

# TENSÃO SUPERFICIAL E ÂNGULO DE CONTATO DE GOTAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SOLUÇÕES COM ADJUVANTES EM SUPERFÍCIE FOLIAR DO ALGODOEIRO

RONALDO P. MADUREIRA<sup>1</sup>, CARLOS G. RAETANO<sup>2</sup>, OLINTO LASMAR<sup>3</sup>, MARCELO C. FERREIRA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa/MG, Fone (38) 9220-2551, ronaldomadureira22@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto, Departamento Proteção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu/SP.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Entomologia, Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal/SP.

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto, Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária – Campus de Jaboticabal, UNESP, Jaboticabal/SP.

Apresentado no  
VI SINTAG - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação  
09 a 11 de setembro de 2013 - Londrina/PR

**RESUMO:** Nas aplicações de produtos fitossanitários, os adjuvantes são empregados principalmente visando à redução do potencial risco das pulverizações, porém pouco se sabe sobre a capacidade de molhamento que os adjuvantes proporcionam. O objetivo do trabalho foi avaliar as soluções contendo os adjuvantes quanto à de tensão superficial e ângulo de contato da gota com a superfície foliar de plantas de algodoeiro. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 3 (cinco soluções x três tempos) com cinco repetições. As soluções utilizadas foram (S1 = somente água; S2 = éster metílico de óleo de soja + água; S3 = polímero vegetal + água; S4 = óleo mineral + água e S5 = surfatante organosiliconado + água) as quais foram avaliadas nos três tempos: 1 s, 90 s e aos 180 s. Foram avaliados a tensão superficial e ângulo de contato das gotas das soluções aquosas em folhas de algodoeiro. Todos os adjuvantes testados reduziram a tensão superficial (TS) em comparação à solução controle (somente água). O adjuvante surfatante apresentou a menor TS dentre os adjuvantes. Para o ângulo de contato, exceto no tempo 1 s, o adjuvante surfatante apresentou o menor valor dentre os adjuvantes avaliados. O adjuvante surfatante organosiliconado proporcionou maior redução da tensão superficial e menor ângulo de contato da gota com a superfície foliar do algodoeiro.

**PALAVRAS CHAVES:** Tecnologia de aplicação, molhamento, surfatante.

## SURFACE TENSION AND CONTACT ANGLE OF DROP FROM DIFFERENT SOLUTIONS WITH ADJUVANTS IN COTTON LEAF SURFACE

**ABSTRACT:** In the applications of phytosanitary products, adjuvants are employed mainly aiming at the reduction of the potential risk of sprayings, however little is known about the ability of wetness duration that adjuvants provide. The objective of this study was to evaluate the solutions containing adjuvants on the surface tension and contact angle of the drop with the leaf surface of cotton plants. In the experiment we used the completely randomized design in a factorial 3 x 5 (five solutions x three times) with five replications. The used solutions were (S1 = water only; S2 = soybean oil methyl ester + water, S3 = vegetable polymer + water, S4 = mineral oil + water and S5 = Organosilicone surfactant + water) which were evaluated in three stages: 1 seconds, 90 seconds and 180 seconds. We evaluated the surface tension and contact angle of droplets of aqueous solutions on cotton leaves. All tested adjuvants reduced surface tension compared to the control solution (only water). The surfactant adjuvant showed the lowest value among the adjuvants. For the contact angle, the surfactant adjuvant with the lowest value among the evaluated adjuvants. The Organosilicone surfactant provided greater reduction of surface tension and lower contact angle with drop on the leaf surface of cotton.

**KEYWORDS:** Application technology, wetness duration, surfactant.

**INTRODUÇÃO:** A tensão superficial é fundamental para o desenvolvimento de formulações de produtos fitossanitários e para a eficácia nas suas aplicações em campo. Nas formulações, é importante

a presença de compostos que reduzem a tensão superficial, facilitando o contato entre os diversos componentes de um produto formulado, promovendo a diluição do produto em água e aumentando a estabilidade da solução obtida (Bianco, 1985; Maciel, 2010). As gotas resultantes do processo de pulverização ao se depositar nas plantas formam um ângulo de contato com a superfície foliar. A característica foliar e a formulação da solução aplicada irão influenciar no grau de angulação formado pela gota. No caso da água, se esta superfície for hidrófoba (cerosa) o contato com a superfície será menor, a gota será esférica e o ângulo de contato será maior; se a superfície for mais hidrófila a gota d'água se espalhará podendo até formar um filme uniforme. Numa planta, a molhabilidade de suas folhas depende dos constituintes de sua epiderme. Ramos (2010) relata que uma das formas importantes para aumentar a cobertura é o fator de espalhamento (K), ou seja, a redução da tensão superficial da calda para permitir um maior espalhamento desta sobre o alvo, aumentando a cobertura. Este efeito é conseguido pela utilização de espalhantes. Para utilizar adequadamente um espalhante, inicialmente é importante conhecer algumas características desse adjuvante, como a capacidade que tem de quebrar a tensão superficial. Ainda segundo Ramos (2010), a cobertura é o número de gotas por unidade de área ou a porcentagem do alvo coberta pela calda, obtida na aplicação e representa o objetivo final da pulverização. O objetivo do presente trabalho foi avaliar as características físico-químicas das soluções contendo os adjuvantes quanto à tensão superficial e ângulo de contato da gota com a superfície foliar de algodoeiro.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A fim de verificar a cinética da tensão superficial e do ângulo de contato nas superfícies de folhas de algodão, foram feitas avaliações no laboratório de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários pertencente ao Departamento de Fitossanidade da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. Foi utilizado um tensiômetro automático Contact Angle System OCA, da DataphysicsGermany, equipado com câmera digital de alta velocidade e definição, e o software SCA20, utilizado para a automação do equipamento e avaliação das imagens obtidas, empregando o método da gota pendente para determinar a cinética da tensão superficial. 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 (axisymmetricdropshapeanalysis - ADSA). Para evitar a evaporação das gotas, uma cubeta de vidro contendo água no fundo, foi posicionada abaixo da gota pendente durante todo o período de coleta dos dados. Em seguida, com auxílio do software SCA20 utilizou-se uma posição ideal como linha de referência no campo de imagem para que fosse identificado o ponto chave para o início da gravação das imagens. A tensão superficial foi determinada através da digitalização e análise do perfil da gota, utilizando para ajuste a equação de Young-Laplace (LASMAR; FERREIRA, 2012). O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 3 (cinco caldas x três tempos: 1 segundo, 90 segundo e 180 segundo) com cinco repetições. Para as avaliações foram preparadas caldas com água do sistema público de abastecimento contendo os adjuvantes estudados, nas dosagens recomendadas para cada produto, seguindo a recomendação dos fabricantes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características dos adjuvantes.

SOLUÇÃO	Composição	Nome comercial	Classificação
1	Somente água (CONTROLE)	-	-
2	Polímero Vegetal	Define	Adjuvante
3	Éster metílico de óleo de soja (72,0 % m/v)	Aureo	Adjuvante
4	Óleo Mineral	OPPA	Adjuvante
5	Copolímero de poliéter e silicone (100% m/v)	Silwet	Espalhante adesivo

Foi utilizada como tratamento controle (testemunha), água do sistema público de abastecimento. A superfície natural selecionada se deveu em função da carência de informações a respeito do parâmetro analisado sobre as plantas de algodão, o que poderia influenciar no número de pulverizações realizadas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura. As tensões superficiais e os ângulos de

contato obtidos nas superfícies das folhas de algodoeiro foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores da tensão superficial dinâmica (mN/m) obtidos com soluções aquosas contendo diferentes adjuvantes são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores médios da tensão superficial das diferentes soluções avaliadas nos diferentes tempos.

SOLUÇÃO	Tensão superficial (mN/m)			
	1 s	90 s	180 s	Dms
Água	79,76aA	80,40 aA	80,18 aA	1,16
Polímero Vegetal	58,65 bA	57,67 bAB	57,29 bB	1,16
Éster metílico	40,99 cA	38,93 cB	38,27 cB	1,16
Óleo Mineral	39,19 dA	37,95 cB	36,76 dC	1,16
Surfatante	21,92 eA	21,77 dA	21,53 eA	1,16
Dms	1,35	1,35	1,35	
CV (%)	1,61			

Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si; Na linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; Dms: Diferença mínima significativa; C.V.: coeficiente de variação.

No tempo de 1 s, observou-se redução da tensão superficial de todas as caldas contendo os adjuvantes em relação à solução controle ( $79,8 \text{ mNm}^{-1}$ ). A solução contendo adjuvante que apresentou o menor valor de tensão superficial foi aquela acrescida do surfatante organossiliconado ( $21,9 \text{ mNm}^{-1}$ ). O adjuvante a base de polímero vegetal foi que apresentou a menor capacidade de redução na tensão superficial ( $58,6 \text{ mNm}^{-1}$ ). A tensão superficial das soluções com adjuvante a base de éster metílico ( $40,9 \text{ mNm}^{-1}$ ) e óleo mineral ( $39,1 \text{ mNm}^{-1}$ ) apresentaram valores intermediários entre as soluções com os adjuvantes a base de polímero vegetal e surfatante. O resultado obtido no presente trabalho estão próximos aos obtidos por Oliveira (2011), ao avaliar a tensão superficial pelo método gravimétrico de soluções contendo adjuvante Define utilizando a dose recomendada pelo fabricante, encontrou  $63,22 \text{ mNm}^{-1}$ . A solução contendo o surfatante não diferiu significativamente os valores de tensão superficial nos diferentes tempos avaliados, já as soluções contendo os adjuvantes éster metílico, polímero vegetal e óleo mineral apresentaram menores valores de tensão superficial aos 180 segundos. A calda contendo o adjuvante éster metílico e o óleo mineral resultaram em valores de tensão superficial de aproximadamente 50 % menor em comparação ao tratamento controle (água), fato este devido à composição destes adjuvantes apresentarem em sua constituição um porção variável de 5 a 10 % de surfatante. Os valores do ângulo de contato das gotas com a superfície adaxial das folhas de algodoeiro são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores médios do ângulo de contato das diferentes soluções avaliadas nos diferentes tempos em folhas de algodoeiro.

SOLUÇÃO	Ângulo de contato ( $\theta^\circ$ )			
	1 s	90 s	180 s	Dms
Éster metílico	73,66 aA	51,36 aB	40,15 aB	11,29
Óleo Mineral	71,65 aA	59,84 aB	52,61 bB	11,29
Polímero vegetal	54,68 bA	43,94 aAB	40,33 aB	11,29
Surfatante	46,48bA	0,00 bB	0,00 cB	11,29
Água	45,12bA	31,31 cB	30,94 aB	11,29
Dms	13,21	13,21	13,21	
CV (%)	17,35			

Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si; Na linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; Dms: Diferença mínima significativa; C.V.: coeficiente de variação.

Houve redução acentuada do ângulo de contato da gota com a superfície da folha de algodoeiro somente com a utilização do surfatante organossiliconado adicionado à calda, em relação à água, que formou um ângulo de 46 ° a 1 segundo e 0,00 ° aos 90 segundos de avaliação, neste tempo ocorreu o espalhamento completo da gota sobre a superfície foliar. O resultado está de acordo com o encontrado por Iost (2008), que ao avaliar o ângulo de contato de gotas provenientes de solução contendo adjuvante surfatante organossiliconado em superfície adaxial de corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*) encontrou valor de 0,0 °, Ângulos de contato menores que 90° caracterizam superfícies hidrofílicas e, dessa forma, maior interação entre líquido e superfície (De Gennes, 1985).

Todas as soluções contendo os adjuvantes apresentaram ângulos de contato da gota com a superfície foliar maiores em relação à água, no primeiro segundo de avaliação. No decorrer do período de avaliação, somente o surfatante proporcionou um ângulo de contato menor em relação à água. No tempo de 180 segundos, a solução contendo óleo mineral apresentou o maior ângulo de contato dentre as soluções avaliadas. No mesmo tempo de avaliação, as soluções contendo éster metílico e polímero vegetal, apresentaram valores estatisticamente menores em comparação a solução contendo óleo mineral. Apesar do adjuvante a base de éster metílico apresentar em sua composição uma porcentagem de surfatante, não apresentou eficiência na redução do ângulo de contato com a superfície das folhas de algodoeiro em relação à água.

A solução aquosa sem adjuvante formou um ângulo de contato 45,1° no primeiro segundo e ao final do tempo de avaliação apresentou um ângulo 30,9°. Durante o tempo de avaliação todas as soluções aquosas formaram ângulos de contato da gota com a superfície adaxial das folhas de algodoeiro menores que 90°, evidenciando uma superfície com características hidrofílicas e, portanto, de fácil molhamento (De Gennes, 1985).

**CONCLUSÃO:** O adjuvante surfatante organossiliconado proporciona maior redução da tensão superficial e menor ângulo de contato com a folha de algodoeiro, promovendo o melhor efeito molhante da superfície dentre os adjuvantes.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a Fundação de Amparo à pesquisa do estado de Minas Gerais pelo apoio financeiro e a UNESP/FCAV pela realização do trabalho.

#### **REFERENCIAS:**

- BIANCO, C. A. Tensão superficial e estado físico. In: ENCONTRO NACIONAL DE FORMULAÇÕES DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Biológico de São Paulo, 1985. p. 161-172.
- DE GENNES, P. G. Wetting: statics and dynamics. *Reviews of Modern Physics*, v.57, n. 3, p. 827-863, 1985.
- IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas.** 2008. 63f. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- KISSMANN, K.G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu, MG. **Palestras...** Caxambu, MG: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997.p. 61-77.
- OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas.** 134 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.
- RAMOS, Hamilton Humberto. Com cautela. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.3, p.22-25, 01 fev. 2010.
- LASMAR, O.; Ferreira, M. C. Cinética da tensão superficial e do ângulo de contato de gotas a partir de caldas com adjuvantes sobre folhas de laranja. In: III SIMPÓSIO SOBRE FITOSSANIDADE EM CITROS, 1., Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2012.
- MACIEL, C.D.G. et al. Tensão superficial estática de misturas em tanque de glyphosate + chlorimuron-ethyl isoladas ou associadas com adjuvantes. **Planta Daninha**, vol. 28, n. 3, p. 673-685, 2010.