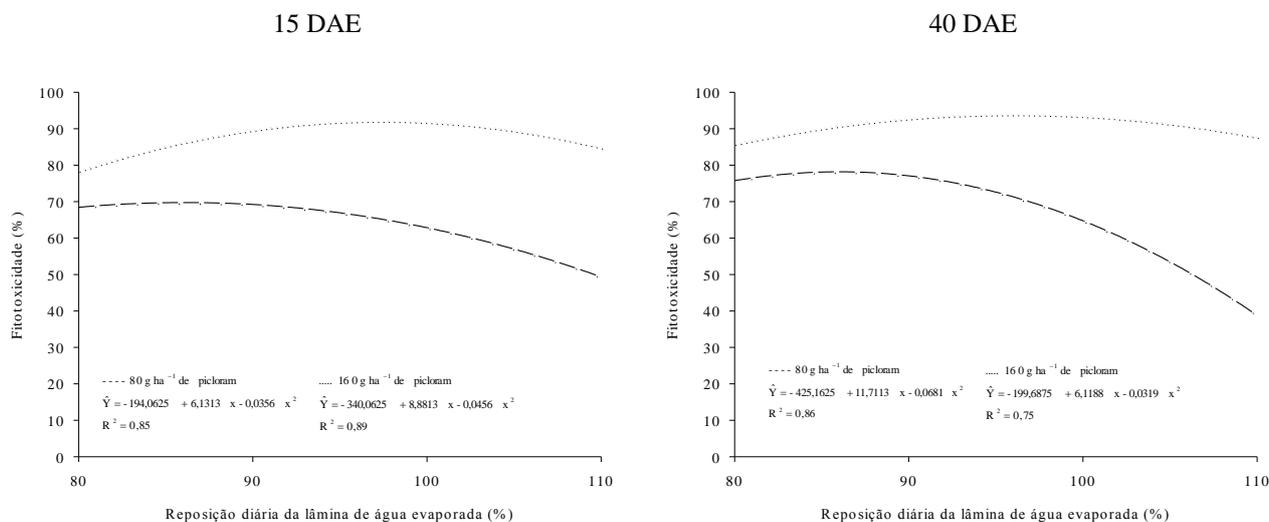


Figura 1. Fitotoxicidade em plantas de soja aos 15 e 40 dias após a emergência (DAE), semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana* - capim-pé-de-galinha-gigante, sob diferentes níveis de umidade de solo contaminado previamente com o herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007.

15 DAE

40 DAE

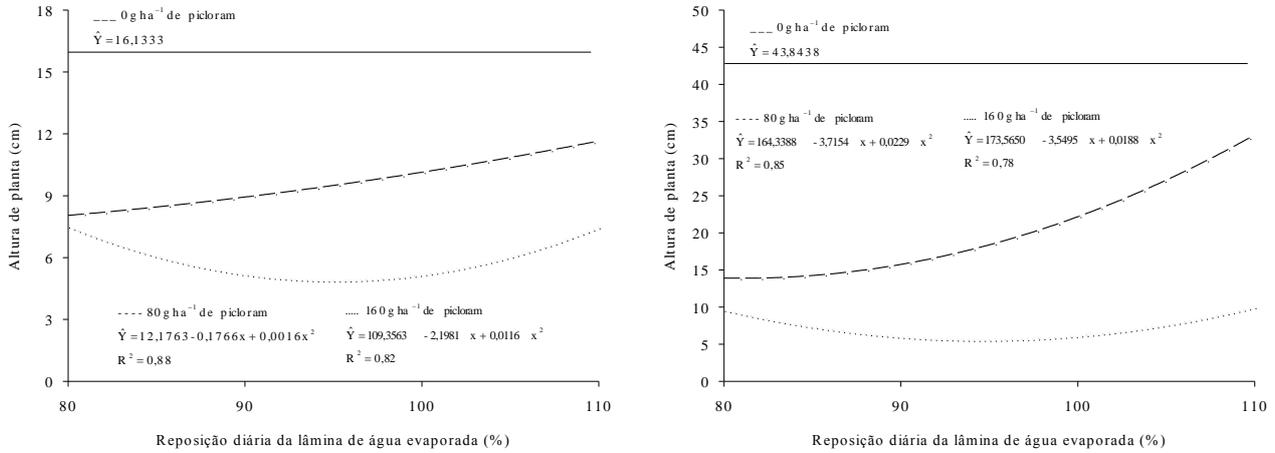


Figura 2. Altura de plantas de soja aos 15 e 40 dias após a emergência (DAE), semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana* - capim-pé-de-galinha-gigante, sob diferentes níveis de umidade de solo contaminado previamente com o herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007.

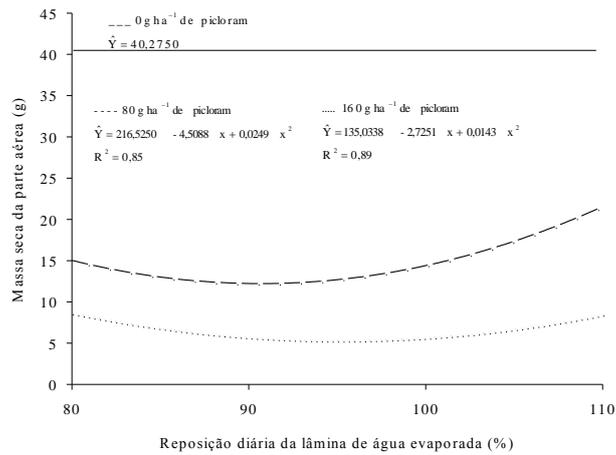


Figura 3. Massa seca da parte aérea de plantas de soja aos 40 dias após a emergência (DAE), semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana* - capim-pé-de-galinha-gigante, sob diferentes níveis de umidade de solo contaminado previamente com o herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007.