



ALTERAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS NA APLICAÇÃO CONTENDO ADJUVANTES

F. H. R. Baio*, R. R. F. Gabriel, H. da S. Camolese

UFMS - Univ Federal do Mato Grosso do Sul, Campus Universitário de Chapadão do Sul, MS, Brasil

Article history: Received 25 May 2015; Received in revised form 13 June 2015; Accepted 17 June 2015; Available online 30 June 2015.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações produzidas por doze adjuvantes em algumas propriedades físico-químicas das caldas de aplicação, sobre a área de molhamento de folhas de soja e sobre a alteração no tamanho de gotas. As avaliações foram realizadas sob condições ambientais controladas em laboratório. Foram utilizadas duas pontas de modelo leque na avaliação da variação do tamanho das gotas: jato plano SF; e com pré-câmara TT. A análise da variação do espalhamento da gota sobre a superfície foliar foi realizada utilizando-se o programa ImageJ. A tensão superficial e a viscosidade das caldas foram mensuradas por metodologias laboratoriais simples como a mensuração da massa de gotas e pelo método de Stokes, respectivamente. Todos os adjuvantes apresentaram redução da tensão superficial da calda. O adjuvante siliconado Break-Thru proporcionou redução na tensão superficial de 3,6 vezes em comparação à água destilada e também apresentou o maior espalhamento da calda sobre a superfície foliar em 13,5 vezes. Entretanto, também apresentou a maior taxa de evaporação da gota. Exceto o adjuvante Break-Tru, todos os adjuvantes apresentaram evaporação semelhante estatisticamente ao controle até aos 30 minutos após a aplicação. O adjuvante Gota Max proporcionou o maior aumento da viscosidade da calda e o adjuvante Hygrogem a maior redução da viscosidade em comparação à água. O uso de adjuvante diminui o tamanho de gota e aumenta o percentual de gotas maiores que 100 µm quando a ponta é do tipo SF de uso padrão. Quando do uso da ponta TT, a adição de adjuvante à calda não impactou em variação do tamanho das gotas ou na variação do índice SPAN, mas aumentou o percentual de gotas menores que 100 µm pelo uso do adjuvante Break-Thru. O uso do adjuvante Gota Max proporcionou maior amplitude relativa quando utilizando a ponta SF.

Palavras- chave: gotas, deriva, tecnologia de aplicação.

CHANGING THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES IN THE APPLICATION CONTAINING ADJUVANTS

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the changes produced by twelve adjuvants in some physicochemical properties of the pesticides application, over the wetting area of soybean leaves and the change in droplet size. The evaluations were conducted under controlled environmental conditions in the laboratory. Two flat fan nozzle models were used to evaluate the variation of the droplet size: SF standard fan nozzle; and TT pre-chamber. The variation analysis of the drop spreading over the leaf surface was performed using ImageJ software. The surface tension and viscosity of the mixtures were measured by simple laboratory

* fabioaio@ufms.br

methods such as the drop mass measurement and Stokes method, respectively. All adjuvants reduced the surface tension of the spray mixture. The adjuvant Break-Thru silicone based gave a reduction in surface tension of 3.6 times compared to distilled water and also showed the highest solution spreading over the leaf surface by 13.5 times. However, it also had the highest drop evaporation rate. Except adjuvant Break-Tru, all adjuvants showed similar statistically to control evaporation up to 30 minutes after application. The adjuvant Gota Max provided the largest increment over the mixture viscosity and the adjuvant Hygrogem the greatest reduction over viscosity compared to water. The use of adjuvant to decrease the droplet size and increases the percentage of droplets greater than 100 micron when the tip is SF type. When using the tip TT, the addition of an adjuvant to the spray solution had no impact on the droplet size variation or the variation of the Span index, but increased the percentage of droplets smaller than 100 micron by using the Break-Thru adjuvant. The use of adjuvant Gota Max provided greater relative amplitude when using the tip SF.

Key words: drops, spray drift, application technology.

INTRODUÇÃO

O combate a pragas e doenças, assim como no controle de plantas daninhas, é realizado de forma intensiva no Brasil com o uso de agrotóxicos. Segundo a ANDEF (2015), uma das etapas durante o desenvolvimento de um agrotóxico é a sua experimentação em condição de campo para testes de validação de eficiência do controle. Contudo, o uso de adjuvantes junto à calda de aplicação pode alterar a eficiência desse controle.

Para CUNHA et al. (2010a), as aplicações podem, muitas vezes, produzirem efeitos indesejados e de forma ineficiente, porque não se utilizou a técnica ou equipamento mais adequado. De acordo com ANTUNIASSI & BAILO (2009), o tamanho adequado das gotas também afeta o sucesso da aplicação. O tamanho das gotas é modificado pelo modelo da ponta, da alteração da pressão de trabalho pelo uso de uma mesma ponta ou mesmo pela adição de adjuvantes à calda aplicada. O tamanho das gotas influencia a capacidade da pulverização em cobrir o alvo e penetrar na massa das folhas. Segundo os autores, gotas menores possuem maior capacidade de cobertura, assim como propiciam maior capacidade de penetração. Entretanto, gotas pequenas, ou classificadas como finas, podem ser mais sensíveis à evaporação e aos processos de deriva. Gotas médias e grossas são mais seguras

em aplicações sob condições de maior risco de deriva, mas podem apresentar penetração e cobertura ruins.

O tamanho de gota é influenciado pela adição de adjuvantes na pulverização. Esses insumos alteram as características físico-químicas da calda, como viscosidade e tensão superficial, além de promoverem outros benefícios, como melhoria no espalhamento da gota, aderência, aumento da absorção do ingrediente ativo, redução de espuma e dispersão da calda de pulverização (CUNHA & PERES, 2010). Segundo ARAÚJO & RAETANO (2011), o uso de adjuvantes deve ser visto com cautela, pois os vários benefícios podem gerar incertezas e discussão, pelo uso errôneo, pela legislação aplicável, ou até mesmo pela falta de conhecimento da interação entre adjuvantes e ingredientes ativos.

Muitos agricultores utilizam alguns fertilizantes como adjuvantes na aplicação. CARVALHO et al. (2009) avaliaram a eficácia e o pH de caldas de glifosato após a adição de fertilizantes nitrogenados e observaram aumento do controle da planta daninha. COSTA et al. (2014) observaram que a suscetibilidade à deriva foi menor pela adição de óleo mineral e agente antideriva à calda.

CUNHA et al. (2010b) observaram, em estudo realizado com quatro

adjuvantes, que houve alteração do espectro de gotas pulverizadas, sendo dependente da ponta de pulverização e do agrotóxico empregado. De acordo com os autores, as pontas com tecnologia de indução de ar são mais sensíveis a mudanças na propriedade física da calda, e nem sempre seguem o comportamento das pontas hidráulicas convencionais. Isso deve-se possivelmente em função da interação entre o líquido e o ar dentro da ponta.

MENDONÇA et al. (2009) concluíram que houve correlação positiva entre a variação da área de molhamento e a variação da tensão superficial.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no laboratório de tecnologia de aplicação da UFMS, no Campus de Chapadão do Sul. Foram avaliados doze adjuvantes, os quais estão apresentados na Tabela 1. As doses

Recomendaram que o surfatante deva ser submetido a testes preliminares junto aos defensivos em que serão misturados para posterior aplicação. Esse cenário se agrava com o lançamento de novos adjuvantes no mercado, fomentando a demanda de novos experimentos sobre a interação desses agrotóxicos sobre a aplicação.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as alterações produzidas por doze adjuvantes em algumas propriedades físico-químicas das caldas de aplicação, sobre a área de molhamento de folhas de soja e sobre a alteração no tamanho de gotas pulverizadas.

utilizadas foram as recomendadas pelos rótulos desses adjuvantes e baseada em percentagem do volume de calda no reservatório do pulverizador.

Tabela 1. Adjuvantes, composição química e dose utilizados

Nome comercial	Composição química divulgada	Dose* (% - volume calda)
Aller Biw	P ₂ O ₅ solúvel em água 15% tensoativos aniônicos	0,05
Áureo	Éster metílico de óleo de soja 720 g L ⁻¹	0,25
Break Thru	Copolímero poliéster-polimetil siloxano	0,01
Emultec	N solúvel em água 10%, P ₂ O ₅ solúvel em água 12%	0,10
Fulltec Mais	P ₂ O ₅ , B, CO, Mo, Zn solúvel em água	0,30
Gota Max	P ₂ O ₅ solúvel em água 17%, N solúvel em água 3%	0,30
Hyrogem	Propano-1,2,3-triol	0,50
Iharaguen-s	Polioxietileno alquilfenol éter 200 g L ⁻¹	0,30
Iharol	Hidrocarbonetos saturados e insaturados da destilação do petróleo 760 e 90 g L ⁻¹	2,00
LI 700	Fosfatidilcolina e ácido propiônico 12,88 g L ⁻¹	0,50
Nimbus	Óleo mineral parafínico 428 g L ⁻¹	0,50
TA 35	Lauril éter sulfato de sódio, tensoativos, sequestrantes e emulsionantes	0,05

* Conforme recomendação do rótulo.

Na produção das gotas das caldas contendo esses adjuvantes foi utilizado o pulverizador costal pressurizado por CO₂ da marca Herbicat (Catanduva/SP), contendo 6 pontas distanciadas a 0,5 m. A calibração do equipamento foi realizada

anteriormente a aplicação, o volume de aplicação adotado foi de 120 L ha⁻¹ em todas as aplicações.

Foram utilizadas duas pontas de modelo leque, uma fabricada pela Jacto, modelo SF (*Standard Flat Fan* – jato plano

padrão) e outra fabricada pela Teejet, modelo TT (Turbo Teejet), ambas com codificação 110 015 e aplicadas na pressão de 310,05 kPa.

A avaliação da tensão superficial foi realizada pela adição à calda dos adjuvantes ensaiados, totalizando doze caldas, as quais foram comparadas ao tratamento controle contendo água destilada. A tensão superficial das emulsões foi estimada segundo a metodologia descrita por MENDONÇA (2003), pela qual sugere-se medir a massa de quinze gotas formadas pela extremidade de uma bureta e depositadas em recipiente com base oleosa.

Na avaliação da evaporação das gotas fez-se necessário o uso da balança analítica Radwag, modelo AS 220/C/2, com acurácia de 0,001 mg, do cronômetro Cronobio modelo SW2018, de um fio de cobre e de uma micropipeta Brand, com capacidade de 20-200 μ L. Mensurou-se a cada cinco minutos a massa de uma gota com volume inicial de 21 μ L de solução depositada na ponta do fio de cobre. As condições no ambiente foram controladas com o auxílio de um umidificador de ar e de um ar condicionado, mantendo-se a temperatura em 25C⁰ e a umidade relativa em 65% em todas as repetições.

Na avaliação do espalhamento foliar foi pipetada uma gota de cada calda contendo 15 μ L de solução sobre as folhas de soja. O registro do espalhamento da calda foi obtido pelo uso de uma máquina fotográfica Canon mantida estática a 0,05 m da folha. Foram tomadas uma imagem inicial e uma após um minuto. As imagens contendo a área molhada da gota foram processadas pelo programa ImageJ 1.45 (BAUERMANN, 2015).

A viscosidade das caldas contendo adjuvante foi avaliada pelo método de Stokes pelo qual mensura-se o tempo de

percurso de uma esfera dentro em uma bureta contendo a solução, comparando-se os resultados com a viscosidade da água destilada, a qual passou pelo mesmo processo como referência.

A análise da variação do tamanho das gotas foi realizada pelo uso de papel hidrossensível Syngenta e pelo uso do programa computacional Gotas (EMBRAPA, 2015). Uma fileira contendo cinco papéis hidrossensíveis foi disposta sobre uma esteira de bancada em condição de laboratório com velocidade controlada por pares de engrenagens motoriza e alimentada por uma bateria de 12 V. Foram evitadas condições climáticas desfavoráveis, conforme orientação de MATTHEWS (2000). As variáveis respostas analisadas nesse ensaio foram: a variação do tamanho de gotas formadas, mensurado pelo DMV (diâmetro mediano volumétrico); a variação do índice SPAN, dado pela amplitude relativa entre as gotas maiores e menores; e a variação da porcentagem de gotas menores do que 100 μ m, as quais são mais susceptíveis à deriva.

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com dez repetições em cada tratamento nos ensaios, exceto na avaliação do tamanho de gotas. Foi observada a normalidade dos dados. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Sisvar. O experimento de avaliação do tamanho de gotas foi conduzido no delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco repetições, no esquema fatorial 3x2, sendo duas pontas de pulverização (SF e TT) e três caldas contendo adjuvantes (água pura, adjuvante de menor tensão superficial e adjuvante de maior variação na viscosidade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de tensão superficial das caldas contendo os doze adjuvantes. Todos os adjuvantes apresentaram redução na tensão

superficial, segundo as doses recomendadas pelos fabricantes. O adjuvante Break-Thru foi aquele que proporcionou a redução mais significativa

da tensão superficial e também aquele que levou ao maior espalhamento da calda sobre a superfície foliar da soja. O Break-Thru é um adjuvante siliconado e apresentou a tensão superficial de $20,03 \text{ mN m}^{-1}$. Entre os não siliconados os adjuvantes que apresentaram maior redução na tensão superficial foram o Emultec ($29,37 \text{ mN m}^{-1}$), TA 35 ($29,53 \text{ mN m}^{-1}$) e Hygrogem ($30,31 \text{ mN m}^{-1}$). O adjuvante que apresentou menor redução na tensão superficial foi o Gota Max ($70,71 \text{ mN m}^{-1}$). OLIVEIRA (2011), estudando caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas obteve resultados que conferem com a mesma tendência observada, ou seja, maior redução da tensão superficial pelos adjuvantes siliconados e menores pelos não siliconados. A maioria dos adjuvantes apresentaram tensões superficiais abaixo de 42 mN m^{-1} , ou seja, pelo menos 42,1% de redução, tendo o adjuvante siliconado apresentado a menor tensão superficial (20 mN m^{-1}), com redução de 263%. Essa maior redução na tensão superficial proporciona maior molhamento foliar (Figura 1), pois facilita o espalhamento das gotas pulverizadas quando atinge o alvo, podendo aumentar a absorção do ingrediente ativo do agrotóxico pela planta e potencializar sua eficiência no controle. A Tabela 2 também contém os valores médios do espalhamento das gotas das caldas sobre a folha de soja. Nove adjuvantes não se diferenciam estatisticamente do tratamento controle (água destilada). O adjuvante que proporcionou maior espalhamento foi o siliconado Break-Thru, o qual apresentou área molhada 13,5 vezes maior do que a gota controle contendo água destilada (Figura 1). Dentre os adjuvantes não siliconados o que apresentou maior

espalhamento foi o Hygrogem, com área molhada 4,2 vezes maior do que o controle. Como reportado em outros trabalhos (MENDONÇA, 2003; OLIVEIRA et al., 2015) há correlação entre diminuição da tensão superficial da calda e espalhamento foliar da mesma. Contudo, essa correlação é dependente da folha na qual a gota é depositada, pois há diferenças epidérmicas e anatômicas entre as espécies as quais podem dificultar mais ou menos esse espalhamento, como a cerosidade na cutícula foliar. O adjuvante Break-Thru seguiu essa tendência de maior espalhamento segundo a menor tensão superficial registrada. Entretanto, o adjuvante TA 35 reduziu significativamente a tensão superficial da calda em relação ao controle água destilada, mas não alterou estatisticamente o molhamento foliar. Há de se ressaltar também que ambos os adjuvantes são registrados como tal no Ministério da Agricultura, todavia, são adjuvantes de subclasses diferentes, com propostas de funcionalidades diferentes. Como ilustração dessa problemática, o adjuvante Break-Thru é recomendado para aumentar o espalhamento da gota sobre a folha, todavia, e ainda que adjuvante, o adjuvante TA 35 é recomendado para facilitar as misturas em emulsões. Quanto à variação da viscosidade em comparação ao tratamento controle contendo água destilada, somente o adjuvante Gota Max ocasionou aumento dessa viscosidade (Tabela 2). O adjuvante Hygrogem ocasionou maior diminuição da viscosidade da calda. Outros cinco adjuvantes não alteraram a viscosidade da calda segundo o teste de Dunnett, sendo eles: Iharol; Fulltec Mais; Break-Thru; Emultec; e TA 35.

Tabela 2. Comparação das médias da tensão superficial, área molhada formada pela gota e variação da viscosidade das caldas contendo adjuvantes, em relação aos valores da água

Adjuvante	Tensão Superficial (mN m ⁻¹)	Adjuvante	Espalhamento (cm ²)	Adjuvante	Varição na Viscosidade (%)
Break-Thru	20,03 a	Break-Thru	8,56 a	Hyrogem	-0,04 a
Emultec	29,00 b	Hyrogem	2,70 b	Nimbus	-0,03 ab
TA 35	29,53 b	Emultec	1,39 c	Li 700	-0,03 ab
Hyrogem	30,31 bc	Aller Biw	0,97 d	Iharaguen-s	-0,03 b
Iharaguen-s	31,23 cd	Iharaguen-s	0,92 d	Aller Biw	-0,03 b
Aller Biw	31,62 cd	Aureo	0,89 d	Aureo	-0,01 c
Nimbus	32,32 d	Fulltec Mais	0,85 d	Iharol	0,00 d
Fulltec Mais	35,90 e	Nimbus	0,80 de	Fulltec Mais	0,00 d
LI 700	36,42 e	LI 700	0,73 de	Break-Thru	0,00 d
Iharol	41,98 f	Iharol	0,71 de	Emultec	0,00 d
Aureo	57,00 g	TA 35	0,67 de	TA 35	0,00 d
Gota max	70,71 h	Água (controle)	0,63 de	Água (controle)	0,00
Água (controle)	72,60 i	Gota Max	0,50 e	Gota Max	0,02 e
CV (%)	4,40		7,57		0,66
Média	39,93		1,56		0,01
Fator F	627,22*		191,01*		80,40*

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade. Barra vertical na viscosidade ilustra diferença estatística com o controle pelo teste de Dunnett. Pelo teste F* significativo a 5% de probabilidade.

A Figura 1 apresenta um comparativo visual do espalhamento de algumas caldas contendo adjuvantes sobre a folha de soja em relação ao controle. Um maior espalhamento de gotas proporciona uma melhor cobertura do alvo, e pode levar a absorção mais rápida da calda

contendo o ingrediente ativo. GABRIEL & BAIO (2013) destacam que toda folha possui uma capacidade máxima de retenção de certo volume de calda. O volume aplicado superior a essa capacidade pode provocar escorrimento.

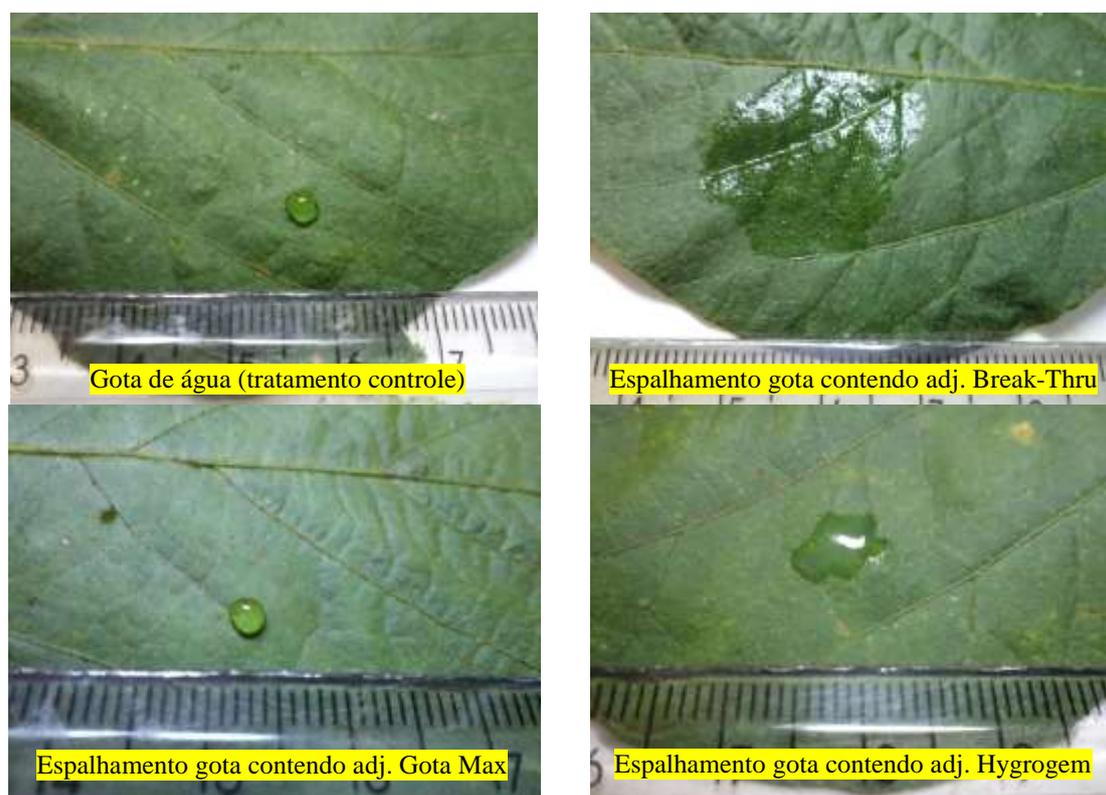


Figura 1. Espalhamento de uma gota contendo 15 µL de calda contendo adjuvante sobre a superfície da folha de soja em comparação ao tratamento controle (água).

O uso de adjuvante pode afetar o tempo de evaporação de uma gota depositada sobre uma superfície foliar, podendo interferir sobre a eficácia do controle. O percentual das massas das gotas contendo adjuvante evaporadas em relação ao seu tempo inicial de formação é apresentado na Tabela 3. Todos os adjuvantes apresentaram evaporação semelhante estatisticamente ao tratamento controle (água) até aos 30 minutos após a aplicação, com exceção do adjuvante Break-Thru o qual ocasionou maior evaporação a partir dos 10 minutos da aplicação. Assim, a recomendação de um adjuvante siliconado carece de maior atenção, pois embora ele permita maior diminuição da tensão superficial levando a maior espalhamento foliar, ele também

diminui o tempo de vida de uma gota. Essa problemática poderia ser ainda potencializada quando em uma aplicação sob condições desfavoráveis de umidade relativa do ar. A adição de adjuvante com base oleosa mineral ou vegetal, como o Nimbus ou o Gota Max, respectivamente, não alterou significativamente a taxa de evaporação da gota em relação ao tratamento controle. VILELA (2012), estudando evaporação de gotas de caldas contendo fungicidas e adjuvantes também observou que os tratamentos contendo adjuvantes siliconados apresentam tempo de evaporação menor do que os não siliconados. XU et al. (2009) relatam que soluções aquosas com surfactantes resultaram em tempo de evaporação 20% menor quando comparado ao controle.

Tabela 3. Percentual das massas das gotas contendo adjuvante evaporadas em relação ao seu tempo inicial de formação (minutos)

Adjuvante / tempo	Percentual de evaporação (%)						
	0	5	10	15	20	25	30
Água (controle)	100 a	93,71 a	87,90 b	82,28 b	77,05 b	71,91 b	67,43 b
Break-Thru	100 a	90,49 a	82,86 a	75,76 a	68,93 a	62,68 a	57,41 a
Aller Biw	100 a	92,52 a	86,59 ab	80,80 b	75,00 b	69,69 b	64,29 b
LI 700	100 a	92,61 a	86,43 ab	80,87 b	75,87 b	71,17 b	66,52 b
Nimbus	100 a	93,43 a	88,00 b	82,52 b	77,35 b	72,56 b	68,04 b
TA 35	100 a	93,96 a	88,55 b	83,36 b	78,18 b	73,04 b	68,64 b
Gota Max	100 a	94,52 a	88,43 b	82,40 b	77,19 b	72,35 b	68,16 b
Média	100	93,03	86,97	81,14	75,65	70,49	65,78
Fator F	125,13	181,12	105,82	110,14	101,89	98,96	107,23

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade. CV de 4,39%.

A Tabela 4 exhibe o tamanho de gota pelo DMV (Diâmetro Mediano Volumétrico), o índice SPAN e o percentual de gotas menores que 100 μm , em função da adição de alguns adjuvantes (menor tensão superficial e maior viscosidade) à calda em interação com as pontas de jato plano SF e com pré-câmara TT. O tamanho das gotas foi inteiramente dependente do modelo de ponta utilizado, apresentando diferença em todos os tratamentos, sendo maior em 73,9% pelo uso da ponta TT (407 μm) em relação à ponta SF (234 μm). Quando do uso da ponta TT, a adição de adjuvante à calda não impactou em variação do tamanho das gotas. Entretanto, quando do uso da ponta SF, quanto menor a redução da tensão superficial da calda, menor a redução do

tamanho das gotas formadas. A estratégia de redução do tamanho das gotas pelo uso de uma ponta de uso ampliado modelo SF e calda contendo adjuvante pode ser interessante quando se deseja aumentar a deposição nos estratos inferiores das plantas. Já com o uso de pontas contendo pré-câmara, modelo TT, a adição de adjuvantes não causou efeito significativo sobre a variação do tamanho de gotas. BUTLER-ELLIS et al. (2001) também observaram que o uso de adjuvante siliconado pode gerar redução no tamanho de gotas, dependendo da interação entre a ponta de pulverização. CUNHA et al. (2010a) relatam que o efeito da adição de um adjuvante não pode ser generalizado, pois existe interação com a ponta de pulverização.

Tabela 4. Tamanho de gota pelo DMV (Diâmetro Mediano Volumétrico), índice SPAN e percentual de gotas menores que 100 µm em função da adição dos adjuvantes à calda em interação com as pontas

Ponta	Água	Break-Thru	Gota Max	Água	Break-Thru	Gota Max	Água	Break-Thru	Gota Max
	DMV (µm)			Índice SPAN			Percentual Gotas < 100 µm (%)		
SF ¹	280,43 bA	189,41 bC	235,34 bB	1,06 aB	0,96 bB	1,29 aA	41,03 aB	50,67 aA	47,73 aA
TT ²	403,05 aA	404,96 aA	414,59 aA	0,98 aA	1,05 aA	0,96 bA	35,55 bB	40,68 bA	32,78 bB
CV (%)	7,79			13,62			12,65		
Média	316,40			1,05			41,41		
Teste F	42,07*			26,04*			9,82*		
DMS (c)	14,29			0,08			2,99		
DMS (l)	17,15			0,10			3,59		

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade. Pelo teste F* significativo a 5% de probabilidade. SF – Ponta Jacto *Standard Flat Fan* 110; e TT – ponta com pré-câmara Turbo Teejet; e DMS (c) e (l) – diferença mínima significativa, na coluna e linha, respectivamente.

A amplitude entre as gotas de maior diâmetro e as gotas de menor diâmetro em uma mesma amostra, obtida pelo índice SPAN, não foi variável quando do uso da água destilada em relação à alteração das pontas (Tabela 4). Todavia, o uso da ponta contendo pré-câmara modelo TT aumentou esse índice quando da adição do adjuvante siliconado Break-Thru e diminuiu esse índice quando do uso do adjuvante de base oleosa Gota Max. Essa variação mostra a complexa interação entre os adjuvantes e pontas utilizadas nas aplicações agrícolas, como também ilustra a necessidade da classificação mais adequada desses insumos junto ao Ministério da Agricultura, pois cada condição de uso pode ter efeito diferente no campo.

A Tabela 4 ainda apresenta o percentual de gotas formadas com tamanho menor do que 100 µm, ou seja, aquelas

mais propensas a perdas por deriva (OLIVEIRA et al., 2015). A ponta de modelo TT, independente do uso de adjuvante, além de ter aumentado o tamanho das gotas pelo DMV, diminuiu em 22,5% a quantidade de gotas propensas à deriva. Em relação aos adjuvantes em associação às pontas, a mistura do adjuvante Break-Thru acarretou em maior quantidade de gotas menores do que 100 µm, ou seja, potencializou a problemática das perdas por deriva. Assim, a alteração do tamanho de gotas pode ter um cenário positivo quando há intenção de aumentar os depósitos de calda formados no interior da massa da cultura, por aumentar o número de gotas finas. Todavia, pode levar a um cenário negativo quando há condições climáticas desfavoráveis, com elevado vento e/ou baixa umidade relativa, aumentando o potencial da deriva.

CONCLUSÕES

Todos os adjuvantes apresentaram redução da tensão superficial da calda. O adjuvante siliconado Break-Thru

proporcionou redução na tensão superficial de 3,6 vezes em comparação à água destilada e também apresentou o maior

espalhamento da calda sobre a superfície foliar em 13,5 vezes. Entretanto, também apresentou a maior taxa de evaporação da gota. Exceto o adjuvante Break-Tru, todos os adjuvantes apresentaram evaporação semelhante estatisticamente ao controle até aos 30 minutos após a aplicação.

O adjuvante Gota Max proporcionou o maior aumento da viscosidade da calda e o adjuvante Hygrogem a maior redução da viscosidade em comparação à água.

AGRADECIMENTO

À Fundect pelo financiamento dos materiais utilizados.

REFERÊNCIAS

ANDEF. **Perguntas Frequentes**. Disponível em: <<http://www.andef.com.br/agrotóxicos/>> Acesso em: maio de 2015.

ANTUNIASSI, U.R.; BAILO, F.H.R. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: VARGAS, L.; ROAMN, E.S. (Org). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 2.ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009, p.173-212.

ARAÚJO, D.; RAETANO, C.G. Adjuvantes de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 1.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2011, p.27-46.

BAILO, F.H.R.; ANTUNIASSI, U.R. Sistemas de controle eletrônico e navegação para pulverizadores. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (Org). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 1.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2011, p.123-142.

BAUERMANN, G. **Como usar o ImageJ**. Disponível em: <<http://www.imagesurvey.com.br/2009/02/como-usar-o-imagej/>>. Acesso em: maio de 2015.

BUTLER-ELLIS, M.C.; TUCK, C.R.; MILLER, P.C.H. How surface tension of surfactant solutions influences the

O uso de adjuvante diminui o tamanho de gota e aumenta o percentual de gotas maiores que 100 µm quando a ponta é do tipo SF de uso padrão. Quando do uso da ponta TT, a adição de adjuvante à calda não impactou em variação do tamanho das gotas ou na variação do índice SPAN, mas aumentou o percentual de gotas menores que 100 µm pelo uso do adjuvante Break-Thru. O uso do adjuvante Gota Max proporcionou maior amplitude relativa quando utilizando a ponta SF.

characteristics of sprays produced by hydraulic nozzles used for pesticide application. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v.180, n.3, p.267-276, 2001.

CARVALHO, S.J.P.; DAMIN, V.; DIAS, A.C.R.; YAMASAKI, G.M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Eficácia e pH de caldas de glifosato após a adição de fertilizantes nitrogenados e utilização de pulverizador pressurizado por CO₂. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.6, p.569-575, 2009.

COSTA, A.G.F.; VELINI, E.D.; ROSSI, C.V.S.; CORRÊA, M.R.; NEGRISOLI, E.; FIORINI, M.V.; SIONO, L.M. **Ciência Rural**, v.44, n.3, p.387-392, 2014.

CUNHA, J.P.A.R.; BUENO, M.R.; FERREIRA, M.C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v.28, no.espc., p.1153-1158, 2010a.

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**, v.32, n.4, p.597-602, 2010b.

EMBRAPA. **Software Gotas**. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/novidades>

/sof_gota.html>. Acesso em: maio de 2015.

GABRIEL, R.R.F.; BAILO, F.H.R. Interação entre pressão e tamanho de gota por instrumentação eletrônica em pulverizador pressurizado por CO₂. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.43, n.2, p.164-169, 2013.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 3.ed., Oxford: Blackwell Science, 2000. 432p.

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.

MENDONÇA, C.G. **Efeito de óleos minerais e vegetais nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização e suas interações com superfícies foliares**. Botucatu, 2003. 96p. Tese (Doutorado em Agronomia). FCA/UNESP.

OLIVEIRA, R.B.; ANTUNIASSI, U.R.; GANDOLFO, M.A. Spray adjuvant characteristics affecting agricultural spraying drift. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.1, 2015.

OLIVEIRA, R.B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. Botucatu, 2011. 134f. Tese (Doutorado em Agronomia). FCA/UNESP.

VELINI, E.D. **Métodos experimentais. Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2004. 183p.

VILELA, C.M. **Evaporação de gotas de caldas contendo fungicidas e adjuvantes depositadas em superfície**. Botucatu, 2012.73f. Dissertação (mestrado em agronomia). FCA/UNESP.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; BAGLEY, W.E.; DERKSEN, R.C.; KRAUSE, C.R. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. **Transactions of the ASABE**, v.53, n.1, p.13-20, 2010.