

## ÂNGULO DE CONTATO E TENSÃO SUPERFICIAL DE CALDAS FUNGICIDAS COM O USO DE ADJUVANTES

Lucas Ap. Gaion<sup>1</sup>, Olinto Lasmar<sup>2</sup>, Gilson J. Leite<sup>3</sup>, José R. Lorençon<sup>4</sup>, Marcelo C. Ferreira<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agr., mestrando do programa de Produção Vegetal, Depto. Produção Vegetal, UNESP, Jaboticabal/SP - Brasil, lucas.gaion@yahoo.com.br;

<sup>2</sup> Eng. Agr., doutorando do programa de Entomologia Agrícola, Depto. Fitossanidade, UNESP, Jaboticabal/SP - Brasil, lasmar84@yahoo.com.br;

<sup>3</sup> Téc. Agrop., Depto. Fitossanidade, UNESP, Jaboticabal/SP - Brasil, gilsonjleite@yahoo.com.br;

<sup>4</sup> Biólogo, Depto. Fitossanidade, UNESP, Jaboticabal/SP – Brasil;

<sup>5</sup> Eng. Agr., Professor Adjunto, Departamento de Fitossanidade, UNESP, Jaboticabal/SP - Brasil, mdacosta@fcav.unesp.br;

### Resumo

O uso de adjuvantes tem aumentado consideravelmente e a utilização destes pode acarretar alterações de pH, tensão superficial e viscosidade da calda fitossanitária, influenciando a formação e o comportamento das gotas. Por isso o objetivo do presente trabalho foi avaliar a tensão superficial e o ângulo de contato de gotas formadas a partir de caldas fitossanitárias adicionadas de adjuvantes. Os experimentos foram em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos resultantes da combinação do fungicida oxicloreto de cobre e três adjuvantes (tributilcitrato + polimetilsiloxano, óleo vegetal e copolímero de poliéter e silicone) e testemunha com água pura, em quatro repetições. O ângulo de contato foi avaliado em superfície de vidro e de folha de laranjeira, através da captura da imagem da gota por uma câmera CCD e análise em tempo real do formato da gota por assimetria de eixos. A medição da tensão superficial foi feita em um tensiômetro automático pelo método da gota pendente. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os adjuvantes reduziram a tensão superficial das gotas, principalmente o Silwet L-77<sup>®</sup>. Quanto ao ângulo de contato, este se destacou proporcionando rápido espalhamento das gotas.

**Palavras chave:** tecnologia de aplicação, formulação, pulverização, cobertura.

### Introdução

Existem diversos produtos denominados adjuvantes que podem melhorar a eficiência da pulverização, estes podem ser constituintes da formulação do produto fitossanitário ou serem adicionados à calda de pulverização, atuando na formação das gotas, na tensão superficial e também na interação do líquido com a superfície, influenciando indiretamente o molhamento da superfície, podendo contribuir para melhorar a cobertura do alvo (Durigan, 1993).

Cunha & Alves (2009) observaram alterações de pH, tensão superficial e viscosidade em função da adição à calda fitossanitária de oito adjuvantes diferentes indicados como espalhantes adesivos. Mendonça et al. (2007) avaliaram as alterações proporcionadas pela adição de óleo mineral e vegetal à água e ambos reduziram significativamente a tensão superficial da calda, embora as modificações tenham dependido não apenas da origem do óleo, mas também da sua concentração na calda de pulverização, uma vez que o aumento da concentração do óleo na calda até 1 % v/v causou reduções mais expressivas de tensão superficial.

O comportamento de uma gota depende da interação da calda que a constitui e a superfície avaliada (Moita Neto, 2006). A adição de adjuvantes à calda de pulverização pode reduzir a tensão superficial das gotas, melhorando o espalhamento destas sobre a superfície onde foram depositadas diminuindo o ângulo de contato entre a gota e a superfície.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adição dos adjuvantes tributilcitrato + polimetilsiloxano, óleo vegetal e copolímero de poliéter e silicone à calda cúprica sobre a cinética da tensão superficial e do ângulo de contato das gotas em folha de laranjeira e em lâmina de vidro.

### Material e Métodos

O experimento foi realizado em laboratório do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento de Tecnologia de Aplicação - NEDTA do Departamento de Fitossanidade do Câmpus de Jaboticabal - SP, UNESP, no mês de janeiro de 2012.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (apresentados na Tabela 1), com quatro repetições. Adotou-se água como testemunha.

Tabela1. Tratamentos empregados na avaliação da cinética da tensão superficial e do ângulo de contato de gotas em plantas cítricas. Jaboticabal-SP, 2012.

Tratamentos	Dosagens (100 L água)
Testemunha*	Água
Oxicloreto de Cu (1)	200 g
Oxicloreto de Cu + tributílcitrat + polimetilsiloxano (2)	200 g + 10 mL
Oxicloreto de Cu + óleo vegetal (3)	200 g + 500 mL
Oxicloreto de Cu + copolímero de poliéter e silicone (4)	200 g + 75 mL

\* Água ultra pura; 1. Cuprogarb 500 PM; 2. Vertex Premium Rain Shield; 3. Veget'oil; 4. Silwet L-77 Ag

Para as avaliações da tensão superficial e do ângulo de contato de gotas, foram preparados 500 mL de calda para cada um dos tratamentos. As soluções foram preparadas minutos antes de serem avaliadas. Registrou-se temperatura de 25°C e umidade relativa do ar de 65 % durante o período de avaliações. As gotas foram formadas com o auxílio de uma microseringa graduada com capacidade de 500 µL, dispensando-se volumes de 10 µL para cada repetição.

Para efeito de comparação, foram utilizadas duas superfícies com características diferentes. A primeira caracteriza-se por ser uma superfície hidrofóbica, nesse caso representada por folhas de citros cujo ângulo de contato da água, geralmente é maior que 90°. Já a segunda, refere-se a uma superfície hidrofílica com ângulo de contato da água menor que 90°, representada por uma lâmina de vidro.

As medições foram realizadas a cada segundo num tempo total de três minutos, através de um tensiômetro automático, modelo OCA-20, da Dataphysics Germany onde a tensão superficial é determinada pelo método da gota pendente. A imagem da gota é capturada por uma câmera e o equipamento analisa o formato da gota pendente na extremidade de uma agulha acoplada à seringa de emissão do líquido a ser analisado por assimetria de eixos (ADSA axisymmetric drop shape analysis). Um software específico que utiliza uma posição ideal como linha de referência no campo de imagem é utilizado para que se identifique o ponto chave para o início da gravação das imagens. A tensão superficial é determinada através da digitalização e análise do perfil da gota, utilizando para ajuste a equação de Young-Laplace.

Para evitar a evaporação das gotas, foi utilizada uma cubeta de vidro contendo água, sendo que esta foi posicionada abaixo da gota pendente durante todo o período de coleta dos dados.

Para a avaliação da cinética do ângulo de contato de gotas, utilizaram-se o mesmo equipamento (OCA-20), que também obtém estes valores através da análise de imagem. As medições também ocorreram a cada segundo num tempo total de três minutos após a deposição de cada gota na superfície estudada (folha de laranja).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e a comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, além de uma análise gráfica.

## Resultados e Discussão

Os adjuvantes reduziram a tensão superficial, sendo que o tratamento oxicloreto de cobre mais copolímero de poliéter e silicone resultou nos menores valores (Tabela 2). O oxicloreto de cobre sem adição de adjuvantes não afetou a tensão superficial das gotas não diferindo dos valores apresentados pela testemunha. A combinação oxicloreto de cobre e tributílcitrat + polimetilsiloxano resultou em menor tensão superficial das gotas apenas em relação aos tratamentos sem adição de adjuvantes, com valores maiores aos proporcionados pelo tratamento oxicloreto de cobre e óleo vegetal.

Mendonça et al. (1999) avaliando adjuvantes organossiliconados combinados a glyphosate, verificou que o copolímero de poliéter e silicone foi o mais eficiente em reduzir a tensão superficial

da calda, assim como neste experimento onde o copolímero de poliéter e silicone foi o adjuvante que proporcionou menor tensão superficial da calda de pulverização.

Segundo Stevens et al. (1993), a tensão superficial é um dos fatores chaves no desempenho dos adjuvantes e sua redução é tão importante quanto o tamanho da gota, velocidade da gota e ângulo de depósito na folha.

Tabela 2: Tensão superficial das gotas em função da adição de adjuvantes a calda de pulverização. Jaboticabal-SP, 2012.

Tratamentos	Tensão superficial ( $\text{mN m}^{-1}$ )
Testemunha (água)	92,43 a
Oxicloreto de Cu	92,13 a
Oxicloreto de Cu + Vertex RS <sup>®</sup>	63,83 b
Oxicloreto de Cu + Veget'oil <sup>®</sup>	53,67 c
Oxicloreto de Cu + Silwet L-77 <sup>®</sup>	26,63 d
CV (%)	0,61

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p \leq 0,05$ .

Quando observado o comportamento das gotas sobre o vidro pode-se verificar tendência de redução gradual do ângulo de contato ao longo do período avaliado de ambos os tratamentos. Entretanto, a combinação oxicloreto de cobre e óleo vegetal apresentou os menores ângulos de contato da gota com a superfície, tanto inicialmente quanto ao final dos 180 segundos (Figura 1). No final do período de avaliação praticamente não se observou diferença entre a testemunha e a calda de oxicloreto de cobre (Figura 1).

Avaliando o comportamento do ângulo de contato das gotas na folha de laranjeira pode se distinguir três comportamentos diferentes. O primeiro é apresentado pela gota gerada a partir da calda composta de oxicloreto de cobre, sendo que esta apresenta ângulo de contato inicial próximo de  $90^\circ$  e uma pequena redução desse ângulo ao longo dos 180 segundos. Outro grupo é constituído pelas gotas compostas somente por água e aquelas compostas por oxicloreto de cobre mais tributilcitrat + polimetilsiloxano, apresentando ângulo de contato inicial inferior ao oxicloreto de cobre e lenta redução do ângulo de contato ao longo do período avaliado. Por fim temos as gotas compostas por oxicloreto de cobre com óleo vegetal, apresentando ângulo de contato inicial próximo aos  $75^\circ$  quando então ocorre uma rápida redução do seu ângulo até os 30 segundos e após esse período persiste uma redução gradual do ângulo de contato, sendo o tratamento que apresenta o menor ângulo de contato (Figura 2).

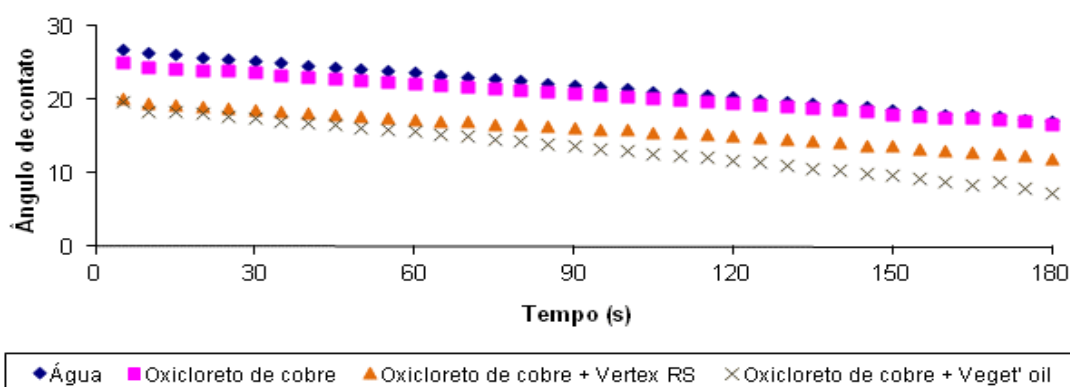


Figura 1: Dinâmica do ângulo de contato das gotas sobre lâmina de vidro ao longo do período de avaliação. Jaboticabal-SP, 2012.

Pode ser observado que, apesar do tratamento oxicloreto de cobre apresentar tensão superficial semelhante a água, o ângulo de contato das gotas com a folha de laranjeira diferiram entre esses dois tratamentos devido a interação entre a superfície e o líquido. O ângulo de contato das gotas é influenciado pela tensão superficial das gotas, mas também pela afinidade das substâncias componentes desta com os constituintes da superfície onde estão depositadas. Albert & Victoria Filho (2002) afirmam que a quantidade de ceras da cutícula interfere diretamente no comportamento das gotas depositadas na superfície foliar.

Quanto às gotas compostas de oxiclureto de cobre e copolímero de poliéter e silicone, não foi possível avaliar o ângulo de contato destas uma vez que o espalhamento ocorria de maneira muito rápida ultrapassando o campo de captura da imagem pelo analisador, tornando impossível a determinação dos respectivos ângulos de contato. Essa característica pode ser explicada pela baixa tensão superficial observada em gotas formadas por esse tratamento.

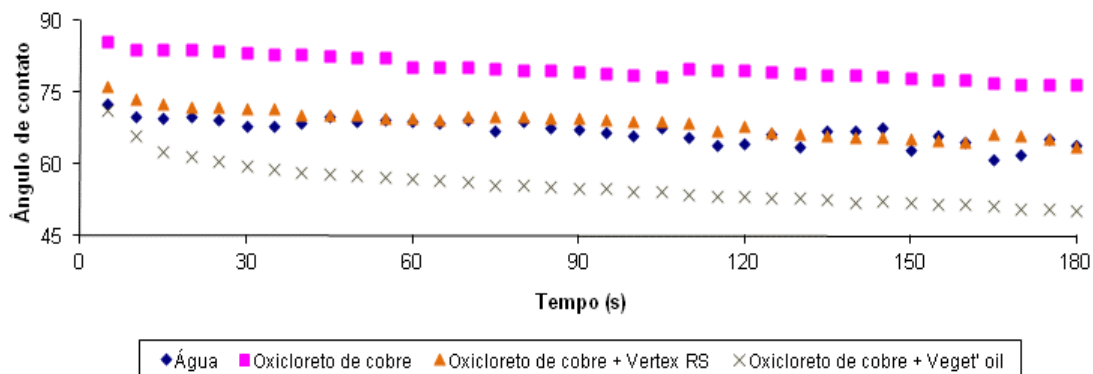


Figura 2: Dinâmica do ângulo de contato das gotas sobre folhas de laranjeira ao longo do período de avaliação. Jaboticabal-SP, 2012.

Iost & Raetano (2010) avaliaram a influência de diferentes surfatantes adicionados em solução aquosa e sua influência sobre a tensão superficial e o ângulo de contato das gotas em superfícies artificiais e naturais de três plantas daninhas (*Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea grandifolia* e *Brachiaria plantaginea*), observaram que os adjuvantes siliconados como o Silwet L-77<sup>®</sup> foram os que mais reduziram a tensão superficial das gotas aumentando o espalhamento destas gotas e resultando em ângulo de contato menor, observou-se grande influência da superfície sobre a tensão superficial e o ângulo de contato.

## Conclusões

Os adjuvantes foram reduziram a tensão superficial das gotas, sendo o copolímero de poliéter e silicone o de maior redução da tensão superficial e do ângulo de contato das gotas sobre folhas de citros, sendo que o seu uso pode contribuir para a redução do volume de aplicação, mantendo boa cobertura do alvo.

## Referências

- ALBERT, L. H. B.; VICTORIA FILHO, R. Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guanxumas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.5, p.888-899, 2002.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciência**, v.34, n.9, p.655-659, 2009.
- DURIGAN, J. C. **Efeito de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 42 p.
- 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.
- MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, v.27, n. especial, p.16-23, 2007.
- MENDONÇA, C. G.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; MENDONÇA, C. G. Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial e a área de molhamento de soluções de glyphosate sobre folhas de tiririca. **Planta Daninha**, v.17, n.3, p.355-365, 1999.
- MOITA NETO, J. M. **Molhamento e ângulo de contato**. março de 2006. Teresina: Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Piauí. Disponível em: <<http://www.fapepi.pi.gov.br/ciencia/documentos/Molhamento.PDF>>. Acesso em: 29 fev. 2012.
- STEVENS, P. J. G.; KIMBERLEY, M. O.; MURPHY, D. S. Adhesion of spray droplets to foliage: the role of dynamic surface tension and advantages of organosilicone surfactants. **Pesticide Science**, v.38, p.237-45, 1993.