

**EFEITOS FITOTÓXICOS SOBRE A CULTURA DO ALFACE OCASIONADOS  
PELA DERIVA SIMULADA DE HERBICIDAS UTILIZADOS NO MILHO**  
*PHYTOTOXIC EFFECTS ON LETTUCE CULTURE OCCURRED BY THE SIMULATED  
DERIVATIVES OF HERBICIDES USED IN CORN*

GASPAR, Nicole. De<sup>1</sup>; MASO, Leiticia<sup>1</sup>; RIBEIRO, Nagila. Moraes<sup>1</sup>; Da Silva, Paulo,  
Vinicius<sup>2</sup>; SANTOS, Paulo, Henrique<sup>1</sup>, Viera; MONQUERO, Patrícia, Andrea, Monquero<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Ciências Agrárias/UFSCar, Araras-SP; <sup>2</sup>Centro Universitário Octavio Bastos, São  
João da Boa Vista-SP

**[paulo.vinicius@unifeob.edu.br](mailto:paulo.vinicius@unifeob.edu.br)**

**RESUMO.** A deriva de herbicidas através de pulverizações pode resultar no transporte desses produtos da cultura, onde inicialmente foi posicionado, até áreas não alvo, resultando em danos na produtividade e morfologia de culturas sensíveis. Sendo assim o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos causados pela deriva simulada de herbicidas utilizados na cultura do milho sobre a alface brunela (*Lactuca sativa* var. brunela) e sobre a alface crespa (*Lactuca sativa* var. Crispa). O experimento foi realizado em casa de vegetação com delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 10x4, sendo dez herbicidas recomendados para a cultura do milho (bentazon, ametrina, amicarbazone, 2,4D, atrazine, mesotrione, atrazine + cimazine, trifluralina, isoxaflutole e chlorimuron) e quatro doses 0D, 0,25D, 0,5D, 1D; sendo D a dose comercial. Aos 7, 10 e 15 dias após a aplicação (DAT) dos herbicidas, foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade. Aos 15 DAT foi efetuada a massa seca da parte aérea. Para a variedade brunela o herbicida bentazon também não ocasionou efeitos deletérios no desenvolvimento das plantas de alface no que tange a fitotoxicidade. Na variedade de alface crespa a exposição das plantas de alface aos herbicidas 2,4 D, mesotrione e isoxaflutole resultaram em efeitos fitotóxicos severos. Para a variedade brunela, para todos os herbicidas a dose de 0,25 D resultou em danos pouco expressivos e os herbicidas 2,4 D e mesotrione, foram os que resultaram em efeitos mais severos. Na variedade crespa os danos fitotóxicos foram mais severos que na variedade brunela.

**Palavras-chave:** Carbono orgânico, Dessorção, Herbicida residual.

**ABSTRACT:** Herbicide drift through sprays can result in the transport of these crop products, where it was initially positioned, to non-target areas, resulting in damage to the productivity and morphology of sensitive crops. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effects caused by the simulated drift of herbicides used in corn cultivation on lettuce brunella (*Lactuca sativa* var. Brunela) and on crisp lettuce (*Lactuca sativa* var.). The experiment was carried out in a greenhouse with a completely randomized design with four replicates, in a 10x4 factorial scheme, with ten herbicides recommended for maize cultivation (bentazon, ametrina, amicarbazone, 2,4D, atrazine, mesotrione, atrazine + cimazine, trifluralina, isoxaflutole e chlorimuron) and four doses 0D, 0,25D, 0,5D, 1D; where D is the commercial dose. At 7, 10 and 15 days after herbicide application (DAT), visual evaluations of phytotoxicity were performed. At 15 DAT the aerial part dry mass was carried out. For the Brunella variety, the herbicide bentazon also did not cause deleterious effects on the development of lettuce plants in terms of phytotoxicity. In the variety of crisp lettuce the exposure of lettuce plants to the herbicides 2,4 D, mesotrione and isoxaflutole resulted in severe phytotoxic effects. For the brunella variety, for all herbicides, the dose of 0.25 D resulted in little expressive damages and the herbicides 2,4 D and mesotrione were the ones that resulted in more severe effects. In the crisp lettuce variety the phytotoxic damages were more severe than in the brunella variety.

**Key words:** Organic carbon, Desorption, Residual herbicide.

## INTRODUÇÃO

A deriva de herbicidas através de pulverizações pode ser definida como o movimento da molécula a partir da área-alvo para áreas onde a aplicação não foi destinada, essa deriva ocorre através do movimento de gotas de pulverização ou de vapores, podendo causar injúrias ou resíduos proibidos em plantas vizinhas suscetíveis. A deriva também pode ser abordada pelos efeitos que as moléculas herbicidas poderão causar na produtividade e morfologia das culturas sensíveis (LUCHINI, 2004).

Dessa forma tem se tornado recorrente relatos de aplicações de herbicidas em cultura seletivas ocasionando danos fitotóxicos a culturas sensíveis em áreas adjacentes, como por exemplo a aplicação de herbicidas na cultura do milho culminando em danos fitotóxicos na cultura da alface. Dessa forma a deriva pode prejudicar o desenvolvimento das plantas e reduzir a produtividade.

Entre os fatores que interferem na ocorrência da deriva podem ser mencionados: características do herbicida, tipo de equipamento, calibração, tipo de pontas de pulverização, técnicas de aplicação, condições meteorológicas e habilidade do operador (COSTA et al., 2007; CUNHA et al., 2003; OZKAN, 2000; PENCKOWSKI et al., 2003; VIANA et al., 2007). É comum observar a ocorrência de derivas quando a aplicação de produtos fitossanitários é realizada sob condições de vento ou em outras condições de ambiente que favoreçam a sua volatilização.

O dano causado pela deriva de herbicidas é reconhecido como um problema em muitas áreas (HEMPHILL, JR.; MONTGOMERY, 1981) e a sua detecção tem grande importância, pois, enquanto as perdas ocasionadas por esse fator não forem facilmente identificadas, produtores de plantas sensíveis em áreas adjacentes podem ter substanciais reduções na produção sem identificar a verdadeira causa (SCHROEDER et al., 1983). O grau de injúria e os sintomas observados são afetados por fatores como a espécie, o estágio de desenvolvimento da planta, o clima, o mecanismo de ação e a dose do herbicida (AL-KHATIB et al., 2003).

Dentre as hortaliças, a alface (*Lactuca sativa*) se destaca como uma das mais produzidas e comercializadas no Brasil, apresentando-se como uma das mais populares na mesa do brasileiro. Essa cultura pode ser explorada em diferentes sistemas de cultivo, como convencional, orgânico e hidropônico, sendo sua comercialização realizada desde feiras livres até os grandes centros comerciais, o que lhe assegura uma expressiva importância social e econômica (KROHN et al., 2003; PÔRTO, 2006; PÔRTO et al., 2008).

É recorrente a produção de alface em regiões próximas de outras culturas, como o milho, e essa proximidade pode ser prejudicial se o herbicida aplicado no milho para controle de plantas daninhas for transportado do seu alvo e atingir as hortaliças, as quais normalmente são bastante sensíveis a herbicidas. Dessa forma a cultivo de alface em áreas adjacentes a plantações de outras culturas pode resultar em deriva e consequentemente em perdas de produtividade.

Essa vulnerabilidade da cultura da alface cultivada em áreas próximas a outras culturas de interesse agrônomo foi constatada por Moro et al. (2012), que estudando os efeitos da deriva simulada de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar (2,4 - D, metsulfuron - methyl, carfentrazone - ethyl, sulfentrazone, hexazinone, tebuthiuron, mesotrione, amicarbazone, clomazone, glyphosate, imazapic, isoxaflutole, diuron + hexazinone e trinexapac - ethyl) em alface, constaram que dentre esses herbicidas o amicarbazone proporcionou maior fototoxicidade das plantas de alface, já o trinexapac - ethyl

resulta em efeito de hormesis nas plantas analisadas.

Entretanto Paulo et al. (1990), ressaltam que a dose e o cultivar influenciam na tolerância das plantas de alface aos herbicidas, e conseqüentemente nos efeitos fitotóxicos ocasionados por essas moléculas. Dessa forma, o nível de severidade dos herbicidas sobre as plantas de alface em virtude da deriva, será em função da época de aplicação e/ou estágio fenológico das plantas de alface.

Logo, o estudo de derivas simuladas e seus efeitos sobre culturas sensíveis como por exemplo a da alface, torna-se de extrema importância principalmente ao pequeno produtor. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos causados pela deriva simulada de herbicidas utilizados na cultura do milho sobre a alface brunela (*Lactuca sativa* var. brunela) e sobre a alface crespa (*Lactuca sativa* var. Crispa).

## METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos em Araras, SP. O delineamento experimental foi casualizado com 4 repetições, seguindo o esquema fatorial 10x4, sendo dez herbicidas recomendados para a cultura do milho bentazon (720 g i.a ha<sup>-1</sup>, ametrina ( 2,0 kg i.a. ha<sup>-1</sup>), amicarbazone (1500 g i.a. ha<sup>-1</sup>), 2,4 D (900 g i.a ha<sup>-1</sup>), atrazine (4 kg i.a. ha<sup>-1</sup>), mesotrione (192 g i.a. ha<sup>-1</sup>), atrazine + simazine (1,75 + 1.75 kg i.a. ha<sup>-1</sup>), trifluralina (1000 g i.a. ha<sup>-1</sup>), isoxaflutole ( 0,06 kg i.a. ha<sup>-1</sup>) e chlorimuron (20 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e quatro doses (0D, 0,25D, 0,5D, 1D; sendo D a dose comercial). Esse fatorial foi adotado de forma isolada para cada uma das variedades de alface brunela e crespa.

Bandejas de poliestireno expandido contendo 200 células foram preenchidas com substrato plantmax-HT, cujas características podem ser notadas na Tabela 1.

**Tabela 1-** Características do substrato comercial utilizado no experimento.

Umidade (% p/p)	CRA*	Densidade Base Seca Kg/m <sup>3</sup>	Densidade Base Úmida Kg/m <sup>3</sup>	pH		CE (mS/cm)**	
				Proporção água/substrato		Proporção água/substrato	
				1.5:1	5:1	1.5:1	5:1
60	130	200	500	5,8-0,3	5,8-0,3	2,0-0,3	0,5-0,3

\*Capacidade de retenção de Água; \*\*Condutividade Elétrica

Na sequência, as sementes de alface das variedades brunela (*Lactuca sativa* var. brunela) e crespa (*Lactuca sativa* var. crispa) foram produzidas de forma individual e alocadas em estufa com a irrigação suficiente para promover o desenvolvimento satisfatório das plantas. Transcorridos o período de vinte e oito dias após a semeadura, quando as mudas apresentaram quatro folhas definitivas, elas foram transplantadas para vasos com a capacidade de 0,2L contendo mistura de substrato com solo, o solo utilizado na referida mistura foi submetido a análise físico química no laboratório de química e fertilidade dos solos e os dados obtidos podem ser observados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Características químicas e físicas da amostra de solo utilizada no experimento.

Latossolo Vermelho												
P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	Argila	Areia	Silte
mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	CaCl <sub>2</sub>				mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			%		g kg <sup>-1</sup>	
26	25	5,1	4,2	32	15	21	51,4	72,4	71	560	240	200

Fonte: Laboratório de Química e Fertilidade dos Solos da UFSCar

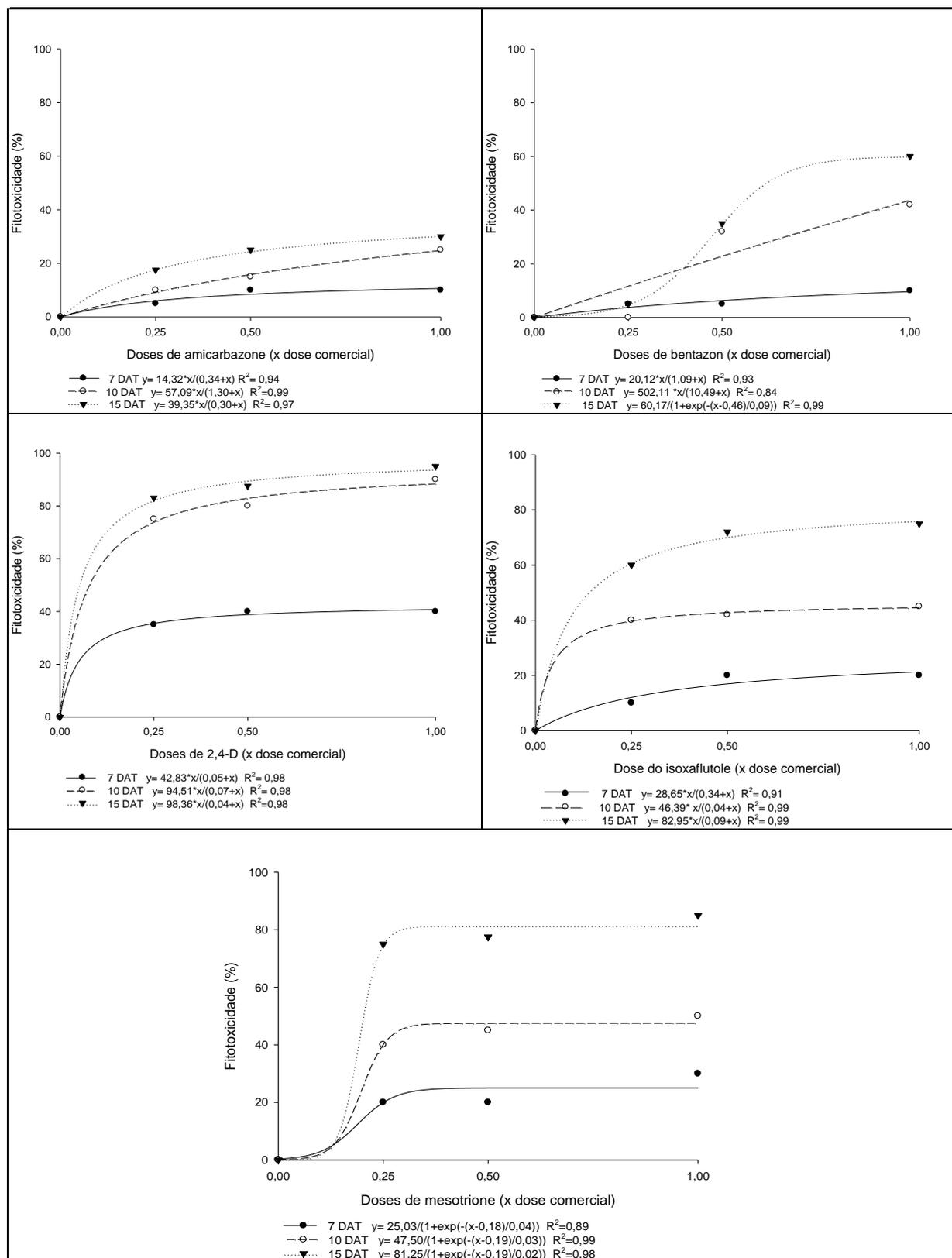
Após o transplante das mudas transcorridos o período de 10 dias necessário para a adaptação das plantas no novo ambiente, foi realizada a aplicação dos herbicidas, a qual foi realizada quando as plantas de alface apresentaram 6 pares de folha. Foi utilizado pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub>, com pressão de 30lb/pol<sup>2</sup>, equipado com barra contendo 4 bicos leque XR11003, espaçados entre si de 0,5m, com consumo 200L/ha de calda. Por ocasião da aplicação as condições meteorológicas foram observadas, estando dentro dos padrões desejáveis de aplicação de defensivos.

Aos 7, 10 e 15 dias após a aplicação dos herbicidas (DAT) foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade baseadas nos critérios da ALAM (1974), a qual utiliza uma escala percentual de notas, em que 0 (Zero) corresponde à ausência de injúria e 100% a um severo nível de fitotoxicidade. Aos 15 DAT foi efetuada a massa seca da parte aérea do alface, para tal as plantas de alface foram cortadas rente aos solo acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e alocados em estufa de circulação forçada (60°C +/- 2°C) até peso constante, após essa etapa o material colhido foi pesado.

Os dados de massa seca e de fitotoxicidade dos herbicidas foram submetidos à análise de variância pelo teste F, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico computacional ASSISTAT. Quando significativos, os níveis do fator herbicida (doses), foram analisados com o emprego de regressões não lineares. A análise dos dados foi feita de forma isolada para cada variedade de alface.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à variedade crespa (*Lactuca sativa* var. Crispa), notou-se diferença estatística nas avaliações visuais de fitotoxicidade dos herbicidas amicarbazone, bentazon, 2,4-D, isoxaflutole e mesotrione, na interação entre as doses dos herbicidas e os períodos de avaliação. O herbicida ametrina não provocou fitotoxicidade para a variedade crespa. Já os herbicidas trifluralina, e chlorimuron não apresentaram diferença significativa na interação entre as doses dos herbicidas e os períodos de avaliação, dessa forma não foram elaboradas curvas de dose-resposta (Figura 1).



**Figura 1** – Fitotoxicidade dos herbicidas amicarbazone, bentazon, 2,4-D, isoxaflutole e mesotrione em plantas de alface crespa, aplicados em diferentes doses aos 7, 10 e 15 DAT.

A exposição das plantas de alface ao herbicida bentazon resultou em níveis de fitotoxicidade inferiores a 20% aos 7 DAT, aos 10 DAT os danos tornaram-se mais severos sendo que nas doses de 0,50 D e 1,00D os níveis de fitotoxicidade foram superiores a 30% e superior a 40% respectivamente. Aos 15 DAT os danos inerentes à deriva simulada do herbicida na cultura do alface foram muito semelhantes aos observados aos 10 DAT com exceção da dose comercial na qual a porcentagem de fitotoxicidade foi próxima 60%.

Em relação aos efeitos fitotóxicos do herbicida amicarbazone sobre a cultura alface observou-se aos 7 DAT que em todas as doses os níveis fitotóxicos foram inferiores a 20%. Aos 10 DAT notou-se que a exposição das plantas de alface a dose comercial do herbicida proporcionou efeitos fitotóxicos superiores a 20%. Aos 15 DAT apenas a dose equivalente de 0,25D proporcionou efeitos fitotóxicos inferiores a 20%. Dessa forma os efeitos da deriva do herbicida amicarbazone sobre a variedade de alface crespa podem ser considerados pouco severos, pois mesmo na dose comercial, os danos foram pouco expressivos com porcentagens próximas a 20% aos 15 DAT.

Em relação à deriva simulada do herbicida 2,4 D sobre o alface, aos 7 DAT observou-se que independentemente da dose aplicada sobre a cultura os danos fitotóxicos foram considerados moderados com porcentagens superiores a 30%. Aos 10 DAT os danos a cultura do alface evoluíram de maneira significativa e os níveis de danos foram superiores a 60%, em todas as doses aplicadas (0,25 D; 0,50 D e 1,00 D). Aos 15 DAT todas as doses do herbicida 2,4 D culminou em danos severos as plantas de alface com índices superiores a 80%.

A exposição das plantas de alface crespa ao herbicida isoxaflutole aos 7 DAT resultou em efeitos fitotóxicos pouco expressivos com porcentagens inferiores a 20%, em todas as doses aplicadas. No entanto os sintomas de fitotoxicidade evoluíram rapidamente e aos 10 DAT em todas as doses as porcentagens de controle foram superiores a 30%. Na última avaliação aos 14 DAT os efeitos fitotóxicos nas plantas de alface crespa foram considerados severos, pois em todas as doses as porcentagens de controle foram superiores a 60%, e na dose comercial observou-se um nível de fitotoxicidade próximo a 80%. Esses resultados denotam o risco de exposição da planta de alface ao herbicida isoxaflutole, pois aos 14 DAT a exposição dessa cultura a dose de herbicida equivalente a 0,25 D culminou em um nível de fitotoxicidade de 60%.

Ao que concerne a exposição das plantas de alface crespa ao herbicida mesotrione notou-se ao 7 DAT uma porcentagem de fitotoxicidade em torno de 20 % para as doses de 0,25 D e 0,50 D já para aplicação da dose comercial os níveis de fitotoxicidade foram superiores a 25%. Aos 7 DAT esses sintomas evoluíram de forma expressiva e foram superiores a 40% em todas as doses aplicadas. Na última avaliação aos 14 DAT notou-se para as doses de 0,25D e 0,50 D porcentagens de fitotoxicidade superiores a 75% e na dose de 1,00 D um nível de dano superior a 80%.

Na tabela 1 pode-se observar os dados relativos a massa seca da parte aérea das plantas de alface crespa. Através da análise desses dados observa-se que embora o herbicida ametrina não tenha apresentado diferença significativa em relação a avaliação visual de fitotoxicidade notou-se uma expressiva redução de biomassa, superior a 35% em todas as doses aplicadas, demonstrando que embora não tenha sido visual os efeitos do herbicida ametrina no desenvolvimento das plantas de alface a exposição dessa cultura a ametrina resultou em uma redução de massa seca, isso demonstra que a deriva pode resultar em redução de produtividade mesmo sem expressar sintomas fitotóxicos nas plantas. Corroborando com os dados de fitotoxicidade os herbicidas trifluralina e chlorimuron não apresentaram diferença significativa no parâmetro massa seca, demonstrando que a deriva

desses produtos sobre a cultura do alface não resulta em efeitos deletérios no desenvolvimento dessas plantas.

**Tabela 1.** Massa seca da parte aérea das plantas de alface crespa submetidas às diferentes doses dos herbicidas bentazon, 2,4-D, ametrina, trifluralina e chorimuron etil aos 15 DAT.

Tratamentos x dose comercial	Amicarbazone	Bentazon	Chlorimuron	Ametrina	Trifluralina	2,4-D	Isoxaflutole
0 D	0,93 a	1,50 a	1,10 a	1,09 a	1,14 a	1,11 a	1,12 a
0,25 D	0,33 b	1,31 ab	1,0 a	0,53 b	0,71 a	0,43 b	0,85 ab
0,5 D	0,38 b	0,91 bc	0,99 a	0,45 b	0,69 a	0,55 b	0,64 b
1,0 D	0,39 b	0,85 c	1,00 a	0,44 b	0,66 a	0,60 b	0,69 b
C.V	39,88	19,05	16,53	34,34	33,69	29,66	19,94
D.M. S 5%	0,42	0,46	0,35	0,45	0,57	0,42	0,33

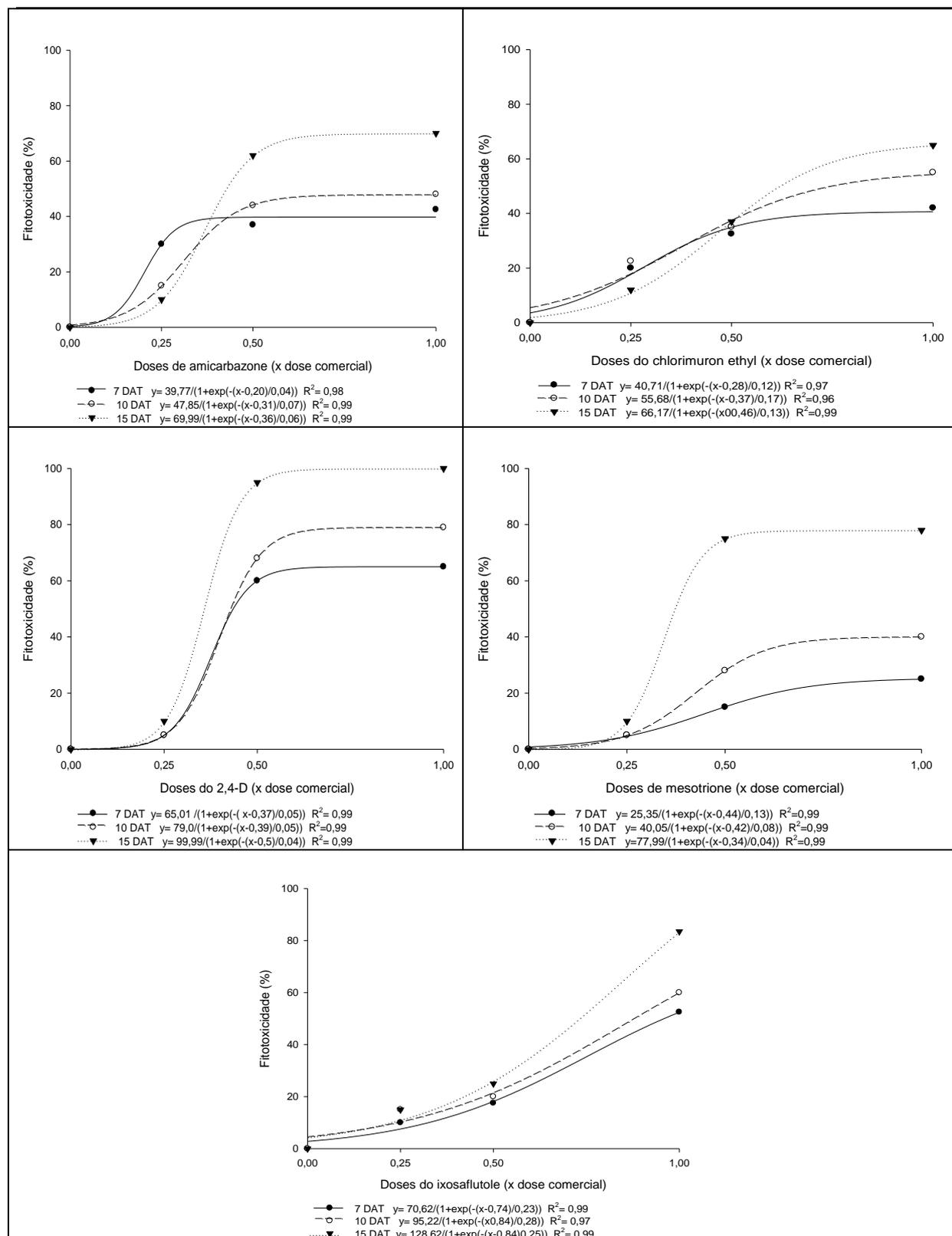
Médias seguidas por letras iguais na coluna dentro de cada tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação ao herbicida amicarbazone notou-se para massa seca uma redução superior a 60% em todas as doses aplicadas corroborando com os dados relativos a fitotoxicidade, sendo que os dados relativos as doses de 0,25 D; 0,50D e 1,00D não apresentaram diferença significativa. O mesmo comportamento foi observado para o para o herbicida 2,4 D no entanto a redução de biomassa foi equivalente a 60% para todas as doses do herbicida. Para o herbicida bentazon notou-se uma redução gradativa da massa seca a medida que se aumentou a dose do herbicida, foram observadas reduções equivalentes a 12,7, 39,33 e 43,33 respectivamente para as doses de 0,25D; 0,50D e 1,00 D. Em relação ao herbicida isoxaflutole notou-se uma redução superior a 20% em todas as doses desse herbicida.

Com relação à variedade brunela, houveram diferenças significativas nas análises de fitotoxicidade, destacando-se os herbicidas 2,4D, mesotrione e isoxaflutole que provocaram as maiores fitotoxicidade às plantas (Figura 2). Os herbicidas bentazon, ametrina, atrazine, atrazine+cimazine e trifluralina não apresentaram diferenças significativas para a alface brunela, portanto, não foram elaboradas curvas dose-resposta.

Para a variedade de alface brunela, a deriva simulada do herbicida amicarbazone resultou aos 7 DAT em porcentagens de fitotoxicidade superior a 30% para todas as doses estudadas. No entanto aos 10 DAT notou-se uma diminuição desses efeitos fitóxicos para a dose de 0,25D, ou seja, a porcentagem que aos 7 DAT foi de 30% foi reduzida para um valor inferior a 20% na avaliação seguinte, para as doses de 0,50 D e 1,00 D esses valores evoluíram e se tornaram superiores a 40% aos 10 DAT. Aos 15 DAT os danos de fitotóxicos relativos a aplicação da dose de 0,25 D do herbicida amicarbazone sofreram outra redução e ficaram inferiores a 15%, em relação as doses de 0,50 D e 1,00 D as porcentagens de fitotoxicidade foram superiores a 60%.

A exposição das plantas de alface brunela ao herbicida chlorimuron ethyl resultaram em porcentagens de fitotoxicidade equivalentes a 20% para dose de 0,25D e superiores a 30% para as doses de 0,50D e 1,00D, aos 7 DAT. Na avaliação de 10 DAT os níveis de fitotoxicidade permaneceram semelhantes aos da avaliação de 7 DAT para as doses de 0,25 D e 0,50 D, para a dose de 1,00 D a porcentagem de fitotoxicidade foi superior a 50%. Aos 15 DAT a porcentagem de fitotoxicidade foi inferior a 20, equivalente a 30% e superior a 60% respectivamente para as doses de 0,25D; 0,50 D e 1,00 D.



**Figura 2** - Fitotoxicidade dos herbicidas amicarbazone, chlorimuron ethyl, 2,4-D, mesotrione e isoxaflutole em plantas de alface brunela, aplicados em diferentes doses aos 7, 10 e 15 DAT.

Em relação a exposição das plantas de alface brunela ao herbicida 2,4 D notou-se aos 7 DAT uma porcentagem de fitotoxicidade inferior a 10% na dose de 0,25 D, entretanto para as doses de 0,50D e 1,00D os níveis de danos foram superiores a 60%. Aos 10 DAT os danos ocasionados pela dose de 0,25 D podem ser considerados pouco expressivos, já as doses de 0,50 D e 1,00 D foram considerados severos com porcentagens superiores a 60% e 70% respectivamente. Aos 15 DAT os danos ocasionados para as plantas de alface dessa variedade podem ser considerados extremamente severos com porcentagens de fitotoxicidade próximas a 100%.

Para o herbicida mesotrione, a dose de 0,25 D resultou em efeitos poucos expressivos, pois em todas as avaliações (7,10 e 15 DAT) as porcentagens de fitotoxicidade foram inferiores a 20%. Aos 7 DAT a exposição das plantas de alface ao herbicida mesotrione resultou em danos fitotóxicos inferiores a 20% para dose de 0,50 D e próximos a 30% para dose de 1,00 D. Aos 10 DAT as doses de 0,50 D e 1,00 D proporcionaram uma porcentagem de fitointoxicação superior a 20%. Aos 15 DAT as doses de 0,50 D e 1,00 D resultaram em danos severos com porcentagens de fitointoxicação próximo a 80%.

Para o herbicida isoxaflutole a dose de 0,25 D resultou em porcentagens de fitotoxicidade inferiores a 20% em todas avaliações (7, 10 e 14 DAT). Em relação a dose de 0,50 D, a evolução dos sintomas de fitotoxicidade ao longo dos dias após a aplicação dos tratamentos foram pouco expressivas, pois nas avaliações de 7 e 10 DAT permaneceram com uma porcentagem inferior a 20%, aos 15 DAT notou-se um nível de dano próximo a 20%. Para a dose de 1,00 notou-se danos superiores a 40%, próximos a 50% e superior a 80%, aos 7, 10 e 14 DAT respectivamente.

Analisando os dados relativos a massa seca da parte aérea das plantas de alface brunela expostas à deriva simulada de diferentes herbicidas, observa-se os herbicidas ametrina e trifluralina que não apresentaram diferença significativa em relação à fitotoxicidade visual, afetaram a biomassa seca das plantas de alface. Em relação a ametrina e trifluralina, nota-se que as doses de 0,50 D e 1,00 D resultou em redução da massa seca. As diferentes doses do herbicida bentazon não resultaram em redução de massa seca. Em relação ao herbicida amiarbazone, embora a dose de 1,00 D desse herbicida tenha resultado em efeitos fitotóxicos próximos a 80%, na massa seca não observou-se diferença significativa entre as doses do herbicida. Também não notou-se redução de massa seca significativa em relação as diferentes doses do herbicida chlorimuron. Em relação ao herbicida isoxaflutole, não notou-se diferença significativa em relação as diferentes doses.

**Tabela 2** - Massa seca da parte aérea das plantas de alface brunela submetidas às diferentes doses dos herbicidas amicarbazone, bentazon, 2,4-D, ametrina, trifluralina, isoxaflutole e chorimuron etil aos 15 DAT.

Tratamentos x dose comercial	Amicarbazone	Bentazon	Chlorimuron	Ametrina	Trifluralina	2,4-D	Isoxaflutole
0 D	0,76 a	0,52 a	0,72 a	0,6 ab	0,92 a	0,57 ab	1,31 a
0,25 D	0,38 b	0,43 a	0,51 ab	0,71 a	0,62 ab	1,05 a	1,18 a
0,5 D	0,29 b	0,56 a	0,38 b	0,46 b	0,52 b	0,38 b	1,1 a
1,0 D	0,25 b	0,59 a	0,32 b	0,4 b	0,38 b	0,27 b	0,37 a
C.V	34,14	32,70	23,44	17,55	27,45	55,87	54,27
D.M. S 5%	0,3	0,36	0,24	0,2	0,35	0,66	1,13

Médias seguidas por letras iguais na coluna dentro de cada tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A variedade de alface crespa apresentou efeitos fitotóxicos mais severos que a variedade brunela. Outra observação relevante e que para a variedade brunela, para todos os herbicidas que ocasionaram efeitos fitotóxicos a dose de 0,25 D culminou em danos pouco

expressivos, inferiores a 20%.

Essa menor fitotoxicidade presente nas plantas de alface na variedade brunela obtidas no presente experimento podem ser justificadas pela a fisiologia dessa planta, pois segundo Sala e Costa (2014) essa variedade apresenta a folha mais espessa que a crespa. Essa maior espessura foliar pode representar uma barreira física para absorção de herbicidas resultando em menores efeitos fitotóxicos a essa variedade, pois dessa forma uma menor quantidade de herbicida acaba sendo efetivamente absorvida pela planta e consequentemente desencadeando efeito fitotóxicos menos expressivos.

Alves et al. (2014) relataram que a superfície foliar das plantas, através da presença de célula epidérmicas diferenciadas e/ou presença de tricomas podem afetar a dinâmica de herbicidas pós-emergentes diminuindo sua absorção e os efeitos deletérios da deriva sobre plantas sensíveis, como por exemplo a alface.

No presente experimento, notou-se que para ambas as variedades de alface (brunella e crespa) o herbicida trifluralina não resultou em efeitos fitotóxicos. Esse comportamento pode ser justificado pelo mecanismo de ação desse herbicida e a forma como ele é absorvido pelas plantas, pois a trifluralina atua inibindo a divisão celular dos tecidos meristemáticos e inibindo a germinação das sementes e a formação de novas células na radícula e caulículo. Dessa forma efeitos mais deletérios ao desenvolvimento de plantas são notados quando esse herbicida entra em contato com o sistema radicular das plantas. É válido ressaltar que a ausência de fitotoxicidade na deriva simulada nas plantas de alface é um aspecto relevante, pois esse produto apresenta elevada pressão de vapor, tanto que a sua recomendação é pautada no pré-plantio incorporado (PPI) (KLUPINSKI e CHIN, 2003)

Os resultados obtidos por Rojas et. al. (2000) corroboram com os dados obtidos nesse experimento, os autores tiveram como objetivo avaliar a seletividade do herbicida trifluralin, aplicados em pré-transplante da cultura da alface em condição de campo. Os dados obtidos pelos autores atesam a seletividade da trifluralin na cultura da alface, esse comportamento é justificado pelo mecanismo de ação e a forma de aplicação em PPI que culminou em menor contato do produto com a cultura do alface.

O herbicida 2,4 D apresenta uma alto risco de deriva e consequentemente de danos a cultura não alvo. Esse fato foi comprovado no presente experimento onde os efeitos fitotóxicos desse herbicida para ambas as variedades de alface (brunella e crepa) podem ser considerados severos, pois aos 14 DAT os danos foram superiores a 80% nas doses de 0,50D e 1,00D. O herbicida 2,4 D na formulação amina apresenta alta pressão de vapor ( $1,9 \times 10^{-5}$  Pa na temperatura de 25 °C). O que resulta em alta mobilidade no ambiente através da volatilização, facilitando o seu deslocamento para áreas não alvo ocasionando danos a culturas suscetíveis (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011). O 2,4 D, também apresenta alto potencial fitotóxico sobre culturas sensíveis, logo deve-se evitar sua utilização em áreas próximas a culturas suscetíveis principalmente em condições inadequadas de vento, as quais podem potencializar os riscos de deriva (TUFFI SANTOS et al., 2006; YAMASHITA e GUIMARÃES, 2006).

Essas características físicos-químicas resultam em maiores riscos de intoxicação às culturas semeadas em áreas adjacentes do cultivo alvo, como agravante deve se considerar que doses extremamente baixas do herbicida 2,4 D podem culminar em danos fitotóxicos extremamente nocivos a culturas sensíveis (CHRISTOFFOLETI, et al., 2015), como observado no presente estudo, onde a dose de 25% resultou em um nível de dano superior a 80% para a variedade crespa.

A deriva de herbicidas pode culminar em expressivas perdas de produtividade em culturas sensíveis, e estratégias para minimizar o carregamento de agrotóxicos para fora das

áreas-alvo e conseqüentemente diminuir o seu impacto em culturas sensíveis, devem ser consideradas. Nesse sentido, algumas medidas simples podem ser adotadas objetivando reduzir a deriva de herbicidas, tais como a seleção de pontas de pulverização que proporcionem gotas maiores, a redução de pressão da pulverização, aplicação de herbicidas em condições ambientais favoráveis de umidade, temperatura e velocidade do vento e velocidade adequada de operação para o pulverizador.

## CONCLUSÃO

As variedades de alface crespa e brunela apresentaram respostas diferentes em função da deriva simulada de herbicidas utilizados na cultura milho. Para ambas as variedades (crespa e brunela) os herbicidas ametrina, atrazina, atrazina + cimazina, trifluralina e chlorimuron, não apresentaram diferença significativa em relação aos danos fitotóxicos. Para a variedade brunela o herbicida bentazon também não ocasionou efeitos deletérios no desenvolvimento das plantas de alface no que tange a fitotoxicidade. Na variedade crespa os danos fitotóxicos foram mais severos que na variedade brunela. Na variedade de alface crespa a exposição das plantas de alface aos herbicidas 2,4 D, mesotrione e isoxaflutole resultaram em efeitos fitotóxicos severos. Para a variedade brunela, para todos os herbicidas a dose de 0,25 D resultou em danos pouco expressivos e os herbicidas 2,4 D e mesotrione, foram os que resultaram em efeitos mais severos.

## REFERÊNCIAS

- AL-KHATIB, K. et al. Grain sorghum response to simulated drift from glufosinate, glyphosate, imazethapyr and sethoxydim. **Weed Technology**, v. 17, n. 2, p. 261-265, 2003.
- ALAM. ASOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. **ALAM**, Bogotá, v.1, p.35-38, 1974.
- ALVES, R.M.; INACIO, E.M.; MONQUERO, P.A.; MENEGHIN, S.P.; HIRATA, A.C.S. Leaf-surface characterization and the effects of the herbicide saflufenacil on the leaves of weeds. **Agrária (Recife. Online)**, v. 9, p. 550-555, 2014.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Auxinic herbicides, mechanisms of action, and weed resistance: A look into recent plant science advances. **Scientia Agricola** (USP. Impresso), v. 72, p. 356-362, 2015.
- COSTA, A. G. F. et al. 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.
- CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.
- GIORDANI, Gláucia Maria Rojas Cabrini; SANTOS, Humberto Silva; SCAPIM, Carlos Alberto; CONSTANTIN, Jamil; CALLEGARI, Osni. Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-transplante da cultura da alface. **Acta Scientiarum** (UEM), Maringá, v. 22, p. 985-

991, 2000.

HEMPHILL Jr., D. D.; MONTGOMERY, M. L. Response of vegetable crops to sublethal application of 2,4-D. **Weed Sci.**, v. 29, n. 6, p. 632-635, 1981.

KLUPINSKI, T. P., CHIN, Y. P. Abiotic Degradation of Trifluralin by Fe(II): Kinetics and Transformation Pathways. **Environ. Sci. Technol.**, Easton v. 37, p. 1311-1318, 2003.

KROHN NG; MISSIO RF; ORTOLAN ML; STEINMACHER DA; LOPES MC. 2003. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. **Horticultura Brasileira** 2: 16-219.

LUCHINI, L.C. Dinâmica ambiental dos agrotóxicos. In: Raetano, C. G.; Antuniassi, U. R. Qualidade em tecnologia de aplicação. Botucatu: **Fepaf**, 2004. p. 36-39.

MORO, M. S.; YAMAUTI, M. S.; NEPOMUCENO, M.; ALVES, P. L. C. A. Deriva Simulada de Herbicidas Utilizados em Cana-de-açúcar em Alface. In: **XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 2012, Campo Grande, MS. Anais, 2012.

OZKAN, H. E. Reducing spray drift, 2000. Disponível em: Acesso em: 10 de maio de 2016.

PAULO, E.M.; FUJIWARA, M.; NISHIDA, T. Controle das plantas daninhas na cultura da alface transplantada com o herbicida oxadiazon. **Bragantia**, 49(2):403-411, 1990.

PÔRTO ML. 2006. Produção, estado nutricional e acúmulo de nitrato em plantas de alface submetidas à adubação nitrogenada e orgânica. 2006. **Areia: UFPB-CCA**. 66f. (Tese mestrado).

PÔRTO ML; ALVES JC; SOUZA AP; ARAUJO RC; ARRUDA JA. 2008. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral nitrogen supply and organic fertilization. **Horticultura Brasileira** 26: 227-230.

PENCKOWSKI, L. H.; PODOLAN, M. J.; LÓPEZOVEJERO, R. F. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós-emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura do trigo. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 435-442, 2003.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. (Ed.). **Guia de herbicidas**. 6 ed. Londrina, PR: Edição dos autores, 2011. 697 p.

SALA FC; COSTA CP. 2005. 'Pira Roxa': Cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa. **Horticultura Brasileira** 23: 158-159.

SCHROEDER, G. L.; COLE, D. F.; DEXTER, A. G. Sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) response to simulated herbicide spray drift. **Weed Sci.**, v. 31, p. 831-836, 1983.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas a deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, v.24, n.2, p.359-364, 2006.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Qualidade de sementes de algodão provenientes de plantas tratadas com doses reduzidas de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p.