



Variabilidade da quebra da tensão superficial da gota pelo adjuvante (Aureo[®]) em função de locais de captação de água

Variability of breaking the surface tension of the droplet adjuvant (Aureo[®]) as a function of local water catchment.

Sheila Cordeiro Silva-Matte¹, Neumárcio Vilanova Costa¹, Tatiane Pauly¹, Sidiane Coltro-Roncato¹, Aparecida da Costa Oliveira², Deise Dalazen Castagnara³

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), PPGA- Programa de pós graduação em Agronomia, Departamento de Matologia. Rua Pernambuco, 1777, Marechal Cândido Rondon-PR, CEP: 85960-000, E-mail: sheila428@hotmail.com.

² Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Programa de doutorado integrado em Zootecnia, Departamento de Zootecnia .Rodovia BR 079 - km 12, Areia-PB. CEP: 58.397-000

³ Universidade Federal do Pampa, (Unipampa), graduação em Medicina Veterinária. Departamento de Veterinária, BR 472 - Km 592, Centro, Uruguaiana-RS, CEP:97501-970

Recebido em: 16/08/2013

Aceito em:10/03/2014

Resumo. Os adjuvantes quando adicionados aos produtos fitossanitários, podem imprimir características desejáveis à calda de pulverização, como reduzir a tensão superficial em soluções aquosas, possibilitar maior contato da calda com a superfície vegetal ou reduzir o potencial de deriva durante as pulverizações. Objetivou-se neste trabalho avaliar o comportamento da tensão superficial em gotas de solução preparada com o herbicida 2,4-D sob diferentes concentrações (0, 0,05, 0,1, 0,2 e 0,4 % do volume de calda) do adjuvante éster metílico de óleo de soja (Aureo[®]). A água utilizada para avaliação foi coletada em 10 abastecedouros comunitários de diferentes regiões do oeste do Paraná. Em laboratório efetuou-se a pesagem das gotas formadas na extremidade de uma bureta, com 4 repetições. Os dados foram submetidos à ANOVA, os locais comparados pelo teste de Tukey a 5 % e as doses submetidas à análise de regressão. Houve resposta significativa ($P < 0,05$) para o aumento de doses do adjuvante e para a ação do adjuvante em função dos diferentes locais de coleta da água. Os resultados mostraram uma variabilidade na resposta da calda de pulverização à quebra da tensão superficial pelo adjuvante em função do local de captação de água de pulverização. A dose de máxima eficiência do adjuvante Aureo[®] para quebra da tensão superficial da água foi 0,26 % do volume de calda na região estudada.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, herbicida, óleo vegetal

Abstract. When added the adjuvant in plant protection products, can print the desirable characteristics spray solution, how to reduce the surface tension in aqueous solutions, enabling greater contact with the surface of the syrup plant and reduce the potential for drift during spraying. The objective of this study was to evaluate the behavior of the surface tension drops of solution prepared with 2,4-D at different concentrations (0, 0.05, 0.1, 0.2 and 0.4% spray volume) of adjunctive methyl ester of soybean oil (Aureo[®]). The water used for evaluation was collected in 10 community water supply in different regions of western Paraná. In the laboratory performed the weighing of the droplets formed at the end of a burette, with four repetitions. Data were submitted to ANOVA, the locations compared by the Tukey test at 5% and the rates submitted to regression. Significant responses ($P < 0.05$) to increasing doses of the adjuvant and the adjuvant action for different sampling sites of water. The results showed had variability in the response of spray solution to break the surface tension as a function of the adjuvant catchment water spray. The efficiency of the maximum dose of adjuvant Aureo[®] to break the surface tension of water was 0,26% of the volume of water in the region studied.

Keywords: application technology, herbicide, plant oil



Introdução

O controle de plantas daninhas é uma prática de elevada importância para obtenção de alto rendimento em qualquer exploração agrícola e tão antiga quanto a própria agricultura (Maciel et al., 2010). Segundo Granato et al. (2009) para se obter sucesso na aplicação do produto são necessários alguns cuidados, tais como: o momento ideal para efetuar a aplicação, a qualidade da água utilizada para elaborar a calda, aplicador e sua experiência à campo, equipamentos de aplicação, condições climáticas no momento da aplicação e uso de adjuvantes agrícolas. Além disso, a constituição da calda de pulverização é de fundamental importância para potencializar a ação do defensivo sobre o alvo. Esses componentes, embora não sejam constituintes do ingrediente ativo, influenciam na eficiência da aplicação por serem responsáveis pela deposição, retenção, absorção e perda dos produtos líquidos aplicados (Granato et al., 2009) e podem contribuir para evitar a contaminação do ambiente e outras culturas próximas ao local de aplicação.

A utilização de adjuvantes acrescentados à calda de pulverização pode ser um componente interessante e viável para auxiliar a eficiência da deposição das gotas da pulverização no alvo desejado. As especificações dos bicos de pulverização são definidas em testes com água. O acréscimo de um adjuvante pode alterar o padrão de gotas e a vazão (Azevedo, 2001). Alguns adjuvantes possuem propriedades que podem alterar a permeabilidade das membranas proporcionando mais eficiência de penetração cuticular (Stougaard, 1997). Isso facilita o molhamento em superfícies hidro-repelentes, proporcionando maior contato da calda com a cutícula, principalmente em superfície pilosas que tendem a manter as gotas suspensas. Além de potencializar a penetração também pode reduzir a ação das interferências ambientais que podem ocorrer durante o momento de aplicação (Kissmann, 1996).

Ramsdale & Messersmith (2001) descrevem que a interação agrotóxico e adjuvante é um processo complexo que envolve características químicas, fisiológicas e físicas e que estas podem sofrer variações de acordo com as condições às quais são submetidas a testes.

Segundo Montório et al. (2004) a atuação dos adjuvantes pode afetar o molhamento, a aderência, o espalhamento, a formação de espuma e a forma em que a calda é dispersa. Entretanto, Lan et

al. (2007) relatam que a alteração do desempenho das aplicações pode ser positiva ou negativa no que se refere à deposição do produto no alvo.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a tensão superficial estática de soluções aquosas contendo óleo vegetal em combinação com 2,4-D, preparadas com água de diferentes locais de captação.

Material e Métodos

Foram coletadas 10 amostras de água de diferentes regiões no oeste do Paraná (Tabela 1), provenientes de abastecedouros comunitários. Estes locais são usados para abastecimento de água dos pulverizadores que fazem a aplicação dos produtos químicos na região. A água foi acondicionada em garrafas de 2,0 litros pré-lavadas com água destilada. As avaliações da tensão superficial foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Tecnologia de Aplicação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, em Marechal Cândido Rondon-PR. O ensaio foi montado em delineamento completamente casualizado (DCC), em esquema fatorial 10 x 5 (10 locais x 5 doses do adjuvante). O adjuvante utilizado foi o produto comercial Aureo® (éster metílico de óleo de soja - 720 g L⁻¹), nas concentrações de 0; 0,05; 0,1; 0,2 e 0,4 % do volume de calda. Juntamente com o Aureo® foi adicionado o herbicida 2,4-D (DMA* 806 BR), na dose de 0,2 % do volume de calda para simular a ação do produto químico à calda.

Para a avaliação da tensão superficial foi utilizada uma balança de precisão em gramas com quatro casas decimais, óleo de soja, copos de Becker, balões volumétricos (1000 mL), bureta de 50 mL, cronômetro e luvas descartáveis. A metodologia adotada para o ensaio foi baseada no método da contagem do número de gotas produzidas. Para a determinação da tensão superficial, foi utilizada a metodologia descrita na NBR 12341 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994). Estimou-se a tensão superficial de todos os tratamentos quantificando-se o peso das gotas formadas na extremidade da bureta, num tempo de 30 segundos. No início dos procedimentos, utilizou-se uma bureta calibrada somente com peso da água destilada. Para evitar possíveis perdas por evaporação foi utilizado um Becker de 25 mL com uma camada de óleo no seu interior e colocado sobre a balança.



Tabela 1. Locais de coleta da água para o ensaio.

Local	Localidade	Município	Latitude	Longitude
L-1	Nova Aurora	Nova Aurora	24°31'69,9"	53°15'30.1"
L-2	Melissa	Nova Aurora	24°34'42,8"	53°13'43,7"
L-3	Santa Luzia	Cafelândia	24°29'43,89"	53°19'00.02"
L-4	São José	Cafelândia	24°38'37.52"	53°16'6.77"
L-5	Valberto	M. C.Rondon	33°45' 48"	54°25'55'
L-6	São Roque	M. C.Rondon	24°52'55"	47°34'52,2"
L-7	Margarida	M. C.Rondon	26°43'33'	50°37'13,4'
L-8	UNIOESTE	M. C.Rondon	24°33'25.06"	54° 2'55.31"
L-9	Alto Alegre	Nova Aurora	24°52'51,4"	53°18'81.8"
L-10	Est. Experimental	Cafelândia	24°39'10.90"	53°17'2.97"

A bureta foi utilizada para formar a tensão superficial das gotas em sua extremidade. Para que não houvesse interferência no caminhamento das gotas durante o percurso de queda, em todos os tratamentos foi padronizado a altura de 5 cm da superfície do óleo. A calibração da bureta foi realizada com auxílio de um cronômetro, onde foi acompanhado o tempo inicial de formação da gota até a queda total pela ponta da mesma. Para regulagem de abertura e fechamento da torneira da bureta, a coluna de líquido foi mantida em 50 mL.

Os procedimentos descritos foram utilizados conforme a NBR 13241 (ABNT, 1994) para converter o peso das gotas para tensão superficial, considerando-se a média do peso de gotas da água destilada de 71,97 mN m⁻¹ (Milinewton metro⁻¹) a 25°C.

A tensão superficial das gotas das soluções foi determinada pela seguinte fórmula: (TS=P1 x 71,97 / P2) Onde: TS = tensão superficial (mN m⁻¹); P1 = peso em gramas das gotas das soluções tratamentos; P2 = peso em gramas das gotas da água destilada.

Com base nos dados obtidos foram determinadas as análises estatísticas e de regressão, ajustando esses dados ao Modelo de Mitscherlich. As análises foram realizadas com o auxílio do programa Sigmasat.

Para que o Modelo de Mitscherlich se ajustasse aos dados, houve a necessidade de modificá-lo. Os modelos original e simplificado são apresentados a seguir.

Modelo Original: $Y = A (1-10^{-C (X + B)})$

Modelo Utilizado Simplificado: $Y = \text{Tágu} -$

$A (1-10^{-C X})$

Em que,

Y - tensão superficial, mN m⁻¹;

A - assíntota horizontal máxima no modelo original;

C - concavidade da curva;

B - ponto de interceptação do eixo abcissas;

Tágu - 72,6 mN m⁻¹;

X - concentração do óleo, %, e

(Tágu - A) - assíntota horizontal mínima no modelo simplificado.

Resultados e Discussão

Não houve interação (P>0,05) entre locais de coleta e doses do adjuvante. Entretanto, houve resposta quadrática (Figura 1) na quebra da tensão superficial com o aumento das doses do adjuvante e da ação dos adjuvantes sobre a água coletada em diferentes locais da região oeste do Paraná (Tabela 2).

Houve redução significativa na tensão superficial já na primeira dose do adjuvante adicionado à calda, promovendo a quebra da tensão superficial da gota (Figura 1). Chechetto et al. (2010) avaliando duas concentrações de diferentes óleos e adjuvantes adicionados à calda de pulverização, concluíram que houve redução significativa da tensão superficial e do pH da calda e aumento da viscosidade da mesma com a adição dos produtos. Porém, os autores não observaram diferenças quando adicionado 0,5 ou 1 % de óleo ou adjuvante a calda.

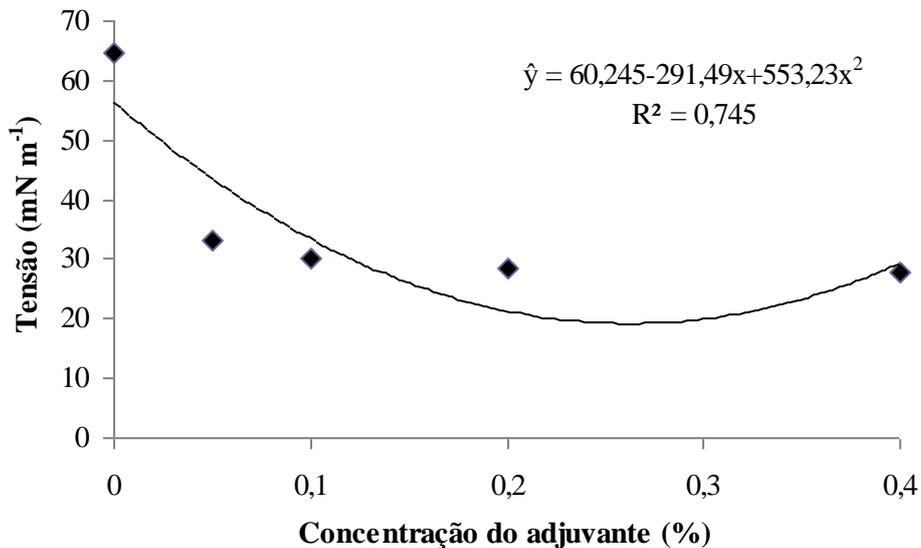


Figura 1. Tensão superficial de soluções aquosas, em função da concentração de adjuvante, determinada pelo peso das gotas formadas na extremidade da bureta.

A Tabela 2 apresenta o comportamento diferenciado na quebra da tensão superficial em função dos diferentes locais de coleta da água, indicando que há variabilidade na água usada na pulverização de agrotóxicos no oeste do Paraná, explicando muitas vezes o desempenho diferenciado da ação dos produtos químicos utilizados nas

lavouras. A melhor tensão superficial e maior área de molhamento superficial não garantem o espalhamento da solução, sendo que a superfície das folhas das espécies vegetais irá determinar o comportamento desta em relação à propriedade físico-química da calda utilizada (Iost & Raetano, 2010).

Tabela 2. Tensão das soluções (mN m^{-1}) em função de diferentes locais de coleta de água e de diferentes concentrações do adjuvante Aureo®

Local	Concentração do adjuvante					Média
	0,00%	0,05%	0,10%	0,20%	0,40%	
-----Tensão (mN m^{-1})-----						
10	65,72 b	36,55 ns	30,42 ns	28,97 ns	28,97 ns	38,13
3	66,72 b	33,87	31,57	30,90	28,37	38,29
6	67,32 b	34,60	32,50	29,22	30,50	38,83
7	67,87 b	35,50	30,97	30,62	29,47	38,89
4	70,25 b	34,92	31,02	30,70	28,10	39,00
5	65,30 b	37,02	34,35	30,15	29,45	39,25
9	67,97 b	32,75	34,95	31,40	30,67	39,55
2	70,12 b	33,87	34,87	31,45	29,22	39,91
8	79,60 a	33,12	29,67	29,70	27,67	39,95
1	69,72 b	37,07	35,95	31,97	31,32	41,22
Média	69,06	34,93	32,63	30,51	29,37	
CV (%)	9,06					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de significância.



Os resultados mostram diferenciação para a quebra da tensão superficial, sendo que esta está diretamente ligada à cobertura foliar com a pulverização, portanto dependendo do local de captação de água usada nas aplicações, poderemos ter desempenho diferenciado na ação dos produtos utilizados.

A Tabela 3 apresenta o Ph e a dureza (mg L^{-1}) das amostras de água coletadas nos diferentes locais de captação. A adição pura e simples do 2,4-D (DMA*806 RR, não ocasionou efeito na quebra da tensão superficial da água, necessitando da utilização do adjuvante para promover a quebra (Tabela 4).

Tabela 3. pH e dureza da água em função dos diferentes locais de coleta

Locais de coleta	pH	dureza (mg L^{-1})	Classe de dureza
Local 1	6,21	12,00	Muito branda
Local 2	7,45	10,00	Muito branda
Local 3	7,03	70,00	Muito branda
Local 4	6,51	4,00	Muito branda
Local 5	7,45	28,00	Muito branda
Local 6	7,92	64,00	Muito branda
Local 7	7,38	54,00	Muito branda
Local 8	8,21	8,00	Muito branda
Local 9	8,67	16,00	Muito branda
Local 10	9,69	8,00	Muito branda

Tabela 4. Tensão da água (mN m^{-1}) em função de diferentes locais de coleta e da adição de 2,4-D (DMA* 806 BR)

Locais de coleta	Água	Água + 2,4-D
	-----Tensão (mN m^{-1})-----	
Local 1	71,0 ^{ns}	65,1 ^{ns}
Local 2	67,7	69,2
Local 3	69,4	67,6
Local 4	70,7	70,0
Local 5	68,1	70,1
Local 6	71,0	69,0
Local 7	70,6	67,4
Local 8	71,9	71,6
Local 9	67,7	66,6
Local 10	66,8	67,3
Média	69,5	68,4
CV (%)	4,480	

*ns – não significativo ($P>0,05$)

Muitos produtos químicos apresentam em sua formulação adjuvantes que possuem propriedades capazes de promover a quebra da tensão superficial da água. Palladini (2000), avaliando a tensão superficial de soluções aquosas com inseticidas, acaricidas e fungicidas, sem que fossem adicionados adjuvantes, encontrou o menor valor de tensão superficial para o fungicida Sapro[®] com $30,80 \text{ mN m}^{-1}$ e o maior valor para o acaricida Vertimec[®] com $40,81 \text{ mN m}^{-1}$. Costa (1997)

verificou que a presença de uma formulação comercial de glifosato (Rodeo SC) em várias concentrações (1,0; 2,0; 3,5; 5,0; 7,5 e 10 L ha^{-1}) proporcionou valores de tensão superficial diferentes e inferiores aos verificados na sua ausência, mesmo com a adição de adjuvantes. Os dados do trabalho mostram que a formulação do DMA, não apresenta a característica surfactante, portanto sendo necessária a adição de um



adjuvante para melhorar as características físico-químicas da solução.

Observa-se (Tabela 5) que já na primeira dose do adjuvante (0,05 % do volume de calda) ocorreu a redução de 50 % da tensão superficial, e quando essa dose foi duplicada (0,1%) a resposta não passou de 53 % na quebra da tensão, indicando que a simples adição do adjuvante Aureo[®] na calda, mesmo em dose reduzida, promoveu alta

resposta à quebra da tensão superficial da gota, e consequentemente um potencial melhor de cobertura foliar na aplicação. Cunha et al. (2010) estudando a temperatura sobre as propriedades físico-químicas das caldas de pulverização concluíram que a temperatura alterou com maior intensidade a viscosidade da calda, enquanto a tensão superficial foi a característica físico-química mais sensível ao uso de adjuvante.

Tabela 5. Tensão da solução (mN m^{-1}) em função da adição de 2,4-D e adjuvante (Aureo[®]) em diferentes concentrações

Tratamentos	Tensão (mN m^{-1})	
Água	69,52	A
água + 2,4 D	68,88	A
água + 2,4 D + 0,05 % de adjuvante	35,77	B
água + 2,4 D + 0,1 % de adjuvante	33,34	C
água + 2,4 D + 0,2 % de adjuvante	31,48	D
água + 2,4 D + 0,4 % de adjuvante	30,70	D
Média	44,98	
CV (%)	6,24	

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

Segundo Cunha et al. (2003) além da utilização de adjuvantes na diminuição da tensão superficial, o bico antideriva também contribui para o aumento de gotas, diminuindo o risco potencial de deriva. Outro ponto a ser considerado sobre a utilização do adjuvante a um herbicida é que é seus resultados podem ser muito variáveis em função do local de coleta da água, uma vez que este pode influenciar em sua dureza e pH. Águas alcalinas que apresentam íons e sais de Ca^{++} e Mg^{++} , entre outros, afetam a eficiência dos herbicidas, desestabilizando as formulações por se ligarem às moléculas dos ingredientes ativos (Theisen & Ruedell, 2004). Sanchotene et al. (2007) observaram que a acidificação da água até o pH 4,5 potencializou o controle do arroz-vermelho com o herbicida imazetapir + imazapic.

Conclusão

Existe variabilidade na resposta da calda de pulverização à quebra da tensão superficial pelo adjuvante em função do local de captação de água.

A dose de máxima eficiência do adjuvante Aureo[®] para quebra da tensão superficial da água foi 0,26 % do volume de calda na região estudada.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT - (NBR 13241). *Agrotóxico*. 1994.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL - ANDEF. **Manual de tecnologia de aplicação**, Campinas, São Paul, Linea Creativa, 2004.
- AZEVEDO, L.A.S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. São Paulo, 2001. 230 p.
- CHECHETTO, R.G.; ANTUNIASSI, U.R.; OLIVEIRA, R.B. Influência dos óleos e adjuvantes nas propriedades físico-químicas de caldas de pulverização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS., **Anais...** Ribeirão Preto, 2010.
- CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South América, 1999. 15 p.
- COSTA, E.A.D. **Efeito de surfatantes sobre a tensão superficial de soluções de Rodeo**. 1997. 84 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.



- CUNHA, J.P.A.R.; PERES, T.C.M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja, **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 4, p.597-602, 2010.
- CUNHA, J.P.A.R., TEIXEIRA, M.M., COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.325-332, 2003.
- CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, C.S.; REIS, E.F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvante de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.28, n.3, p. 665-672, 2010.
- GRANATO, J.A.; GAVA, R.; SALVESTRO, A. C.; JOSÉ, J. V. Influência da adição de um adjuvante à calda de pulverização aérea sobre a faixa de deposição total In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, 6, 2009, Maringá. **Anais... EPCC, CESUMAR**, 2009.
- 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**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.670-680, 2010.
- KISSMANN, K.G. **Adjuvantes para caldas de defensivos agrícolas**. BASF: São Paulo, 45p, 1996.
- LAN, Y.; HOFFMANN, W. C.; FRITZ ,B. K.; MARTINS, D. E.; LOPEZ, L. E. **Drift reduction with drift control adjuvants**. **ASABE**. St. Joseph, USA. 14 p. 2007.
- MONTÓRIO, G.A.; VELINI, E.D.; MONTÓRIO, T. Definição de um coeficiente de eficácia para estudo de tensão superficial com surfactantes siliconados e não siliconados. **Science. Agrícola**. v.3, p.25-34, 2004.
- PALLADINI, L.A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. f. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- RAMSDALE, B.K.; MESSERSMITH, C.G. Nozzle, spray volume, and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. **Weed Technology**. v.15, p. 485-491. 2001.
- SANCHOTENE, D.M.; DORNELLES, S.H.B; DEBORTOLI, M.P. Influência de sais e do pH da água na eficiência de Imazethapyr + Imazapic no controle de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.25, n.2, p. 415-419, 2007.
- STOUGAARD, R.M. Adjuvant combinations with quizalofop for wild oat (*Avena fatua*) control in peppermint (*Mentha piperita*). **Weed Technology**, v.11, p.45-50, 1997.
- THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 90 p. 2004.
- Silva-Matte et al. (2014)- **Dourados**, v.7, n.24, p.264-270, 2014