

---

# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SOLUÇÕES AQUOSAS COM ADJUVANTES DE USO AGRÍCOLA

---

João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha e Guilherme Sousa Alves

## RESUMO

Uma das formas para aumentar a eficiência das aplicações de agrotóxicos nas lavouras é a adição de adjuvantes à calda. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de adjuvantes, em diferentes doses, nas características físico-químicas de soluções aquosas. Foram avaliados potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, densidade, viscosidade dinâmica, tensão superficial e estabilidade de soluções aquosas contendo oito adjuvantes comerciais de uso agrícola, em sua dose recomendada pelo fabricante (dose-cheia) e na metade da dose (meia-dose), além de uma amostra com apenas água destilada.

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, num fatorial hierarquizado  $8 \times 2 + 1$ . Dos resultados pôde-se concluir que o efeito dos adjuvantes nas características físico-químicas das soluções aquosas mostrou-se dependente de sua composição química e formulação. O comportamento dessas características não foi semelhante, mesmo para produtos com mesma indicação de uso. A alteração da dose influenciou as características físico-químicas de maneira diferenciada para cada adjuvante. O pH, a tensão superficial e a viscosidade foram as propriedades mais sensíveis à adição dos adjuvantes.

## PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF AQUEOUS SOLUTIONS WITH ADJUVANTS FOR AGRICULTURAL USE

João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha and Guilherme Sousa Alves

## SUMMARY

Pesticide application efficacy on crops can be improved by adding adjuvants to tank mixtures. The present study evaluated the adjuvant effect, in different doses, on the physico-chemical characteristics of aqueous solutions. The hydrogenionic potential, electrical conductivity, density, dynamic viscosity, surface tension and stability of aqueous solution with eight commercial adjuvants were evaluated at the recommended dose (full-dose) and at half of it (half-dose), besides the distilled water alone. A randomized design with four replications was used, in a hier-

archy factorial scheme ( $8 \times 2 + 1$ ). From the results it can be concluded that the adjuvant effect on the physico-chemical characteristics of aqueous solutions was based on their chemical properties and formulation. The performance of these characteristics was not similar, even for additives with the same use recommendation. The physico-chemical characteristics for each adjuvant were affected differently by the dose alteration. The pH, surface tension and viscosity were the most sensitive characteristics to the adjuvant addition.

## Introdução

O avanço tecnológico na indústria de matérias-primas, aliado às necessidades de mercado, tem propiciado a utilização cada vez mais considerável de adjuvantes nas aplicações de agroquímicos. Atualmente, no entanto, uma série de produtos está disponível ao agricultor, o que, muitas vezes, dificulta sua seleção. Grande parte dos problemas relacionados com a utilização de aditivos de calda vem do desconhecimento de

sua ação e das implicações de sua utilização.

A ação dos agrotóxicos é dependente de constituintes da calda de pulverização, que, embora não compondo o ingrediente ativo, têm a capacidade de melhorar sua eficácia. Ramsdale e Messersmith (2001) afirmam que os adjuvantes melhoram, em muitos casos, a eficácia das aplicações, no entanto, a interação adjuvante e agrotóxico é um processo complexo, que envolve muitos aspectos físicos, químicos e fisiológicos, e varia variar para cada

condição testada. Os adjuvantes atuam de maneira diferente entre si, afetando o molhamento, a aderência, o espalhamento, a formação de espuma e a dispersão da calda de pulverização (Montório *et al.*, 2004; Mendonça *et al.*, 2007). Lan *et al.* (2007) comentam que a adição de adjuvantes altera o desempenho das aplicações, no entanto seu efeito pode ser positivo ou até mesmo negativo no que se refere à deposição do produto no alvo.

O processo de pulverização para converter um líquido em

gotas e o destino final destas gotas dependem das propriedades físico-químicas das soluções empregadas (Prokop e Kejklíček, 2002). A reologia é um parâmetro importante para avaliação do comportamento de fluxo do material, determinando como este flui sob influências externas (Chorilli *et al.*, 2007). O grau de pulverização está diretamente ligado à viscosidade e escoamento da solução. Além disso, características como estabilidade e densidade também influenciam

---

## PALAVRAS-CHAVE / Aditivos de Calda / Pulverização / Surfactantes / Tecnologia de Aplicação /

Recebido: 04/12/2008. Modificado: 31/08/2009. Aceito: 03/09/2009.

**João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha.** Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Brasil. Pro-

fessor, Universidade Federal de Uberlândia (UFU) Brasil. Endereço: Instituto de Ciências Agrárias, Campus Umuarama,

Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. CEP 38400-902. e-mail: jpcunha@iciag.ufu.br

**Guilherme Sousa Alves.** Graduando em Agronomia, UFU, Brasil.

RESUMEN

Una de las formas de aumentar la eficiencia de las aplicaciones de agroquímicos en los cultivos es el agregado de coadyuvantes al caldo de pulverización. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del agregado de adyuvantes a diferentes dosis en las características físicoquímicas de soluciones acuosas. Se realizaron evaluaciones de pH, conductividad eléctrica, densidad, viscosidad dinámica, tensión superficial y estabilidad de soluciones acuosas con ocho adyuvantes comerciales de uso agrícola a la dosis recomendada por el fabricante y a media dosis, además de una muestra de agua destilada. Se utilizó un diseño

experimental de parcelas al azar con cuatro repeticiones con un arreglo factorial de los tratamientos 8x2+1. De los resultados se concluye que el efecto de los adyuvantes en las características físicoquímicas de las soluciones acuosas resultó dependiente de su composición química y su formulación. El comportamiento de esas características fue diferente incluso para productos con la misma indicación de utilización. La dosis influyó las características físicoquímicas de manera diferencial para cada adyuvante. El pH, la tensión superficial y la viscosidad fueron las propiedades más sensibles al agregado de los adyuvantes.

no processo de formação da gota, cujo conhecimento é fundamental para o sucesso de uma aplicação de agrotóxico. Cunha *et al.* (2003) FALTA, avaliando estratégias para redução da deriva de agrotóxicos, concluíram que a adição de um óleo vegetal a calda altera o espectro de gotas pulverizadas, aumentando o diâmetro das gotas e diminuindo a percentagem de gotas propensas à ação dos ventos, constituindo-se, portanto, em fator auxiliar para redução da deriva.

Outra propriedade importante da calda para a aplicação do agrotóxico é a tensão superficial. Uma boa retenção ou adesividade dos produtos fitossanitários na superfície foliar é consequência de uma boa molhabilidade. Esta ocorre em função do ângulo de contato que a gota pulverizada forma com o alvo, que por sua vez é influenciado pela presença de surfactantes na calda (Tang *et al.*, 2008). Contudo, a tensão superficial das gotas e sua interação com a superfície-alvo influenciam não só a molhabilidade, mas também o processo de absorção, que é fundamental para a efetividade da aplicação.

Martins *et al.* (2005), avaliando o depósito de calda proporcionado em folhas de *Pistia stratiotes* com a utilização de diferentes concentrações do adjuvante aterbane, não encontraram diferença entre os

tratamentos utilizados, ou seja, o adjuvante não promoveu uma maior deposição em termos quantitativos. No entanto, Carbonari *et al.* (2005), estudando o efeito de surfactantes na deposição de calda em *Cynodon dactylon*, concluíram que a deposição de calda nas folhas foi menor quando da não adição de surfactante, independentemente da ponta de pulverização utilizada. Provavelmente, a diferença entre os resultados deve estar associada às diferentes arquiteturas de plantas analisadas e sua interação com a calda pulverizada.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de adjuvantes, em diferentes doses, nas características físico-químicas de soluções aquosas.

**Material e Métodos**

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Meca-

nização Agrícola, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil. Foram avaliados potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, densidade, viscosidade, tensão superficial e estabilidade de soluções aquosas contendo oito adjuvantes comerciais de uso agrícola, em sua dose recomendada pelo fabricante (dose-cheia) e na metade da dose (meia-dose), além de uma amostra com apenas água destilada. Os adjuvantes e as doses avaliadas estão apresentados na Tabela I. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, num fatorial hierarquizado 8x2+1, sendo o primeiro fator os adjuvantes e o segundo fator, as doses dentro dos adjuvantes. O fator adicional avaliado foi a água destilada.

Todas as avaliações foram realizadas a partir de soluções preparadas em béqueres de 0,5 l, à temperatura de

25°C. O pH e a condutividade elétrica foram medidos diretamente nas soluções utilizando peagâmetro e condutivímetro portátil (Hanna, HI98139). O equipamento foi previamente calibrado por meio de soluções-padrão. A densidade foi estimada por meio da determinação da massa de 0,1 l da solução depositada em um balão volumétrico, em balança com resolução de 0,1mg.

A viscosidade dinâmica foi determinada empregando um viscosímetro rotativo microprocessado (Quimis, Q860M21), o qual permite medir eletronicamente a força de torção já convertida em viscosidade. Este viscosímetro de medição direta funciona pelo princípio da rotação de um cilindro (cabeça de medição) submerso na amostra a ser analisada, medindo-se a força da torção necessária para superar a resistência da rotação. Utilizou-se o rotor

TABELA I  
ADYUVANTES E DOSES AVALIADAS

Composição básica do adjuvante	Indicação de uso	Dose-cheia (%v/v)	Meia-dose (%v/v)
Fosfatidilcolina e ácido propiônico (712,88g.l <sup>-1</sup> )	Espalhante adesivo/Acidificante	0,50	0,25
Nonil fenoxipoli etanol (etilenoxi) + sal sódico dodecil benzeno sulfônico (226g.l <sup>-1</sup> + 226g.l <sup>-1</sup> )	Espalhante adesivo	0,20	0,10
Alquil fenol poliglicol éter (250g.l <sup>-1</sup> )	Espalhante adesivo	0,03	0,015
Nonil fenol polietileno glicol éter (125g.l <sup>-1</sup> )	Espalhante adesivo	0,10	0,05
Éter poliglicólico de monilfenol (150g.l <sup>-1</sup> )	Espalhante adesivo	0,10	0,05
Óleo vegetal - ésteres de ácidos graxos (860g.l <sup>-1</sup> )	Espalhante adesivo	0,50	0,25
Nonil-fenol etoxilado + óxido de etileno (120g.l <sup>-1</sup> )	Anti-deriva e Espalhante adesivo	0,15	0,075
Dodecil benzeno*	Espalhante adesivo/Acidificante	0,03	0,015

\*Concentração e composição completa não informada pelo fabricante.

TABELA II  
 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE SOLUÇÕES  
 AQUOSAS CONTENDO DIFERENTES ADJUVANTES, EM DOSE-CHEIA E MEIA-DOSE

Adjuvante	pH			Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )		
	Meia-dose	Dose-cheia	Média	Meia-dose	Dose-cheia	Média
Fosfatidilcolina e ácido propiônico	3,33 A*	3,36 A*	3,35 a	136,50 A*	191,00 B*	163,75 e
Nonil fenoxipoli etanol + sal sódico dodecil benzeno sulfônico	7,56 A*	7,71 B*	7,64 f	44,25 A*	84,25 B*	64,25 c
Alquil fenol poliglicol éter	5,53 A	5,66 B*	5,60 d	1,00 A	1,00 A	1,00 a
Nonil fenol polietileno glicol éter	5,47 A	5,56 A	5,52 c	1,00 A	1,00 A	1,00 a
Éter poliglicólico de monilfenol	5,21 A*	5,21 A *	5,21 b	1,00 A	1,00 A	1,00 a
Óleo vegetal - ésteres de ácidos graxos	5,20 A*	5,22 A*	5,21 b	1,00 A	1,00 A	1,00 a
Nonil-fenol etoxilado + óxido de etileno	7,37 A*	7,46 A*	7,42 e	11,25 A*	29,00 B*	20,13 b
Dodecil benzeno	3,35 A*	3,35 A*	3,35 a	111,75 A*	186,25 B*	149,00 d
Água		5,43			1,25	
CV (%)		1,27			9,96	

Dose-cheia: dose recomendada pelo fabricante.

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha (água), a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

zero e rotação de 60rpm. A tensão superficial foi determinada de acordo com a ABNT (1994). Esta norma prescreve o método de ensaio para determinação da energia livre necessária para romper a interface de produtos agrotóxicos. Baseia-se na contagem de gotas formadas em uma bureta de 10ml.

A estabilidade da calda foi avaliada de forma visual. Após o preparo das soluções e descanso por uma hora, elas foram agitadas homogeneamente por 60s. Posteriormente, após 10, 20, 40, 60, 120 e 240min, verificou a formação de fases na solução: estável (monofásica) e instável (bifásica). Avaliou-se também a formação de espuma na solução.

Os dados de pH, condutividade elétrica, densidade, viscosidade e tensão superficial foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Scott-Knott, e com a água, utilizando-se o teste de Dunnett, ambos a 5% de probabilidade de erro.

### Resultados e Discussão

O pH e a condutividade elétrica das soluções são mostrados na Tabela II. O pH, em média, variou de 3,35 a 7,64, sendo o da água, 5,43. A dose influenciou apenas o pH do nonil fenoxipoli etanol. Somente o adjuvante nonil fenol polietileno glicol éter e o alquil fenol poliglicol éter, em meia dose, não alteraram o pH da solução. O fosfatidilcolina e o dodecil benzeno foram os produtos que mais abaixaram o pH e o nonil fenoxipoli etanol, o que mais elevou.

Esses resultados alertam para os cuidados que devem ser tomados na utilização

dessas soluções para a aplicação de agrotóxicos, uma vez que a eficiência de alguns desses, como é o caso dos grupamentos ácidos do 2,4-D e do glifosate, é dependente do pH da calda (Wanamarta e Penner, 1989).

Alguns herbicidas têm sua eficiência elevada na planta com a redução do pH da água a valores próximos a 4,0. Além disso, em pH mais baixo, a taxa de hidrólise é retardada, mantendo a folha úmida por maior tempo, pois a superfície das folhas tem um pH neutro, havendo uma interação com o pH da calda.

Segundo Azevedo (2001), os produtos são formulados

para tolerar alguma variabilidade no pH das caldas. Valores extremos, no entanto, podem afetar a estabilidade física. Dessa forma, é importante consultar o fabricante para verificar a faixa de pH ideal para cada agrotóxico e, assim, determinar o adjuvante mais adequado.

Com relação à condutividade elétrica, os produtos alquil fenol poliglicol éter, nonil fenol polietileno glicol éter, éter poliglicólico de monilfenol e ésteres de ácidos graxos não a alteraram. Os demais produtos elevaram a condutividade, sendo que o aumento da dose favoreceu esse incremento. O fosfatidilcolina foi o adjuvante que mais elevou a condutividade em relação à água.

De acordo com Carlson e Burnside (1984), a condutividade elétrica da água, quando elevada, indica a presença de grandes quantidades de íons, os quais podem diminuir a eficácia biológica de alguns herbicidas. Íons como  $\text{Fe}^{+3}$  e  $\text{Al}^{+3}$ , por exemplo, podem reagir com o agrotóxico reduzindo sua eficácia. No entanto, tal interferência é influenciada pela tecnologia empregada na pulverização, não existindo uma concentração alta ou baixa fixa para tais íons. Para uma mesma concentração, quanto menor for o volume de água utilizado por área para a distribuição de uma mesma dose de agrotóxico, menor será a interferência destes sobre o princípio ativo (Ramos e Araújo, 2006).

Na Tabela III, são apresentados os resultados de densidade e viscosidade. Os produtos fosfatidilcolina, ésteres de ácidos graxos e nonil-fenol etoxilado, em dose-cheia, promoveram redução da densidade em relação à água, no entanto, a magni-

TABELA III  
 DENSIDADE E VISCOSIDADE DE SOLUÇÕES AQUOSAS CONTENDO DIFERENTES  
 ADJUVANTES, EM DOSE-CHEIA E MEIA-DOSE

Adjuvante	Densidade ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )			Viscosidade (mPa·s)		
	Meia-dose	Dose-cheia	Média	Meia-dose	Dose-cheia	Média
Fosfatidilcolina e ácido propiônico	0,9969 B*	0,9957 A*	0,9963 b	5,17 A*	5,81 B*	5,49 b
Nonil fenoxipoli etanol + sal sódico dodecil benzeno sulfônico	0,9988 A	0,9983 A	0,9986 d	2,73 A*	3,02 A*	2,88 a
Alquil fenol poliglicol éter	0,9989 A	0,9984 A	0,9986 d	6,18 A*	6,28 A*	6,23 c
Nonil fenol polietileno glicol éter	0,9980 A	0,9977 A	0,9974 c	5,94 A*	6,15 A*	6,05 c
Éter poliglicólico de monilfenol	0,9974 A	0,9973 A	0,9973 c	5,21 A*	5,60 A*	5,41 b
Óleo vegetal - ésteres de ácidos graxos	0,9958 A*	0,9954 A*	0,9956 a	5,97 A*	6,08 A*	6,03 c
Nonil-fenol etoxilado + óxido de etileno	0,9977 B	0,9968 A*	0,9973 c	5,84 A*	5,89 A*	5,87 c
Dodecil benzeno	0,9973 A	0,9972 A	0,9973 c	5,64 A*	5,73 A*	5,69 b
Água		0,9983			1,21	
CV (%)		0,06			7,26	

Dose-cheia: dose recomendada pelo fabricante.

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha (água), a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

tude desta alteração foi pequena, em virtude das concentrações empregadas, concordando com os dados apresentados por Matuo *et al.* (1989). A dose influenciou a densidade da solução com fosfatidilcolina e nonil-fenol etoxilado. O produto ésteres de ácidos graxos foi o que mais reduziu a densidade.

A maioria dos compostos orgânicos, incluindo todos os hidrocarbonetos alifáticos, tem densidades menores que da água, enquanto os compostos orgânicos halogenados têm densidades maiores. Esta propriedade influencia o risco de deriva e o potencial de lixiviação em uma dada situação (Azevedo, 2007).

Todos os produtos, independente da dose, elevaram a viscosidade das soluções em relação à água. A dose influenciou apenas o adjuvante fosfatidilcolina. O alquil fenol poliglicol éter, o nonil fenol polietileno glicol éter, o ésteres de ácidos graxos e o nonil-fenol etoxilado foram os produtos que promoveram o maior incremento de viscosidade.

Em geral, a elevação da viscosidade está associada à geração de gotas de pulverização maiores e, portanto, com efeito no potencial de deriva de uma aplicação. No entanto, não há definida a magnitude desta elevação necessária para o aumento do diâmetro das gotas. Bouse *et al.* (1990) mostram que os componentes das formulações são importantes na determinação das características da pulverização, como o tamanho de gota. Contudo, a variação da viscosidade proporcionada pela adição de adjuvantes não é muito significativa.

Iost (2008), avaliando o efeito de adjuvantes com potencial anti-deriva (Antideriva, Uno, Pronto 3, Li-700 e Supersil) no tamanho de gotas, notou pouco efeito dos mesmos no diâmetro da mediana volumétrica e na percentagem de volume de gotas menor que 100µm, nas doses recomendadas pelos fabricantes. O adjuvante An-

TABELA IV  
TENSÃO SUPERFICIAL DE SOLUÇÕES AQUOSAS CONTENDO DIFERENTES ADJUVANTES, EM DOSE-CHEIA E MEIA-DOSE

Adjuvante	Tensão superficial (N·m <sup>-1</sup> )		
	Meia-dose	Dose-cheia	Média
Fosfatidilcolina e ácido propiônico	0,0573 A*	0,0530 A*	0,0552 b
Nonil fenoxipoli etanol + sal sódico dodecil benzeno sulfônico	0,0484 B*	0,0432 A*	0,0458 a
Alquil fenol poliglicol éter	0,0611 B*	0,0511 A*	0,0561 b
Nonil fenol polietileno glicol éter	0,0720 B	0,0564 A*	0,0642 c
Éter poliglicólico de monilfenol	0,0589 A*	0,0578 A*	0,0584 b
Óleo vegetal - ésteres de ácidos graxos	0,0561 A*	0,0551 A*	0,0556 b
Nonil-fenol etoxilado + óxido de etileno	0,0550 A*	0,0511 A*	0,0531 b
Dodecil benzeno	0,0760 A	0,0722 A	0,0741 d
Água		0,0722	
CV (%)		5,29	

Dose-cheia: dose recomendada pelo fabricante.

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha (água), a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

tideriva, com o dobro da dose recomendada, foi o que apresentou o maior potencial para redução da deriva.

Smith *et al.* (2000), estudando a deposição de herbicida em folhas de capim fedegoso (*Cassia occidentalis* L.) não encontraram diferença entre soluções sem e com a adição de adjuvante para aumento da viscosidade da calda (polímero de acrilamida). Neste trabalho, a viscosidade das soluções foi medida, variando de 1,1mPa·s, sem adjuvante, para 8,9mPa·s, com adjuvante, o que mostra que variações desta ordem podem não interferir na deposição da calda no alvo.

Os resultados do perfil reológico evidenciaram fluxo não newtoniano, com variação da viscosidade com o grau de

cisalhamento aplicado. Com relação a tensão superficial (Tabela IV), apenas o produto nonil fenol polietileno glicol éter, em meia dose, e o dodecil benzeno não promoveram a redução da tensão superficial em relação à água. Nos produtos nonil fenoxipoli etanol, alquil fenol poliglicol éter e nonil fenol polietileno glicol éter, o aumento da dose promoveu maior redução da tensão superficial.

Segundo Mendonça *et al.* (2007), a eficiência de um determinado adjuvante na redução da tensão superficial em soluções aquosas é determinada por dois parâmetros. O primeiro corresponde a sua capacidade de reduzir a tensão superficial em soluções aquosas concentradas. O outro parâmetro corresponde a sua capacidade de atingir a ten-

são superficial mínima em soluções aquosas menos concentradas. Com base nesta informação, o produto nonil fenoxipoli etanol + sal sódico dodecil benzeno sulfônico, independente da dose, foi o melhor hipotensor, concordando com os dados apresentados por Montório *et al.* (2005), em que este produto também foi bom redutor de tensão superficial.

O acréscimo de surfactantes nas caldas aquosas de pulverização contribui para a formação de filmes líquidos sobre as superfícies foliares graças ao processo de coalescência das

gotas (Montório *et al.*, 2005). No entanto, a dose de uso de adjuvantes tensoativos indicada nos rótulos são apenas orientativas. O efeito hipotensor aumenta com a dose até certo limite, pois, atingindo um ponto de saturação, não se obtém efeito adicional (Azevedo, 2007).

Singh e Mack (1993), avaliando tensão superficial, observaram que os surfactantes organossiliconados estudados apresentaram valores mínimos de 0,0225N·m<sup>-1</sup>, em concentrações que variavam de 0,1 a 0,125%. Quando estudaram espalhantes não siliconados, pertencentes ao grupo do alquilfenol etoxilado, verificaram tensão de equilíbrio próxima a 0,0310N·m<sup>-1</sup>, em concentrações nos mesmos níveis aos observados pelos siliconados.

TABELA V  
ESTABILIDADE DE SOLUÇÕES AQUOSAS CONTENDO DIFERENTES ADJUVANTES, EM DOSE-CHEIA E MEIA-DOSE

Adjuvante	Estabilidade (meia-dose)												Estabilidade (dose-cheia)					
	Tempo de observação (min)																	
	10	20	40	60	120	240	10	20	40	60	120	240						
Fosfatidilcolina e ácido propiônico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Nonil fenoxipoli etanol + sal sódico dodecil benzeno sulfônico	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Alquil fenol poliglicol éter	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Nonil fenol polietileno glicol éter	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Éter poliglicólico de monilfenol	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Óleo vegetal - ésteres de ácidos graxos	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-						
Nonil-fenol etoxilado + óxido de etileno	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Dodecil benzeno	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						

Dose-cheia: dose recomendada pelo fabricante.

(+) Estabilidade da calda; (-) Instabilidade da calda.

A pequena área de contato entre a gotícula da calda pulverizada e a superfície da cutícula limita o potencial para a difusão da calda; logo, todos os aspectos das superfícies foliares (topografia das células, grau e tipo de desenvolvimento da cera epicuticular, tricomas e glândulas) também influenciam a deposição do agrotóxico nas superfícies foliares, além da tensão superficial (Albert e Victoria Filho, 2002).

Os dados obtidos de estabilidade das caldas são apresentados na Tabela V. Os sinais positivos (+) indicam estabilidade da calda no referido tempo e os sinais negativos (-) representam instabilidade da calda. Nota-se que o fosfatidilcolina mostrou-se instável após 10min sem agitação e o óleo vegetal, após 20min. Não houve interferência da dose nos resultados. Em nenhuma solução foi notada a formação de espuma nos tempos observados. Especial cuidado deve ser dado ao sistema de agitação de calda do tanque dos pulverizadores em soluções que apresentam baixa estabilidade.

Tendo em vista os resultados apresentados, a adição de adjuvantes às caldas de pulverização pode ser importante, quando da aplicação de diversos agrotóxicos, porém não deve ser uma prática generalizada. Segundo Ryckaert *et al.* (2007), o uso correto dos adjuvantes pode aumentar significativamente o desempenho do produtos aplicados. Porém, o aumento na eficiência da aplicação do agrotóxico pode causar um aumento do impacto ambiental. Isto é possível pela presença da molécula do adjuvante no ambiente e também

pela influência do adjuvante no resíduo final do agrotóxico. Com o emprego dos adjuvantes, os períodos de carência devem ser reestudados, em função do aumento dos resíduos dos produtos nos vegetais.

### Conclusões

O efeito dos adjuvantes nas características físico-químicas das soluções aquosas mostrou-se dependente de sua composição química e formulação. O comportamento dessas características não foi semelhante, mesmo para produtos com mesma indicação de uso.

A alteração da dose influenciou as características físico-químicas de maneira diferenciada para cada adjuvante. Algumas características não foram influenciadas pelo emprego de dose-cheia ou meia-dose.

O pH, a tensão superficial e a viscosidade foram as propriedades mais sensíveis à adição dos adjuvantes.

A adição de alguns adjuvantes pode levar à instabilidade da calda, requerendo maior agitação da calda no tanque dos pulverizadores.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro.

### REFERÊNCIAS

Albert LHB, Victória Filho R (2002) Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guanxumas. *Ciênc. Agrotecnol.* 26: 888-899.

ABNT (1994) *NBR 13241: Agrotóxico - Determinação da Tensão Superficial - Método de Ensaio*. ABNT. Rio de Janeiro, Brasil. 2 pp.

Azevedo LAS (2007) *Proteção integrada de plantas com fungicidas*. Emopi. Campinas, Brasil. 284 pp.

Azevedo LAS (2001) *Fungicidas sistêmicos: teoria e prática*. São Paulo, Brasil. 230 pp.

Bouse LF, Kirk IW, Bode LE (1990) Effect of spray mixture on droplet size. *Trans. ASAE* 33: 783-788.

Carbonari CA, Martins D, Marchi SR, Cardoso LR (2005) Efeito de surfactantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. *Planta Daninha* 23: 725-729.

Carlson KL, Burnside OC (1984) Comparative phytotoxicity of glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. *Weed Sci.* 32: 841-884.

Chorilli M, Zague V, Scarpa MV, Leonardi GR (2007) Influência da viscosidade do veículo na liberação in vitro da cafeína. *Rev. Farm.* 4: 52-60.

Cunha JPAR, Teixeira MM, Coury JR, Ferreira LR (2003) Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. *Planta Daninha* 21: 325-332.

Iost CAR (2008) *Efeito de Adjuvantes nas Propriedades Físico-Químicas da Água e na Redução de Deriva em Pulverizações sobre Diferentes Espécies de Plantas Daninhas*. UNESP. Botucatu, Brasil. 63 pp.

Lan Y, Hoffmann WC, Fritz BK, Martins DE, Lopez LE (2007) Drift reduction with drift control adjuvants. ASABE. St. Joseph, USA. 14 pp. (paper n. 071060)

Martins D, Terra MA, Carbonari CA, Negrisoni E, Cardoso LR, Tofoli GR (2005) Efeito de diferentes concentrações de aterbane na deposição de calda em plantas de *Pistia stratiotes*. *Planta Daninha* 23: 343-348.

Matuo T, Nakamura SH, Almeida A (1989) Efeito de alguns adjuvan-

tes da pulverização nas propriedades físicas do líquido. *Summa Phytopathol.* 15: 163-173.

Mendonça CG, Raetano CG, Mendonça CG (2007) Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. *Eng. Agríc.* 27: 16-23.

Montório GA, Velini ED, Maciel CDG, Montório T (2005) Eficiência dos surfatantes de uso agrícola na redução da tensão superficial. *Rev. Bras. Herbic.* 4: 8-22.

Montório GA, Velini ED, Montório T (2004) Definição de um coeficiente de eficácia para estudo de tensão superficial com surfactantes siliconados e não siliconados. *Sci. Agr. Parana.* 3: 25-34.

Prokop M, Kejklicek R (2002) Effect of adjuvants on spray droplet size of water. *Res. Agric. Eng.* 48: 144-148.

Ramos HH, Araújo D (2006) *Preparo da Calda e sua Interferência na Eficácia de Agrotóxicos*. 2006. Infobibos. Campinas, Brasil. 4 pp.

Ramsdale BK, Messersmith CG (2001) Nozzle, spray volume, and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. *Weed Technol.* 15: 485-491.

Ryckaert B, Spanoghe P, Haesaert G, Heremans B, Isebaert S, Steurbaut W (2007) Quantitative determination of the influence of adjuvants on foliar fungicide residues. *Crop Protect.* 26: 1589-1594.

Tang X, Dong J, Li X (2008) A comparison of spreading behaviors of Silwet 1-77 on dry and wet lotus leaves. *J. Coll. Interf. Sci.* 325: 223-227.

Singh M, Mack RE (1993) Effect of organosilicone-based adjuvants on herbicide efficacy. *Pestic. Sci.* 38: 219-225.

Smith DB, Askew SD, Morris WH, Shaw DR, Boyette M (2000) Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. *Trans. ASAE* 43: 255-259.

Wanamarta G, Penner D (1989) Foliar absorption of herbicides. *Weed Sci.* 4: 215-232.