

Artigo Científico

Resumo

São contraditórios os resultados obtidos por pesquisadores quanto à eficiência do uso de adjuvantes, que tem com finalidade promover melhorias nas qualidades físicas da calda de pulverização, maximizando a eficiência e diminuindo os riscos de deriva. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi determinar a influência de adjuvante na deposição da calda de pulverização com glifosato, aplicada com três pontas de pulverização e em condições distintas de temperatura e umidade relativa do ar. Em dois horários aplicou-se uma solução de glifosato, com e sem a adição de adjuvante 'antideriva + cobre', com três tipos de pontas de pulverização. A condutividade elétrica da solução de lavagem dos alvos de pulverização foi a metodologia adotada para avaliar o nível de deposição. Os resultados mostraram que sem o uso do adjuvante a deposição teve a variação esperada em função do tamanho da gota produzida pelas pontas de pulverização e horário de aplicação. Já com o uso do adjuvante, de forma geral, os resultados preconizados não ocorreram, ou foram até contrários aos esperados.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação; horário de aplicação; deriva; herbicida.

Deposición de glifosato e utilización de adyuvante para diferentes boquillas de pulverización y horario de aplicación

Resumen

Son contradictorios los resultados obtenidos por diferentes investigadores sobre el uso eficiente de los adyuvantes, cuyo propósito es de promover la mejora de las cualidades físicas de la calda de pulverización, maximizando la eficiencia y reduciendo el riesgo de deriva. En este sentido, el objetivo de este estudio fue determinar la influencia de un adyuvante en la deposición de la calda de pulverización con glifosato, aplicado con tres boquillas de pulverización y en diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa. En dos diferentes horarios se aplicó una solución de glifosato, con y sin la adición de adyuvante "anti-deriva + cobre", con tres tipos de boquillas de pulverización. La conductividad eléctrica de la solución de lavado de los blancos de pulverización fue la metodología utilizada para evaluar el nivel de deposición. Los resultados mostraron que sin el uso de adyuvante la deposición tuvo la variación esperada en función del tamaño de la gota producida por las boquillas de pulverización y el horario de aplicación. Ya con el uso del adyuvante, en general, los resultados esperados no ocurrieran o se presentaran contrarios a los esperados.

Palabras clave: tecnología de aplicación; tiempo de aplicación; deriva; herbicida.

Introdução

A utilização do herbicida glifosato vem sendo fortemente estudada em diversas áreas agrônomicas: controle de plantas daninhas na cultura da soja (FOLONI, et al., 2005); erradicação de soqueiras de cana-de-açúcar (SILVA et al., 2006); manejo de pastagens (SANTOS et al., 2010); absorção de

nutrientes pelas plantas (SERRA et al., 2011); e sobretudo na tecnologia de aplicação (SPANOGHE et al., 2007; FIETSAM et al., 2004). Inclusive em culturas onde o seu uso não era comum, como a de produção de eucaliptos (FERREIRA et al., 2009). No entanto, a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários ainda é bastante negligenciada por muitos produtores. BAUER et al. (2009) encontraram

Recebido em: 03/03/2012.

Aceito em: 02/08/2012.

1 Depto. Agronomia - Universidade, Estadual de Londrina/UEL. E-mail: alexandre@hypropumps.com.br

2 Doutorando na área de Ciências Agrárias. Universidade Estadual de Londrina/UEL. E-mail: gmigliorini@uel.br

3 Depto. Agronomia - Universidade, Estadual de Londrina/UEL. E-mail: mgbalan2@uel.br

4 Depto. Agronomia - Universidade, Estadual de Londrina/UEL. E-mail: chtagro@gmail.com

5 Prof. Dr. Depto. Agronomia - Universidade, Estadual de Londrina/UEL. abisaab@uel.br

pontas de pulverização com vazão inadequada em mais de 50% dos pulverizadores vistoriados no Estado do Mato Grosso do Sul. A maior parte deriva é decorrente do emprego de gotas menores que 100 micra (CAMARA et al., 2008), gotas estas carregadas pelo vento para fora da área alvo, tornando um dos principais motivos de perdas de produtos fitossanitários e conseqüente contaminação ambiental (COSTA et al., 2007).

A técnica mais adequada para a aplicação de produtos fitossanitários consiste em produzir uma pulverização com gotas que sejam suficientemente grandes para não se perderem por evaporação e deriva, mas que sejam pequenas o bastante para produzir uma boa cobertura do alvo. O tempo de vida de uma gota, em sua trajetória entre a ponta de pulverização e o alvo biológico, dependendo do seu tamanho, é até três vezes maior quando a aplicação é feita a 20°C e umidade relativa (UR) de 80%, comparada com aplicações a 30°C e 50% de UR (MATTHEWS, 2000).

As pontas de pulverização são os principais componentes de um pulverizador, pois exercem papel ativo na qualidade da aplicação, ao serem responsáveis pela vazão, forma do jato emitido e tamanho de gotas (CUNHA et al., 2007; VIANA et al., 2007; FREITAS et al., 2005). Sua escolha, quanto ao tamanho de gotas produzido, deve ser baseada no tipo de produto a ser aplicado, características do alvo e condições climáticas. Também a homogeneidade da distribuição das gotas, oriundas das pontas de pulverização, e sua distribuição no alvo são igualmente importantes (ABI SAAB et al., 2009). Além disso, uma vez escolhido o modelo da ponta, deve-se também selecionar a vazão da mesma, e sua escolha é baseada em uma relação entre taxa de aplicação (em L ha⁻¹) e velocidade de deslocamento do pulverizador. Conforme esses componentes mudam, mesmo que seleção de uma ponta adequada seja feita, o tamanho de gotas produzido é influenciado por outros fatores. Somando-se às condições climáticas inadequadas, a pressão de trabalho excessiva e taxas de aplicação reduzidas contribuem para a formação de gotas pequenas e, conseqüente, deriva.

Como forma de amenizar o problema da deriva, o uso de adjuvantes ditos "antideriva" é cada dia mais popular. Os adjuvantes, sem efeito algum no combate ao agente biológico a ser controlado, podem constituir-se como um componente do produto formulado como também pode ser adicionados à calda de pulverização. Estes podem conferir características

desejáveis à aplicação, pois influenciam no tamanho de gotas gerado, dependendo, sobretudo, da ponta de pulverização e da pressão de trabalho utilizada (IOST e RAETANO, 2010; SPANOGHE et al., 2007). Entre os diversos tipos de adjuvantes existentes, pode-se mencionar: antideriva, surfactantes ou espalhantes, antiespumantes, corretores de pH, emulsionantes, entre outros. Entretanto, na literatura de maneira geral, a eficiência e viabilidade dos adjuvantes antideriva são bastante controversas. Em trabalho conduzido por OLIVEIRA et al. (2008), não houve diferença significativa no tamanho de gotas e potencial de deriva na comparação entre as mesmas pontas com e sem adição de adjuvantes. Por outro lado, CUNHA et al. (2003), encontraram grande aumento no diâmetro de gotas produzidas com o uso de óleo vegetal como adjuvante na calda, e conseqüente diminuição das gotas pequenas mais propensas a deriva.

FIETSAM et al. (2004) demonstraram diferenças significativas na deposição e potencial de deriva com o uso de adjuvantes, porém com ainda mais diferença entre os tipos de pontas usadas. É importante mencionar que tais trabalhos tomam adjuvantes de forma genérica, havendo sempre diferenças de metodologia, entre cultivos, tipos de adjuvantes, tipos de pontas, entre outros.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de um adjuvante denominado comercialmente de "Antideriva + cobre", na deposição da calda de pulverização com o herbicida glifosato, utilizando três tipos de pontas de pulverização que produzem diferentes tamanhos de gotas, em condições distintas de temperatura e umidade relativa do ar.

Material e métodos

O experimento foi realizado em laboratório, no campus da Universidade Estadual de Londrina. A pulverização foi feita com equipamento costal pressurizado com CO₂ e equipado com válvulas reguladoras de pressão, mantida constante a 200 kPa. Foram utilizados três modelos de pontas, cujo tamanho das gotas produzido e respectivas vazões estão representadas na Tabela 1.

Para as aplicações preparou-se uma calda composta de 1,88 L de água, 0,02 L de glifosato (equivalente ácido = 360 g L⁻¹ e inertes = 676 g L⁻¹) e 40 g de KCl. Em metade da calda acrescentou-se 2 mL do adjuvante denominado 'antideriva + cobre'. A calda foi agitada a todo para homogeneizar a solução.

Tabela 1. Modelos, tipos de ponta, classificação do tamanho das gotas produzidas (de acordo com o fabricante) e respectivas vazões na pressão de 200 kPa.

Modelo	Tipo de ponta	Classificação de tamanho das gotas	Vazão (L min ⁻¹)
SF11002	Jato plano leque comum	Finas	0,653
LD11002	Jato plano leque com pré-orifício	Médias	0,653
AVI 11002	Jato plano leque com indução de ar	Grossas	0,653

* Dados de acordo com o fabricante das pontas de pulverização.

Essas proporções equivalem às utilizadas em uma aplicação usual de glifosato. Este processo apresenta grande versatilidade e precisão para a quantificação da calda depositada, que é determinada em função da condutividade elétrica da solução de lavagem de alvos (BALAN et al., 2008).

As aplicações foram realizadas sobre bandejas contendo 32 copos descartáveis de PVC vazios (8x4), com capacidade de 180 mL cada, dispostas 0,5 m abaixo da ponta de pulverização. Uma guia de arame foi montada para garantir que as aplicações se realizassem sempre na mesma distância e posição do alvo.

As aplicações foram feitas totalizando quatro passadas sobre cada bandeja, sempre pela mesma pessoa de maneira que a velocidade de deslocamento, de aproximadamente 4 km h⁻¹, foi a mais uniforme possível e, por conseqüência, o volume aplicado também. Cortinas de plástico foram dispostas lateralmente de maneira a evitar possíveis interferências do vento. As aplicações ocorreram em dois horários, de maior e menor temperatura e menor e maior umidade relativa do ar, aproximadamente às 08:00 e 17:00 horas, respectivamente.

Tabela 2. Temperatura e umidade relativa do ar nos horários de aplicação dos tratamentos.

Horário	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
Manhã	18,0 °C	79%
Tarde	34,2 °C	29%

Para cada ponta coletou-se 256 amostras em cada horário de aplicação, sendo 128 amostras sem e 128 com adjuvante, totalizando 768 amostras por horário de aplicação e 1536 amostras no experimento. Após a aplicação adicionou-se 30 mL de água destilada e deionizada em cada copo de PVC. A variação da deposição foi estimada pela medida da condutividade elétrica da solução, através do uso de um condutivímetro digital portátil.

O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado, com fatorial 2x3x2

(adjuvante x pontas de pulverização x horários de aplicação). As análises estatísticas foram realizadas através da análise de variância complementada com o teste de Tukey, para comparação de médias.

Resultados e discussão

A análise dos resultados de deposição, estimados pela variação condutividade elétrica da solução de lavagem dos alvos pulverizados com a solução aquosa de glifosato, KCl e o adjuvante 'Antideriva+cobre', mostrou que houve interação entre os três fatores estudados (uso de adjuvante, pontas de pulverização e horário de aplicação). Como também houve as respectivas interações duplas dos fatores, decidiu-se em função de uma maior compreensão dos resultados, apresentá-los separadamente, com e sem o uso do adjuvante.

A condutividade elétrica da solução de lavagem da calda aplicada sem adição do adjuvante, entre os diferentes horários de aplicação e pontas de pulverização, pode ser observada na Tabela 3.

As gotas finas e médias tiveram deposições significativamente menores no horário da tarde, em relação ao horário da manhã, e para as gotas

Tabela 3. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-2}$) da solução de lavagem dos alvos pulverizados com a solução aquosa de glifosato, KCl e sem o uso do adjuvante 'antideriva+cobre'.

Ponta	Tamanho da gota	Horário de aplicação	
		Manhã	Tarde
SF11002	Fina	46,59 Ca	38,05 Bb
LD11002	Média	57,99 ABa	48,78 Ab
AVI 11002	Grossa	50,90 BCa	48,58 Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

grossas não se observou diferença significativa. Essas diferenças de comportamento entre tamanhos de gotas e horários de aplicação – devido às variações de temperatura e umidade relativa do ar – são previsíveis e esperadas (MATHEWS, 2000).

Já entre as diferentes pontas de pulverização (Tabela 3), em cada um dos horários de aplicação, pode-se entender que os resultados foram também próximos aos esperados. Para o horário da manhã observou-se que só houve diferença significativa de deposição entre as pontas que produziram gotas médias e finas, quando esta diferença seria mais esperada entre as pontas que produzem gotas finas e grossas.

Diferenças entre os espectros de gotas produzidos pelas diferentes pontas de pulverização, e o reflexo desta diferença ao atingir o alvo, são possibilidade para a interpretação deste resultado, conforme ABI SAAB et al. (2009). No horário da tarde, com temperatura maior e umidade relativa do ar menor, só foi observada diferença significativa entre a ponta que produziu gotas finas e as pontas que produziram gotas médias e grossas. Neste caso, considerando a deposição em alvos artificiais, a ponta com indução de ar não se diferenciou significativamente da ponta com pré-orifício (gotas grandes e médias, respectivamente).

Quando do uso da calda adicionada do adjuvante 'antideriva+cobre', em que se esperava a diminuição da diferença de deposição entre pontas que produzem diferentes tamanhos de gotas e em distintos horários de aplicação, o que se observou foi um comportamento controverso (Tabela 4).

Tabela 4. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-2}$) da solução de lavagem dos alvos pulverizados com a solução aquosa de glifosato, KCl e com o uso do adjuvante 'antideriva+cobre'.

Ponta	Classificação de tamanho da gota	Horário de aplicação	
		Manhã	Tarde
SF11002	Fina	39,22 Cb	44,84 Ba
LD11002	Média	51,64 Ba	51,74 Aa
AVI 11002	Grossa	65,18 Aa	49,96 Bb

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

As gotas finas depositaram mais no período da tarde, em comparação ao horário da manhã, quando se esperava valores sem diferença significativa ou diminuição da diferença de deposição entre os diferentes horários. Entre as gotas médias não se observou diferença significativa na deposição para os dois horários de aplicação, podendo considerar-se o resultado como esperado. Para as gotas grandes observou-se que o uso do adjuvante diminuiu significativamente a deposição no horário da tarde, em comparação ao horário da manhã.

Ainda com o uso do adjuvante 'antideriva+cobre' (Tabela 4), para o horário da manhã a deposição foi significativamente diferente para as três pontas, sendo tanto maior quanto maior a gota produzida. Ou seja, não se observou nenhuma ação do adjuvante, no sentido de diminuir a ocorrência de deriva.

No período da tarde a deposição foi significativamente maior quando a ponta utilizada gerou gotas médias, não havendo diferença significativa para a deposição oriunda das pontas que produziram gotas finas e grossas. Poder-se-ia esperar a diminuição da diferença de deposição, ou até a igualdade, com a adição do adjuvante entre as gotas finas e médias em comparação com as gotas grossas, pois quanto menor o tamanho de gota maior é a predisposição a evaporação e, da mesma forma, maior o deslocamento para fora do alvo devido à ação do vento.

A alteração nas características físicas da calda, e sua consequência no espectro de gotas geradas pelos diferentes pontas, notadamente no tipo indução de ar, assim como a sua distribuição, é sugestão para objeto de estudos futuros. Outra consideração importante é o fato de que os produtos comerciais formulados, como o glifosato aqui estudado já contenham adjuvantes, o que dificulta à compreensão dos efeitos de outros adjuvantes adicionados a calda de pulverização.

A figura 1, contendo todos os resultados das pontas nos diferentes horários e com, e sem, o uso do adjuvante 'antideriva+cobre', permite visualizar em conjunto os efeitos dos tratamentos na deposição.

De forma geral, os resultados de deposição foram maiores no horário da manhã em comparação ao horário da tarde, quando as condições de temperatura e umidade relativa do ar são menos favoráveis às aplicações em pulverização. Também se observa que as gotas finas proporcionam menores deposições em comparação às gotas médias e grossas. Pode-se considerar esse comportamento como esperado.

O uso do adjuvante proporcionou melhor deposição para as gotas grossas no horário da manhã e para as gotas finas no horário da tarde, todavia, no horário da manhã, as gotas finas e médias têm a deposição diminuída com o uso do adjuvante, e no horário da tarde não se observaram diferenças de deposição para as gotas médias e grossas. OLIVEIRA et. al. (2008) não encontraram diferença no tamanho de gotas com utilização de adjuvantes. Entretanto,

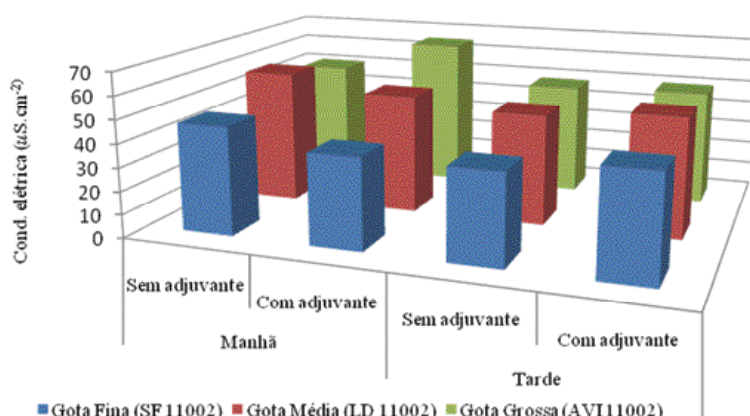


Figura 1. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-2}$) da solução de lavagem dos alvos pulverizados com a solução aquosa de glifosato, KCl e adjuvante 'antideriva+cobre', com diferentes pontas e horários de aplicação.

CUNHA et al. (2004) obtiveram melhora significativa de cobertura com o uso de adjuvante, com a ressalva que seu desempenho sofreu grande alteração com o tipo de ponta utilizada. FIETSAM et. al. (2004) tiveram conclusão semelhante, afirmando ainda que, mesmo que os adjuvantes chamados de antideriva não melhorem o controle de deriva, eles podem promover outros benefícios, tais como: melhor retenção das gotas na superfície foliar, redução de respingamento por impacto das gotas no alvo e melhora na absorção do herbicida em algumas espécies de plantas daninhas.

Conclusões

Baseado nas quantidades de depósitos encontrados, considera-se que o uso do adjuvante 'antideriva+cobre' adicionado à calda de glifosato, pouco influenciou no aumento da deposição para diferentes pontas de pulverização e horários de aplicação de maneira que possa se justificar seu uso. Sua utilização deve ser cuidadosamente considerada, uma vez que se adiciona custo e complexidade ao manejo da calda, sem terem sido observados benefícios claramente evidentes.

Referências

- ABI SAAB, O.J.G., HIGASHIBARA, L.R., RALISCH, R., FONSECA, I.C.B. Condições operacionais adequadas garantem distribuição uniforme das gotas aplicadas com pulverizador de barras? In: *Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. Associação Brasileira de Engenharia Agrícola: Juazeiro-BA/Petrolina-PE, 2009. 1 CD-Rom.
- BALAN, M.G.; ABI SAAB, O.J.G.; GONZAGA, C.G.; RIO, A. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. *Semina: Ciências Agrárias*, v.29, n.2, p.293-298, 2008.
- BAUER, F.C.; PEREIRA, F.A.R.; SCHEEREN, B.R.; BRAGA, L.W. Diagnóstico das condições, tempo de uso e manutenção de Pulverizadores no estado de Mato Grosso do Sul. *Engenharia Agrícola*, v.29, n.3, p.501-507. 2009.
- CAMARA, F.T, SANTOS, J.L., SILVA, E.A. e FERREIRA, M.C. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.4, p.740-749. 2008.
- COSTA, A.G.F., VELINI, E.D., NEGRISOLI, E. CARBONARI, C.A, ROSSI, C.V.S., CORRÊA, M. R. e SILVA, F.M.L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. *Planta Daninha*, v.25, n.1, p.203-210, 2007.

Nascimento et al. (2012)

- CUNHA, J.P.AR.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.325-332, 2003.
- CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.esp., p.10-15, 2007.
- FERREIRA, M.C.; OLIVEIRA, J.R.G.; DAL PIETRO, I.R.P.S. Distribuição da calda herbicida por pontas de pulverização agrícola utilizadas em áreas de reflorestamento com eucalipto. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p.267-276. 2009.
- FIETSAM, J. F. W.; YOUNG, B. G.; STEFFEN, R.W. Differential response of herbicide drift reduction nozzles to drift control agents with glyphosate. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 47, n. 5, p. 1405-1411, 2004.
- FOLONI, L.L.; RODRIGUES, D.; FERREIRA, F.; MIRANDA, R.; ONO, E.O. Aplicação de glifosato em pós-emergência, em soja transgênica cultivada no cerrado. **Revista Brasileira de Herbicidas**, n.3, p. 47-58, 2005.
- FREITAS, F.C.L.; TEIXEIRA, M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MACHADO, A.F.L.; VIANA, R.G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.161-167, 2005.
- IOST, C.A.R.; RAETANO, C.G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfactantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.4, p.670-680, 2010.
- MATTHEWS, G.A. **Pesticide Application Methods**. 3.ed. London: Willey-Blackwell, 2000. 448p.
- OLIVEIRA, J.R.G; FERREIRA, M.C.; ROMÁN, R.A.A. Efeitos de diferentes equipamentos, volumes de calda e uso de adjuvante no espectro de gotas e na cobertura da cultura da soja. In: **Anais do IV Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação**. Ribeirão Preto: IV SINTAG, 2008. CD-Rom.
- SANTOS, M.V.; FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, F.A.; CARVALHO, A.J.; BRAZ, T.G.S.; CAVALI, J.; RODRIGUES, O.L. Tolerância do Tifton 85 ao glifosato em diferentes épocas de aplicação. **Planta Daninha**, v.28, n.1, p.131-137, 2010.
- SILVA, M.A.; CARLIN, S.D.; CAPUTO, M.M. Tipos de colheita e épocas de aplicação de glifosato na erradicação de soqueiras de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.43-49,2006.
- SPANOGHE, P.; SCHAMPHELEIRE, M.; MEEREN, P.V.; STEUBAUT, W.; Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra. **Pest Management Science**, v.63, p.4-16, 2007.
- VIANA, R.G.; FERREIRA, L.R.; TEIXEIRA, M.M.; CECON, P.R.; FREITAS, F.C.L.; QUIRINO, A.L.S.; SANTOS, M.V. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-11. **Planta Daninha**, v.25, n.1, p.211-218, 2007.