

EFICIÊNCIA DOS SURFATANTES DE USO AGRÍCOLA NA REDUÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL

Gilmar A. Montório¹, Edivaldo D. Velini², Cleber D. G. Maciel³, Thiago Montório⁴

¹ Eng^o Agrônomo, Dr., Professor ESAPP, CP 88, Paraguaçu Paulista/SP. montorio@netonne.com.br

² Eng^o Agrônomo, Dr., Professor FCA/ UNESP, Botucatu/ SP

³ Estudante curso Pós Graduação em Agronomia. FCA/ UNESP, Botucatu/ SP

⁴ Acadêmico de Agronomia. Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista - ESAPP

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar o comportamento da tensão superficial em gotas de solução elaboradas com diferentes concentrações de surfatantes. Para analisar a tensão fez-se pesagens das gotas formadas na extremidade de uma bureta, com os seguintes tratamentos combinados de forma fatorial (15x12) 15 surfatantes (Ag-Bem, Agral, Aterbane BR, Agrex, Break Thru, Extravon, Energic, Fixade, Gotafix, Haiten, Herbitensil, Iharaguem, Lanzar, Silwet L-77 e Wil Fix) e 12 concentrações (0; 0,001; 0,0025; 0,005; 0,01; 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5%; 1 e 2%) num total de 180 tratamentos. A análise estatística dos dados foi realizada com auxílio do programa SAS e para análise de regressão, adotou-se o modelo de Mitscherlich ajustado e modificado para os dados obtidos. Observou-se que os surfatantes organossiliconados Break Thru e Silwet L-77 reduziram significativamente a tensão superficial (19,87 e 19,08 mN/m; respectivamente) e apresentaram os mais elevados coeficientes de eficácia (169,81 e 143,43). Wil Fix e Agrex apesar de terem apresentados baixos coeficientes de eficácia (1,52 e 4,01; respectivamente), reduziram significativamente a tensão superficial (24,71 e 29,29 mN/m) porém numa concentração elevada próxima a 2% v/ v. Os demais surfatantes (Ag-Bem, Agral, Aterbane BR, Extravon, Energic, Fixade, Gotafix, Haiten, Herbitensil, Iharaguem e Lanzar) apresentaram tensões mínimas bastante próximas, portanto, a comparação entre eles pode ser feita exclusivamente pelo coeficiente de eficácia.

Palavras chaves: Surfatante, tensão superficial, método experimental, micelização.

Study of the surface tension in drops of solutions with surfactants of agricultural use.

ABSTRACT

The present work had the objective to study the behavior of the superficial tension in solution drops elaborated with different surfactants concentrations. To analyze the tension he/she made himself weight of the drops formed in the extremity of the burette, with the following combined treatments of form factorial (15x12) 15 surfactants (Ag-Bem, Agral, Aterbane BR, Agrex, Break Thru, Extravon, Energic, Fixade, Gotafix, Haiten, Herbitensil, Iharaguem, Lanzar, Silwet L-77 and Will Fix) and 12 concentrations (0; 0,001; 0,0025; 0,005; 0,01; 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5%; 1 and 2%) in to total of 180 treatments. Analyze it statistics of the dates it was accomplished with I aid of the SAS program and it goes it analyzes of regression, the model of adjusted Mitscherlich was adopted and modified it goes the obtained it dates. It was observed that the surfactants organosilicons Break Thru and Silwet reduced the surface tension significantly (19,87 and 19,08 mN/m; respectively) and they presented the highest coefficients of effectiveness (169,81 and 143,43). Will Fix and Agrex in spite of they have presented low coefficients of effectiveness (1,52 and 4,01; respectively), they reduced the superficial tension significantly (24,71 and 29,29 mN/m) they put in the close high concentration attn 2% v/ v. The other surfactants presented quit close minimum tensions; the comparison among them can be made exclusively by the coefficient of effectiveness.

Key words: Surfactant, surface tension, experimental method, micelization.

INTRODUÇÃO

A água é um dissolvente universal para moléculas polarizadas e o veículo mais importante para diluir formulações de defensivos agrícolas aplicados através de pulverizações. Entretanto ela

apresenta baixa capacidade de retenção quando aplicada sobre alvos com superfícies cerosas e hidrofóbicas (Stevens et al. 1993). Herbicidas aplicados na superfície foliar devem penetrar a cutícula e o plasmalema antes de atingir o citoplasma e ser posteriormente carregado para seu sítio de ação (Holoway & Edgerton, 1992). A natureza hidrofóbica da cutícula age como barreira entre a folha e o ambiente, prevenindo a perda excessiva de água pela transpiração celular e protegendo a célula contra estresse biótico e abiótico. Variação na composição química, características morfológicas e estruturais da cera epicuticular entre espécies de plantas daninhas, associado às condições ambientais, são fatores determinantes da seletividade e eficácia de alguns herbicidas (Bacher & Chamel, 1990; Newsom et al. 1993). O controle eficiente de plantas daninhas por herbicidas aplicados na folhagem é dependente de sua translocação nas plantas. A velocidade de absorção e translocação é determinada por inúmeros fatores. Em alguns casos, a incidência de chuvas após a aplicação do herbicida pós-emergente pode comprometer a eficácia do produto. Também a eficiência de herbicidas pós-emergentes pode ser influenciada por diversos fatores: espécies e tamanho de plantas daninhas, condições ambientais, momento da aplicação, dose de aplicação, interação com outros herbicidas e uso de adjuvantes (Bridges, 1989; York et al., 1990). Adjuvantes são acrescentados à calda de pulverização com o objetivo de melhorar a eficiência das pulverizações foliares de herbicidas, reduzir o impacto das interferências ambientais e permitir uma penetração cuticular mais eficiente (Stougaard, 1997), facilitar o molhamento em superfícies hidrorrepelentes e facilitar o contato da calda com a cutícula em superfícies pilosas que tendem a manter as gotas suspensas (Kismann, 1996). Dentre esses, tipicamente os surfatantes reduzem a tensão superficial do líquido de pulverização, diminuindo o ângulo de contato (que depende da cerosidade da superfície e tensão superficial do líquido) das gotas isoladas sobre a superfície foliar, fazendo com que elas deixem de ser esféricas (Sing & Mack, 1993; McWorther & Ouzts, 1994). O acréscimo de surfatantes nas caldas aquosas de pulverização contribui para a

formação de filmes líquidos sobre as superfícies foliares graças ao processo de coalescência das gotas. Diante do exposto, já faz parte das recomendações de herbicidas quando aplicados na modalidade pós-emergência, acrescentar surfatantes à calda de pulverização para usufruir os benefícios citados anteriormente, corroborando para a maior eficiência do produto. Os maiores agravantes são a falta de informação e a existência de poucos métodos experimentais que nos permita avaliar as propriedades físico-químicas dos surfatantes quanto a redução da tensão superficial, índice de eficiência, etc..

Logo esse trabalho teve como objetivo avaliar em diferentes concentrações, a mínima tensão superficial e o índice de eficiência apresentado pelos principais espalhantes adesivos e umectantes utilizados no Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações da tensão superficial foram realizadas no Laboratório de Nutrição da Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista – ESAPP, em Paraguaçu Paulista-SP. Os tratamentos foram constituídos de 15 produtos adjuvantes comercializados no mercado Brasileiro (Quadro 1) e nas seguintes concentrações: 2%; 1%; 0,5%; 0,25%; 0,1%; 0,05%; 0,025%; 0,01%; 0,005%; 0,0025%; 0,001 e 0% v/ v (água destilada). Utilizou-se uma balança de precisão em gramas com quatro casas decimais, óleo de soja, copos de Becker, balões volumétricos (100 mL e 50 mL) e bureta de 50mL.

A escolha das concentrações dos espalhantes foi feita a partir de recomendações dos fabricantes e dos resultados obtidos por Velini et al. (1993). Posteriormente estimou-se a tensão superficial dos tratamentos quantificando-se o peso das gotas formadas na extremidade da bureta em balança de precisão em gramas com quatro casas decimais, num tempo médio aproximado de 30 segundos. Inicialmente utilizou-se uma bureta calibrada com peso da água destilada. Para evitar perdas por evaporação usou-se uma camada de óleo de soja em um Becker de 25 mL

colocados sobre a balança. Foram utilizadas 15 repetições. O capilar responsável pela formação da tensão superficial das gotas foi constituído pela extremidade da bureta, a qual para todos os tratamentos encontrava-se a uma altura de 5 cm acima da superfície do óleo, padronizando assim a interferência no caminhar das gotas para todos os tratamentos durante o percurso de queda.

A calibração da bureta sempre foi acompanhada do tempo total de formação até a queda da gota na ponta da mesma, com auxílio de um cronômetro. Além disso, a regulagem através de abertura e fechamento da torneira da bureta foram acompanhadas da altura da coluna de líquido, a qual foi mantida em 50 ml na escala de graduação. Os dados de peso das gotas foram convertidos para tensão superficial, considerando uma média do peso de gotas da água destilada como 0,0726 N/m (Newtons/metros), conforme metodologia desenvolvida por Costa et al. (1997).

A análise estatística dos dados foi realizada com auxílio do programa SAS e para análise de regressão dos mesmos, adotou-se o modelo representado pela equação de Mitscherlich. Para que o modelo de Mitscherlich se ajustasse aos dados obtidos, houve a necessidade de modificá-lo. Modelo original: $Y = A \cdot [1 - 10^{-C \cdot (X + B)}]$; Modelo utilizado: $Y = T_{\text{água}} - A \cdot [1 - 10^{-C \cdot (X + B)}]$; Onde: Y = Tensão superficial, em mN/m; $T_{\text{água}} - A$ = corresponde a mínima tensão superficial que pode ser alcançada com o surfatante; $T_{\text{água}} = 0,0726$ N/m; C = corresponde a eficiência do surfatante obtida diretamente da equação do modelo modificado; X = Concentração do surfactante expresso em porcentagem e B = indica quanto do surfatante tem-se que colocar para se obter a mesma redução de tensão condicionada pela adição do herbicida na concentração considerada. Como não foram utilizados herbicidas, tal parâmetro recebeu valor igual a zero.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do coeficiente de eficácia (C) e de tensões superficiais (mN/m) mínimas alcançadas com os surfatantes estudados encontra-se no Quadro 2. No Quadro 3, estão as concentrações estimadas (%) dos surfatantes que permitiram alcançar as tensões superficiais de

70, 60, 50, 40, 35, 30, 25 e 20 mN/m. Verifica-se que somente os surfatantes organossiliconados Silwet L-77 e Break Thru conseguiram atingir a tensão superficial de 20 mN/m. Tal comportamento também é verificado na concentração de 25 mN/m, juntamente com espalhante Will Fix. Apresentando nível de 30 mN/m, além dos organossiliconados e Will Fix tem os seguintes surfatantes: Fixade, Herbitensil, Iharaguem, Haiten e Agrex. Todos os produtos permitiram alcançar a tensão de 35 mN/m. A partir dessa tensão, verifica-se que os redutores de tensão mantêm o mesmo comportamento e a mesma relação entre si, podendo ser agrupados em ordens decrescentes da seguinte forma: Break Thru com Silwet L-77, Fixade com Herbitensil e depois Aterbane com Iharaguem. Com resultados inferiores e numa faixa mais ampla tem-se: Energic, Agral, Gotafix e Haiten. Por último, observa-se Ag-Bem, Lanzar, Agrex e Wil Fix reduzindo a tensão superficial em concentrações maiores que os anteriores. Por exemplo, o surfatante Wil Fix reduziu a tensão superficial da solução a níveis de 35 mN/m numa concentração 125 vezes superior aos organossiliconados e aproximadamente 38 vezes superior ao Fixade e Herbitensil. Tal comportamento também é observado para o surfatante Agrex (ambos apresentam na sua composição ácido dodecil benzeno sulfônico). Portanto, diante dessa condição além de observar a eficácia na redução da tensão, deve-se também levar em consideração o custo benefício para tais tratamentos. Na Figura 1, encontram-se as curvas de tensão superficial de todos os surfatantes utilizados no estudo, concentrando-os num só gráfico.

O maior número de trabalhos encontrados na literatura referem-se a mistura de surfatantes com os diferentes tipos de herbicidas e na maioria das vezes considerando o grau de tensão superficial como critério de avaliação. Realizando estudos com espalhantes adesivantes isoladamente e em diferentes concentrações tem-se o trabalho de Matuo et al. (1989), Mendonça et al. (2000), Costa (1997) e Velini (2000). A exceção de Matuo et al. (1989) que utilizaram um tensiômetro Krus modelo K10 para avaliar a tensão superficial, os demais autores se utilizaram de uma bureta previamente calibrada onde a gota formada na extremidade capilar da mesma foi pesada. Matuo et al. (1989) quando estudaram os efeitos de alguns adjuvantes nas propriedades físicas do líquido obtiveram resultados que estão de acordo com aqueles observados nesse trabalho, utilizando bureta previamente calibrada. Para o espalhante Aterbane, Mendonça et al. (1996) e Costa (1997) encontraram a mínima tensão superficial igual a 32,44 e 32,45, respectivamente. Aterbane nesse estudo apresentou mínima tensão superficial igual a 32,68 mN/m. Esses mesmos autores encontraram um coeficiente de eficácia igual a 44,46 e 46,09; respectivamente, também de acordo com os resultados obtidos nesse estudo. O espalhante

adesionante Extravon apresentou mínima tensão superficial igual a 30,4679 mN/m com um coeficiente de eficácia de 30,3853. Quando Mendonça et al. (1999) e Costa (1997) estudaram esse surfatante, encontraram a mínima tensão superficial próxima a 31,0 mN/m, de acordo com os resultados obtidos nessa pesquisa. Esses mesmos autores, também estudando os efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial em soluções de glyphosate e rodeo, encontraram os valores da mínima tensão superficial para o siliconado Silwet L-77 próximos a 19 mN/m. Stevens et al. (1993) quando estudaram a adesão de gotas de pulverização e a tensão superficial dinâmica comparando surfatante siliconados com os surfatantes convencionais, observaram que todos os organo-siliconados testados apresentaram tensão de equilíbrio com valores próximos a 20 mN/m na concentração de 0,05% v/v. Os espalhantes não siliconados convencionais mostraram níveis de equilíbrio próximos a 30,3 mN/m com níveis de concentrações maiores que às observadas nos surfatantes organosiliconados (Buick et al., 1993; Singh, 1993).

Como os surfatantes siliconados apresentam conformação molecular de forma mais maleável devido à ligação carbono-silício, este propicia condição para que o grupamento hidrófobo do surfatante seja mais paralelo à superfície da gota, do que o grupamento hidrófilo que se estende mais para o interior da mesma. Essa confirmação produz redução da tensão superficial mais rapidamente e a valores menores da tensão superficial do que aqueles observados para os surfatantes não organo-siliconados que evidenciam conformação mais rígida, devido às ligações carbono-carbono (Costa, 1997). Considerando as informações apresentadas, o surfatante ideal é o que apresenta elevado coeficiente de eficácia associada às baixas tensões mínimas. Os surfatantes organosiliconados combinam estas características ideais. Outra exceção é o Wil Fix com tensões mínimas de 24,7 mN/m, superior apenas à dos organosiliconados, mas que apresentou coeficiente de eficácia extremamente baixo. Como os demais surfatantes apresentaram tensões mínimas bastante próximas, a comparação entre eles pode ser feita exclusivamente pelo coeficiente de eficácia. Em termos de classificação dos surfatantes quanto à eficiência, o único produto que se adequa ao padrão geral é o Will Fix. Embora a tensão mínima alcançada o coloque como o terceiro melhor produto, após os organosiliconados, observa-se que este surfatante foi o que exigiu maiores concentrações para alcançar a mínima tensão superficial (24,7 mN/m a 2%).

O Agrex, o segundo menos eficiente, foi superior ao Wil Fix em termos de coeficiente de eficácia, mas apresentou tensão mínima superior à proporcionada pelo mesmo. Os produtos Lanza e Ag-Bem, incluídos entre os menos eficientes (12º e 13º) apresentam formulações do tipo

concentrado emulsionável. Contudo o Ag-Bem tem como principal finalidade à adesão foliar e para isso apresenta em sua composição resinas que se polimerizam em contato com o ar. Este não é o caso do Lanza considerado, também, como um dos surfatantes menos eficientes em termos de redução de tensão.

Os produtos não organosiliconados Fixade, Herbitensil, Aterbane e Energic apresentaram coeficiente de eficácia elevado. Tal comportamento se deve certamente por se tratar de surfatantes que apresentam as maiores concentrações de ingrediente ativo/litro. Pelo Quadro 1, observa-se que tais produtos apresentam as seguintes concentrações: 900 g/l, 526 g/l, 466 g/l e 452 g/l; respectivamente. A exceção dos organosiliconados, o Wil Fix, Agrex, Ag-Bem e Lanza, os demais surfatantes apresentam concentrações menores que 250 g/l.

CONCLUSÕES

Nas condições em que o estudo foi desenvolvido, pode-se chegar as seguintes conclusões:

Os surfatantes siliconados Silwet L-77 e Break Thru mostraram serem os mais eficientes dentre aqueles testados para redução da tensão superficial, alcançando as menores tensões mínimas e os maiores coeficientes de eficácia iguais;

Os surfatantes não siliconados Fixade, Herbitensil, Iharaguem, Extravon, Energic, Agral, Gotafix, Haiten e Aterbane mostraram serem os mais eficientes dentre aqueles testados para redução da tensão superficial, alcançando as menores tensões mínimas e os maiores coeficientes de eficácia;

Os surfatantes não siliconados Lanza e Ag-Bem apresentaram comportamentos intermediário. Já os surfatantes Will Fix e Agrex foram os menos eficientes, apresentando baixos coeficientes de eficácia.

LITERATURA CONSULTADA

BACKER, E.A., CHAMEL, A.R. Herbicide penetration across isolated and intact leaf cuticles. **Pesticide Science**, v. 29, p.187-96, 1990.

BRIDGES, D.C. Adjuvant and pH effects on sethoxydim and cletodim activity on rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Technology**, v.3, p.615-20, 1989.

BUICK, R.D., BUCHAN, G.D., FIELD, R. J. The role of surface tension of spreading droplets in absorption of a herbicide formulation via leaf stomata. **Pesticide Science**, v. 38, p.227-35, 1993.

COSTA, E.A.D. **Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial de soluções de rodeo**. Botucatu, 1997. 72p. Dissertação (mestrado em Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

HOLLOWAY, P.J., EDGERTON, M. Effects of formulation with different adjuvants on foliar uptake of difenzoquat and 2,4-D. **Weed Research**, v. 32, p.183-95, 1992.

KISSMANN, K.G. **Adjuvantes para caldas de defensivos agrícolas**. BASF: São Paulo, 1996. 45p.

MATUO, T., NAKAMURA, S.H., ALMEIDA, A. Efeitos de alguns adjuvantes da pulverização nas propriedades físicas do líquido. **Summa Phytopathologica**, v.15, p.163-173, 1989.

MCWHORTHER, C.G., OUZTS, R. Leaf surface morphology of *Erythoxylum* sp. and droplet spread. **Weed Science**, v.42, p.18-26, 1994.

MENDONÇA, G.G.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; MENDONÇA, C.G. Efeito de surfatantes sobre a tensão superficial e a área de molhamento de soluções de glyphosate sobre folhas de tiririca. **Planta Daninha**, v.17, p.355-365, 2000.

MENDONÇA, C.G., VELINI, E.D., MARTINS, D., MENDONÇA, C.G. Efeito de surfatantes sobre a tensão superficial e a área de molhamento de soluções de ghyphosate sobre folhas de tiririca. **Planta Daninha**, v.17, p.355-65, 2000.

NEWSOM, L. J., SHAW, D.R., HUBBARD, T.F. Absorption, translocation and metabolism of 263,222 in peanut (*Arachis hipogaea*), soybean (*Glycine max*) and selected weeds. **Weed Science**, v.41, p. 523-27, 1993.

SINGH, M., MACK, R.E. Effect of organosilicone-based adjuvants on herbicide efficacy. **Pesticide Science**, v.38, p.219-25, 1993.

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.

STOUGAARD, R.M. Adjuvant combinations with quizalofop for wild oat (*Avena fatua*) control in pepermit (*Mentha piperita*). **Weed Technology**, v.11, p.45-50, 1997.

VELINI, E.D., GAVLAK, R., RIBEIRO, O.C. Avaliação da tensão superficial de soluções do espalhante adesivo alquil fenol poliglicoléter, isolado ou em misturas com o herbicida glifosate. In.. CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19, 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira de Herbicidas e Plantas Daninhas, 1993. p.264.

YORK, A.C., JORDAN, D.L., WILCUT, J.W. Effects of (NH₄)₂SO₄ and BCH 81508 S on efficacy of sethoxydim. **Weed Technology**, v.4, p76-80, 1990.

Quadro 1. Caracterização dos surfatantes utilizados no experimento. Botucatu – SP, 2000.

Nome Comercial	Nome do Ativo	Concent. (g/l)	Característica	Formul. *
Ag-Bem	Resina sintética+agente tenso ativo aniônico emulsionado	387+129	Aniônico	CE
Agral	Nonil fenol poli etanol (etilenoxi)	200	Não iônico	SAqc
Aterbane BR	Álcoofenóis+óxido de eteno+sulfonatos orgânicos	466	Não iônico	SAq
Agrex	Ácido dodecilbenzeno sulfônico	50	Iônico	SAqc
Break Thru	Poliéter polimetil siloxano	750	Não iônico	CS
Extravon	Alquil fenol poliglicol éter	250	Não ionico	SAqc
Energic	Nonil fenoxipoli etanol (etilenoxi)+sal sódico de ácido dodecilbenzeno sulfônico	226+226	Não iônico / Iônico	SNAqc
Fixade	Nonil fenol etoxilado	900	Não iônico	SNAqc
Gotafix	Nonil fenol polietileno glicol éter	125	Não iônico	SAqc
Haiten	Polioxietileno alquil fenol éter	200	Não iônico	SAqc
Herbitensil	Nonil fenol oxietilado+álcool isopropílico	400+125	Não iônico	SAqc
Ihraguem	Alquil fenol polioxietileno éter	200	Não iônico	SAqc
Lanzar	Aquil éster etoxilado do H ₂ PO ₄	280	Não iônico	CE
Silwet L-77	Polimetil siloxano organomodificado	990	Não iônico	SNAqc
Wil Fix	Ácido dodecilbenzeno sulfônico	300	Iônico	SAqc

* CE = Concentrado Emulsionável; SAqC = Solução aquosa concentrada; SNAqC = Solução não aquosa concentrada; CS = Concentrado solúvel

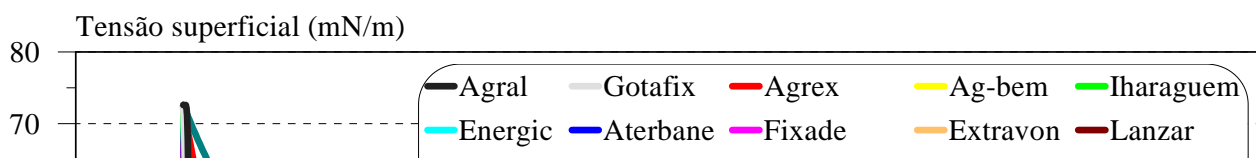
Quadro 2. Resultados das análises de variância e regressão entre as tensões superficiais e as concentrações dos surfatantes (%), utilizando o modelo de Mitscherlich modificado. ESAPP, Paraguaçu Paulista, SP, 2000

MODELO	$Y = 72,6 - A * (1 - 10^{-(C(B + X))})$														
	Agral	Gotafix	Agrex	Ag-bem	Iharaguem	Energic	Aterbane	Fixade	Extravon	Lanzar	Wil fix	Haiten	Herbitensil	Silwet L-77	Break Thru
Estimativa	A 42,1353	41,6930	43,3112	39,8942	43,0451	41,8596	39,9188	44,3655	42,1321	40,1935	47,8916	44,6610	42,9372	53,5180	52,7292
dos	B 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parâmetros	C 24,3076	22,6766	4,0134	11,2419	36,1074	27,8094	46,3822	89,2793	30,3853	8,6090	1,5170	21,3802	63,7398	142,4336	169,8138
Tensão mínima	30,4647	30,9070	29,2888	32,7058	29,5549	30,7404	32,6812	28,2345	30,4679	32,4065	24,7527	27,9390	29,6628	19,0820	19,8707
S Q Regressão	48279,0106	56444,5902	52688,2222	51628,0120	52986,5639	52108,0854	44010,5615	41486,4630	49279,188	44322,5057	59033,883	63197,67	37830,2099	72578,557	67690,426
S Q Resíduo	419,1144	849,6219	1290,9129	169,6792	625,2649	339,1615	878,7622	206,5520	585,9187	889,7286	311,1685	459,1128	1232,8773	331,4248	252,4347
F Regressão**	189014,13	402015,857	62620,02	358300,76	595035,20	1348090,66	624394,72	102979,68	1850039,5	179601,93	787994,80	216802,6	2386333,44	3872452,88	957269,57
R ²	0,9905	0,9847	0,9735	0,9963	0,9881	0,9934	0,9802	0,9935	0,9882	0,9794	0,9945	0,9920	0,9684	0,9954	0,9961
Resumo das análises de variâncias															
S Q Tratamentos	48698,12	57294,21	53979,13	51797,69	53611,83	52447,25	44889,32	42053,01	49865,11	45212,23	59345,05	63656,78	39063,78	72909,98	67942,86
F tratamentos**	17332,27	37097,01	5832,21	32679,85	54732,45	99999,99	57896,55	9408,00	99999,99	16655,20	72013,49	19852,51	99999,99	99999,99	80746,18
C.V. (%)	1,1060	0,7937	1,7327	0,7442	0,6784	0,4287	0,5883	1,6403	0,3626	0,9753	0,4848	1,1869	0,3081	0,4216	0,8202

**Todos os tratamentos foram significativos a 1% de probabilidade
Y = Tensão superficial (mN/m); X = concentração do adjuvante (%); a, b e c são as estimativas dos parâmetros do modelo.

Quadro 3. Coeficiente de eficácia e tensões mínimas alcançadas com o uso dos surfatantes estudados. Dados ordenados de forma crescente segundo os coeficientes de eficácia

Surfatante	“C”	Tensão mínima (72,6 – A)	Classificação Quanto a Eficácia
Wil fix	1,52	24,71	15
Agrex	4,01	29,29	14
Lanzar	8,61	32,41	13
Ag-bem	11,24	32,71	12
Haiten	21,38	27,94	11
Gotafix	22,68	30,91	10
Agral	24,31	30,46	9
Energic	27,81	30,74	8
Extravon	30,39	30,47	7
Iharaguem	36,11	29,55	6
Aterbane	46,38	32,68	5
Herbitensil	63,74	29,66	4
Fixade	89,28	28,23	3
Silwet L-77	143,43	19,08	2



Quadro 4. Concentrações (%) v/ v estimadas dos surfatantes relacionadas às tensões superficiais de 70, 60, 50, 40, 35, 30, 25 e 20 mN/m. Dados ordenados segundo concentrações estimadas decrescentes.

Surfatante	Tensões estimadas (mN/m)							
	70	60	50	40	35	30	25	20
	% v/ v							
1. Wil Fix	0,01598	0,08740	0,18278	0,32683	0,44020	0,63063	1,46043	-
2. Agrex	0,00670	0,03720	0,07983	0,15118	0,21923	0,44466	-	-
3. Lanzar	0,00337	0,01897	0,04168	0,08406	0,13826	-	-	-
4. Ag-Bem	0,00260	0,01466	0,03229	0,06564	0,11033	-	-	-
5. Haiten	0,00122	0,00673	0,01433	0,02659	0,03747	0,06248	-	-
6. Gotafix	0,00123	0,00689	0,01496	0,02916	0,04445	-	-	-
7. Agral	0,00114	0,00635	0,01373	0,02655	0,03982	-	-	-
8. Energic	0,00100	0,00559	0,01212	0,02356	0,03569	-	-	-
9. Extravon	0,00091	0,00508	0,01099	0,02124	0,03187	-	-	-
10. Iharaguen	0,00075	0,00417	0,00895	0,01703	0,02487	0,05499	-	-
11. Aterbane	0,00063	0,00355	0,00782	0,01588	0,02665	-	-	-
12. Herbitensil	0,00043	0,00237	0,00509	0,00970	0,01421	0,03302	-	-
13. Fixade	0,00029	0,00163	0,00346	0,00646	0,00915	0,01568	-	-
14. Silwet L-77	0,00015	0,00081	0,00166	0,00284	0,00367	0,00481	0,00667	0,01231
15. Break Thru	0,00013	0,00070	0,00143	0,00246	0,00319	0,00422	0,00596	0,01537