

**ADJUVANTES E TAXAS DE APLICAÇÃO NA PULVERIZAÇÃO DE FUNGICIDA NA CULTURA DA SOJA****ADJUVANTS AND APPLICATION RATES ON FUNGICIDE APPLICATION IN SOYBEAN CROP**

Thiago Nunes Landim<sup>1</sup>  
João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha<sup>2</sup>  
Guilherme Sousa Alves<sup>3</sup>  
Matheus Gregorio Marques<sup>4</sup>

412

**Resumo:** O aprimoramento da tecnologia de aplicação objetiva amenizar os problemas de contaminação ambiental e a ineficácia dos agrotóxicos. Este trabalho avaliou a interação entre a taxa de aplicação e o uso de adjuvantes na pulverização de fungicida na cultura da soja e nas características físico-químicas da calda. Os ensaios foram realizados em esquema fatorial 2x2x2, com duas taxas de aplicação (77 e 146 L ha<sup>-1</sup>), e ausência ou presença de óleo mineral e vegetal. Foram avaliados deposição de calda nos terços da soja, espectro de gotas, tensão superficial, pH, viscosidade e condutividade elétrica da calda. Observou-se que o óleo vegetal reduziu o tamanho das gotas. O aumento da taxa de aplicação e o uso de óleo mineral proporcionaram maiores depósitos nos terços superior e médio e no terço superior, respectivamente. Os adjuvantes interagiram com o fungicida, reduzindo a tensão superficial e a viscosidade e aumentando o pH.

**Palavras-chave:** aditivos de pulverização, deposição de calda, propriedades físico-químicas, tecnologia de aplicação.

**Abstract:** The improvement of the application technology aims to reduce the problems of environmental contamination and pesticides inefficacy. This work evaluated the interaction between spray rate and adjuvants in the fungicide application on soybeans and in the physicochemical characteristics of the spray solution. The assays were performed in a 2x2x2 factorial, with two rates of application (77 and 146 L ha<sup>-1</sup>), and absence or presence of mineral and vegetable oil. Spray deposition in the soybean canopy, droplet spectra, surface tension, pH, viscosity and electrical conductivity were evaluated. It was observed that the vegetable oil reduced droplet size. The increase in the application rate and the use of mineral oil provided higher deposits in the upper and middle thirds and in the upper third of the plants,

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre, Universidade Federal de Uberlândia-UFU, Uberlândia/MG.

<sup>2</sup> Professor, Doutor, Engenheiro Agrícola, Universidade Federal de Uberlândia-UFU, Uberlândia/MG. E-mail: jpcunha@ufu.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Universidade Federal de Uberlândia-UFU, Uberlândia/MG.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Uberlândia-UFU, Uberlândia/MG.

Recebido em 15/05/2020

Aprovado em 27/05/2020

respectively. The adjuvants tested interacted with the fungicide reducing surface tension and viscosity and increasing the pH of the spray solution.

**Keywords:** spray additives, spray deposition, physicochemical properties, application technology.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas que sustenta a economia brasileira, e as doenças da cultura podem afetar o seu potencial produtivo e causar prejuízo aos agricultores. Dentre essas doenças, a ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, não perdeu destaque desde que foi constatada pela primeira vez no Brasil, fato pelo qual tem-se inúmeros estudos demonstrando prejuízos consideráveis na ausência de controle da mesma (ROCHA et al., 2016; FREITAS et al., 2016; PASQUA et al., 2015).

A principal forma de controle de *Phakopsora pachyrhizi* empregada no campo é o uso de fungicidas, com várias aplicações, de forma a garantir o potencial produtivo da soja (DURÃO; BOLLER, 2017). É preciso destacar que o uso de agrotóxicos deve ser realizado com cuidados, evitando o uso indiscriminado que leva a ineficiência dos produtos e contaminação ambiental. Visto isso, a tecnologia de aplicação é uma forma de amenizar os problemas de contaminação e ineficácia enfrentados pelos agricultores (MATUO, 1990).

Na tecnologia de aplicação, vários fatores podem ser alterados para otimizar as aplicações, e a adição de adjuvantes à calda de pulverização é uma forma de proporcionar alterações nas características da aplicação e na atividade química do produto, como também podem atuar como tampões, antiespumantes, agentes molhantes, quelantes, espalhantes, antievaporantes, espessantes, detergentes e/ou filtros solares (XU et al., 2010, AGUIAR JÚNIOR et al., 2011).

Na literatura, há trabalhos realizados com a adição de adjuvantes à calda de pulverização. Garcia et al. (2016), estudando a combinação de adjuvantes com fungicida no controle de *Phakopsora pachyrhizi*, observaram que a presença de adjuvante associado ao fungicida não proporcionou redução na severidade da doença, como também não alterou a produtividade da cultura. Por outro lado, Prado et al. (2015), estudando a adição de surfactante à calda, observaram que não houve aumento na deposição de calda nos diferentes terços, mas relataram redução da severidade de *Phakopsora pachyrhizi* com uso de surfactante. Portanto, ainda restam dúvidas quanto a eficiência do seu uso.

Outro fator referente a tecnologia de aplicação ainda muito discutido é a taxa de aplicação. Berger-Neto et al. (2017) observaram que o aumento da taxa de aplicação proporciona maior

deposição nos terços superior, médio e inferior, mas que esta alteração não traz melhorias no controle de *Phakopsora pachyrhizi* (BERGER-NETO et al., 2017). Em outro estudo, Prado et al. (2015) não observaram diferença na deposição de calda nos diferentes terços, com taxas de 60, 110 e 160 L ha<sup>-1</sup> na cultura da soja.

Sendo assim, não há um consenso quanto a qualidade de aplicação com a redução da taxa de aplicação e, quanto ao uso de adjuvantes, não há informações suficientes para tomada de decisão na escolha dos mesmos devido às diferentes características de cada produto e suas interações com os agrotóxicos.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a interação entre a taxa de aplicação e o uso de adjuvantes na pulverização de fungicida na cultura da soja e nas características físico-químicas da calda.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, Uberlândia – MG e na Fazenda Lagoinha, situada nas coordenadas geográficas 17°58'30,03" S e 47°46'58,41" O, a uma altitude de 810 metros, no município de Catalão - GO. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Aw (megatérmico), apresentando durante o ano duas estações bem definidas, inverno seco e verão chuvoso.

Na parte de campo, a cultivar de soja AS 3730 IPRO foi conduzida em sistema de semeadura direta, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e população de 266 mil plantas ha<sup>-1</sup>, conduzida com adubação e correção do solo recomendadas para o tipo de solo da região de Catalão – GO.

O experimento a campo foi realizado em delineamento de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, avaliando duas taxas de aplicação (77 e 146 L ha<sup>-1</sup>), adição de óleo mineral a base de hidrocarbonetos alifáticos (presença ou ausência) na concentração de 0,50% v v<sup>-1</sup> e adição de óleo vegetal a base de óleo essencial de laranja (presença ou ausência) na concentração de 0,25% v v<sup>-1</sup>. Em cada tratamento foram utilizadas parcelas de 8 x 20 m de comprimento, sendo que, dentro de um mesmo bloco, as parcelas foram espaçadas entre si por 3 m para que o pulverizador pudesse iniciar o deslocamento antes da parcela. Os tratamentos utilizados no experimento estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos. Uberlândia – MG, 2017

Tratamentos	Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Óleo mineral	Óleo vegetal
T1	77	Ausência	Ausência
T2		Presença	
T3		Ausência	Presença
T4		Presença	
T5	146	Ausência	Ausência
T6		Presença	
T7		Ausência	Presença
T8		Presença	

No experimento utilizou-se um pulverizador de arrasto Jacto modelo Columbia Cross, com barra de 18 m de comprimento e equipado com 37 pontas de pulverização, espaçadas de 0,5 m entre elas. Foram utilizadas pontas de pulverização de jato cônico cheio modelo CH 100015, desenvolvidas pela empresa MagnoJet. A pressão de trabalho da ponta foi constante para todos tratamentos, mantida em 3,4 bar (340 kPa), realizando-se a variação da velocidade de pulverização para os tratamentos com diferentes taxas de aplicação, sendo 5,3 e 10 km h<sup>-1</sup> para as taxas de 146 e 77 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Realizou-se a troca do conjunto de marchas do trator mantendo a rotação do motor em 1700 rpm.

De acordo com os tratamentos, adicionou-se o óleo mineral a base de hidrocarbonetos alifáticos e/ou óleo vegetal a base de óleo essencial de laranja. Em todos os tratamentos foi adicionado fungicida na dose de 200 g ha<sup>-1</sup>, na combinação de azoxistrobina (300 g kg<sup>-1</sup>) e benzovindiflupir (150 g kg<sup>-1</sup>).

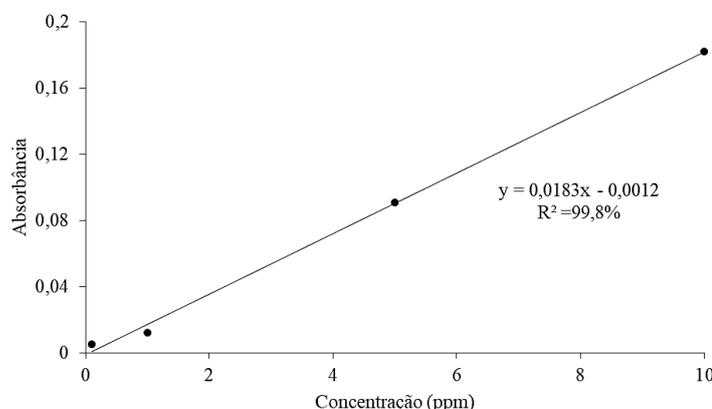
As pulverizações foram realizadas quando a cultura se encontrava no estágio R<sub>3</sub>, sendo feitas em uma única passada do pulverizador, com apenas uma das barras.

Durante as pulverizações, foram medidas as condições meteorológicas com um termo-higro-anemômetro (Kestrel 4000®). A média das condições climáticas foram: velocidade do vento de 1,19 m s<sup>-1</sup>, temperatura de 29,15°C e umidade relativa do ar de 70,60%.

Para a avaliação da deposição da pulverização foi utilizado o corante marcador Azul Brilhante FD&C n°1, na dose de 300 g ha<sup>-1</sup>. Após a pulverização, foram coletadas 10 folhas do terço superior e 10 folhas do terço médio de plantas aleatórias para cada parcela e acondicionadas em sacos plásticos de 0,25 x 0,35 m de comprimento que, após a coleta, foram armazenados em caixa de isopor e levados para o laboratório. Cada saco plástico contendo as folhas de soja foi lavado com 75 mL de água destilada e, em seguida, o líquido contendo o

corante Azul Brillante foi transferido para copos plásticos de 50 mL devidamente identificados. O líquido das amostras foi levado para leitura em espectrofotômetro Biospectro modelo SP-22. Para a leitura de absorvância de cada uma das amostras, foi utilizado filtro de comprimento de onda de 630 nm.

Para a correção da concentração de Azul Brillante na calda, foi coletada uma amostra da calda de cada tratamento durante a pulverização, estas foram levadas para leitura no espectrofotômetro e os valores das concentrações iniciais foram corrigidos conforme a curva de calibração (Figura 1).



**Figura 1.** Curva de calibração para detecção do marcador Azul Brillante no espectrofotômetro.

Após a lavagem das folhas, as áreas foliares foram mensuradas através de um medidor de bancada LICOR, modelo 3100, com a finalidade de determinar a quantidade de corante em  $\text{ng cm}^{-2}$  de folha.

A avaliação do diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e da amplitude relativa (SPAN) foi realizada com uso de papel sensível à água (76 x 26 mm). Antes das pulverizações, uma haste contendo um papel sensível foi colocada em cada parcela, de forma que o papel ficasse sobre o dossel da cultura. Após a pulverização, o papel foi recolhido e acondicionado em envelopes de papel, com a finalidade de evitar o contato do mesmo com a umidade do ar. Quando no laboratório, os papéis foram digitalizados (HP, ScanJet) e as imagens digitais (1200 dpi) foram avaliadas pelo software E-sprinkle (Versão 2005, Ablevision).

A severidade da ferrugem asiática não foi avaliada pelo fato de não terem sido encontradas pústulas de *Phakopsora pachyizi* nas folhas dos ensaios realizados.

Na avaliação das características físico-químicas, acrescentou-se ao delineamento experimental usado em campo um tratamento adicional, no qual foi usado apenas água destilada, resultando em um esquema fatorial  $2 \times 2 \times 2 + 1$ . Empregou-se delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições.

As características avaliadas foram: tensão superficial, pH, viscosidade e condutividade elétrica. Para determinação da tensão superficial, foi utilizado um tensiômetro de bancada com anel de platina (Kruss, K6). O pH foi medido com um medidor de pH (Tecnoyon, mPA 210). A viscosidade foi determinada utilizando-se um viscosímetro rotativo microprocessado (Quimis, 860M21). Utilizou-se o rotor zero na rotação de 60 rpm. A condutividade elétrica foi medida com um condutivímetro de bancada (Hach, HQ 40d). Seguiu-se a metodologia descrita por Cunha et al. (2010).

Todos os dados foram submetidos aos testes de pressuposições a 0,01 de significância. O Teste de Levene foi usado para verificar a homogeneidade das variâncias e o Teste de Shapiro-Wilk para testar as normalidades dos resíduos. Quando em ensaios com delineamento em blocos casualizados, o teste de Tukey foi realizado para observar a aditividade dos blocos. Quando as pressuposições não foram atendidas, os dados foram transformados e submetidos a nova análise. Os dados transformados só foram utilizados quando a transformação melhorou pelo menos uma das pressuposições, sem afetar as demais, caso contrário, foram utilizados os dados originais.

Após a verificação das pressuposições, os dados foram submetidos à análise de variância, com auxílio do software SISVAR 5.3. Para os dados das análises físico-químicas, foi utilizado o software ASSISTAT 7.7. Em todas as análises adotou-se a significância de 0,05. As médias do teste de variância foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo que, as médias das análises físico-químicas foram comparadas com as obtidas pela água destilada (testemunha) pelo teste de Dunnett.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes às análises das pressuposições encontram-se na Tabela 2. Apenas as avaliações de pH e condutividade elétrica não atenderam aos testes de pressuposição para homogeneidade das variâncias e/ou normalidade dos resíduos. Ambas avaliações, mesmo

após a transformação de  $\sqrt{x}$ , continuaram não atendendo as pressuposições. Desta forma, todas as avaliações foram realizadas com os dados não transformados.

**Tabela 2.** Análise das pressuposições dos dados referentes às características avaliadas. Uberlândia – MG, 2017

Características	Testes	Dados não transformados		Dados transformados		Análise dos dados <sup>5</sup>	
		Valores de $F^1/SW^2; /F^3$	Sig. <sup>4</sup>	Valores de $F^1/SW^2; /F^3$	Sig. <sup>4</sup>		
Tensão superficial	Levene	0,697	<b>0,691</b>	-	-	NT	
	SW	0,956	<b>0,164</b>	-	-		
pH	Levene	3,180	<b>0,011</b>	3,586	0,006	NT	
	SW	0,906	0,005	3,546	0,006		
Viscosidade	Levene	1,258	<b>0,306</b>	-	-	NT	
	SW	0,967	<b>0,340</b>	-	-		
Condutividade elétrica	Levene	3,399	0,008	3,586	0,006	NT	
	SW	0,842	0,000	0,887	0,002		
SPAN	Levene	2,494	<b>0,045</b>	-	-	NT	
	SW	0,935	<b>0,054</b>	-	-		
	Tukey	1,488	<b>0,237</b>	-	-		
DM	Levene	1,736	<b>0,148</b>	-	-	NT	
	SW	0,976	<b>0,665</b>	-	-		
	Tukey	1,454	<b>0,242</b>	-	-		
Deposição foliar	Superior	Levene	1,975	<b>0,101</b>	-	-	NT
		SW	0,979	<b>0,769</b>	-	-	
		Tukey	2,128	<b>0,160</b>	-	-	
	Médio	Levene	2,020	<b>0,094</b>	-	-	NT
		SW	0,950	<b>0,143</b>	-	-	
		Tukey	7,624	<b>0,012</b>	-	-	

<sup>1</sup>Estatística dos testes de Levene para homogeneidade das variâncias; <sup>2</sup>Estatística dos testes de Shapiro Wilk para normalidade dos resíduos; <sup>3</sup>Estatística do teste de Tukey para aditividade dos blocos; <sup>4</sup>Valores em negrito indicam homogeneidade das variâncias, normalidade dos resíduos e aditividade dos blocos à significância de 0,01; <sup>5</sup>NT: Dados não transformados.

Nas Tabelas 3 e 4 são mostradas as médias referentes às análises de condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico das caldas em diferentes taxas de aplicação adicionadas ou não de adjuvantes. Para as duas análises houve interação tripla significativa, o que mostra a dependência entre os fatores.

Todos os tratamentos alteraram a condutividade elétrica e o pH das caldas quando comparadas a água, que apresentou condutividade de 40  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e pH de 7,23, demonstrando que apenas a presença do fungicida foi suficiente para alterar as propriedades avaliadas.

Na Tabela 3, nota-se que, dentre os adjuvantes, a adição de óleo mineral à calda reduziu a condutividade elétrica, tendo o mesmo comportamento dentro de cada nível de taxa de aplicação. A adição de óleo vegetal demonstrou um comportamento diferente, sendo que sua presença acarretou em aumento da condutividade elétrica nos diferentes níveis de taxa de aplicação. A associação entre os adjuvantes na calda de pulverização demonstrou ter efeito

aditivo, elevando a condutividade elétrica a valores superiores aos encontrados com uso isolado dos adjuvantes que, quando comparados à água, promoveram aumento de até 940% na condutividade, o que demonstra a interação entre os mesmos.

A ação dos adjuvantes sobre o pH da calda foi desigual para as diferentes taxas de aplicação adotadas. Em relação a taxa de 77 L ha<sup>-1</sup>, a alteração do pH foi observada com a utilização do óleo vegetal que, independente do uso de óleo mineral, acarretou em aumento do pH. O óleo mineral, quando isolado, não influenciou o pH, mas quando em associação com óleo vegetal, resultou em aumento correspondente a 122,5% em relação a água, o que possivelmente se deve a interação química entre os produtos. Para a taxa de 146 L ha<sup>-1</sup>, o uso de óleo vegetal também proporcionou aumento do pH independente da adição de óleo mineral, atingindo valor 124,2% superior ao da água e, no caso do óleo mineral, o mesmo reduziu o pH independente da adição de óleo vegetal. Nota-se que para a maior taxa não houve interação química e a única alteração de concentração foi quanto ao fungicida. Mesmo na ausência de adjuvantes na calda de pulverização, tem-se que a presença de fungicida acarreta aumento de pH de até 120,2%.

Na Tabela 4 analisou-se o comportamento da taxa de aplicação nas propriedades de condutividade elétrica e pH da calda. É possível observar que com o aumento da taxa de aplicação a condutividade elétrica diminuiu, este fato é observado independente do uso de adjuvantes e pode ser explicada pela redução da concentração do fungicida na calda, visto que sua presença altera a condutividade. Quanto ao pH da calda, o mesmo aumentou com a adoção do maior volume, de 146 L ha<sup>-1</sup>, seguindo o mesmo padrão com uso dos adjuvantes isolados, mas com a combinação entre os adjuvantes o pH reduziu em 0,06. Novamente, os dados mostram a complexa ação dos adjuvantes na calda, indicando que para cada condição de calda, sua ação pode ser alterada.

As propriedades físico-químicas, tais como o pH e a condutividade elétrica, estão intimamente ligados com a eficiência dos produtos. Diferentes ingredientes ativos tem o tempo de meia-vida afetado pelo pH da calda, não existindo um padrão para todos os ingredientes ativos, sendo aconselhável sempre consultar o fabricante do produto para se ter a faixa ótima de pH, com a finalidade de recomendar o adjuvante ideal. O aumento da condutividade elétrica se deve à presença de íons na calda, que podem ser Ca<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup>, Al<sup>+3</sup> etc., e estes podem reagir com ingredientes ativos e levar a ineficácia dos produtos (KISSMANN, 1998; CARLSON; BURNSIDE, 1984).

Cunha et al. (2017), estudando o comportamento da associação de adjuvantes com produtos fitossanitários, observaram a ação de adjuvantes a base de óleo mineral e vegetal sobre o pH e condutividade elétrica da calda, havendo alteração destes fatores. Os autores também observaram que o comportamento dos adjuvantes depende do fungicida adicionado à calda. Desta forma, os dados encontrados neste trabalho corroboram com os dados dos autores. Não se pode generalizar os dados encontrados para outros agrotóxicos.

**Tabela 3.** Desdobramento dos fatores óleo vegetal e óleo mineral dentro dos níveis de taxa de aplicação para condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico. Uberlândia – MG, 2017

Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Óleo mineral (% v v <sup>-1</sup> )	Condutividade elétrica (μS cm <sup>-1</sup> )				pH			
		Óleo vegetal (% v v <sup>-1</sup> )				Óleo vegetal (% v v <sup>-1</sup> )			
		0		0,25		0		0,25	
77	0	296 <sup>+</sup>	bA	373 <sup>+</sup>	aB	8,56 <sup>+</sup>	bA	8,66 <sup>+</sup>	aB
	0,5	278 <sup>+</sup>	bB	376 <sup>+</sup>	aA	8,57 <sup>+</sup>	bA	8,86 <sup>+</sup>	aA
146	0	213 <sup>+</sup>	bA	292 <sup>+</sup>	aB	8,69 <sup>+</sup>	bA	8,98 <sup>+</sup>	aA
	0,5	192 <sup>+</sup>	bB	298 <sup>+</sup>	aA	8,65 <sup>+</sup>	bB	8,80 <sup>+</sup>	aB
Água <sup>+</sup>		40				7,23			
CV (%)		0,20				0,24			
F <sub>vol</sub>		193009,300*				263,907*			
F <sub>min</sub>		1582,038*				0,030 <sup>ns</sup>			
F <sub>veg</sub>		231787,110*				853,039*			
F <sub>vol x min</sub>		1,005 <sup>ns</sup>				231,292*			
F <sub>vol x veg</sub>		200,842*				4,301*			
F <sub>min x veg</sub>		4075,583*				2,419 <sup>ns</sup>			
F <sub>vol x min x veg</sub>		49,268*				138,106*			
F <sub>fat x ad</sub>		791660,820*				18876,853*			

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si, a 0,05 de significância pelo teste de Tukey; <sup>+</sup> Valores diferem a 0,05 de significância pelo teste de Dunnett; CV (%): coeficiente de variação; F<sub>vol</sub>: Valor F para taxa de aplicação; F<sub>min</sub>: Valor F para óleo mineral; F<sub>veg</sub>: Valor F para óleo vegetal; F<sub>vol x min</sub>: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F<sub>vol x min</sub>: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F<sub>min x veg</sub>: Valor F para óleo mineral x óleo vegetal; F<sub>vol x min x veg</sub>: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral x óleo vegetal; \*significativo a 0,05; <sup>ns</sup>não significativo.

**Tabela 4.** Desdobramento de óleo vegetal e taxa de aplicação dentro dos níveis de óleo mineral para condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico. Uberlândia – MG, 2017

Óleo mineral (% v v <sup>-1</sup> )	Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Condutividade elétrica (μS cm <sup>-1</sup> )				pH			
		Óleo vegetal (% v v <sup>-1</sup> )				Óleo vegetal (% v v <sup>-1</sup> )			
		0		0,25		0		0,25	
0	77	296	A	373	A	8,56	B	8,66	B
	146	213	B	292	B	8,69	A	8,98	A
0,5	77	278	A	376	A	8,57	B	8,86	A
	146	192	B	298	B	8,65	A	8,80	B
Água		40				7,23			
CV (%)		0,20				0,24			

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si a 0,05 de significância pelo teste de Tukey; CV (%): coeficiente de variação.

Nas Tabelas 5 e 6 tem-se as médias referentes às análises de viscosidade e tensão superficial das caldas de pulverização, em diferentes taxas de aplicação com ou sem adição de adjuvantes. Ambas análises apresentaram interação tripla significativa, o que mostra a dependência entre os fatores.

A viscosidade da calda foi reduzida com a adição dos adjuvantes quando comparada com a água, que apresentou viscosidade de 1,02 mPa s. Para a tensão superficial, todos os tratamentos a reduziram, quando comparada a água, que apresentou 71 mN m<sup>-1</sup>. Isso mostra que apenas a adição do fungicida foi capaz de alterar a tensão superficial da calda.

Na Tabela 5 é possível observar os dados de viscosidade e tensão superficial das caldas em função do óleo vegetal e óleo mineral dentro de cada nível de taxa de aplicação. Quando há a adição de adjuvantes isolados, é possível observar a redução na viscosidade da calda nos diferentes níveis de taxa de aplicação. Com a adição de ambos adjuvantes à calda, possivelmente pela concentração dos adjuvantes, ocorreu aumento da viscosidade, com o mesmo comportamento para as diferentes taxas.

Para avaliação da tensão superficial, pode-se observar que a ação dos adjuvantes, quando em uso isolado, reduz a mesma, sendo os menores valores apresentados pela adição de óleo vegetal, com redução de até 42% na taxa de aplicação de 146 L ha<sup>-1</sup>. Com a associação dos adjuvantes, valores intermediários foram observados, sendo assim, a adição de óleo mineral em calda com a presença de óleo vegetal acarreta em aumento da tensão superficial.

Na Tabela 6 pode-se observar os dados de viscosidade e tensão superficial em função da taxa de aplicação utilizada. Nota-se que a adoção da maior taxa de aplicação reduziu a viscosidade na ausência de adjuvantes. Em relação a calda com óleo vegetal e com a associação de óleo vegetal e mineral, a taxa de aplicação não alterou a viscosidade. Na presença do óleo mineral, a adoção de 77 L ha<sup>-1</sup> apresentou viscosidade 0,02 mPa s, maior quando comparada a 146 L ha<sup>-1</sup>.

A taxa de aplicação alterou a tensão superficial em todos tratamentos, com exceção dos tratamentos com uso isolado de óleo mineral. Quando na ausência de adjuvantes, a taxa de aplicação de 146 L ha<sup>-1</sup> proporcionou maior tensão superficial, que é explicado pela menor concentração de fungicida. A elevação da taxa de aplicação associada ao óleo vegetal ou com a combinação de óleo vegetal e mineral demonstrou redução da tensão superficial.

Baio et al. (2015) e Sasaki et al. (2015) verificaram alterações nas propriedades de tensão superficial e viscosidade da calda com a adição de adjuvantes, respectivamente, com valores

variando de 20,03 a 72,60 mN m<sup>-1</sup> para tensão superficial e com redução de até 0,04% da viscosidade da água, o que corroboram com o presente trabalho.

A viscosidade da calda de pulverização é um importante fator a ser levado em consideração, pois está ligado a capacidade de redução de deriva e de evaporação de gotas, sendo que produtos com tais características aumentam a viscosidade da calda, sendo este aumento responsável por dificultar a formação de gotas menores (STOCK & BRIGGS, 2000).

Mendonça et al. (2007), avaliando a tensão superficial estática de óleos vegetais e minerais, observaram redução da tensão superficial com uso dos diversos adjuvantes, mas vale ressaltar que a intensidade da redução não esteve ligada com o tipo de óleo, vegetal ou mineral, mas com sua composição, pelo fato de terem tensoativos em sua formulação. Desta forma, ambos adjuvantes utilizados neste trabalho reduziram significativamente a tensão superficial, o que demonstra a presença de compostos tensoativos na formulação de ambos produtos.

É comum que adjuvantes contenham compostos tensoativos, assim como algumas formulações de agrotóxicos. Cunha et al. (2017), avaliando as características físico-químicas em caldas de pulverização, mostraram que há interações de adjuvantes e agrotóxicos, o que pode levar a alterações não previstas na tensão superficial da calda. A redução da tensão superficial pode levar ao aumento do espalhamento da gota sobre a folha e melhorar a cobertura do alvo (VAN ZIL et al., 2010; XU et al., 2010; CUNHA et al., 2017), mas pode levar ao escorrimento da calda, no caso de altas reduções na tensão superficial.

**Tabela 5.** Desdobramento de óleo vegetal e óleo mineral dentro dos níveis de taxa de aplicação para viscosidade e tensão superficial. Uberlândia – MG, 2017

Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Óleo mineral (% v v <sup>-1</sup> )	Viscosidade (mPa s)				Tensão superficial (mN m <sup>-1</sup> )			
		Óleo vegetal (% v v <sup>-1</sup> )				Óleo vegetal (% v v <sup>-1</sup> )			
		0		0,25		0		0,25	
77	0	1,01	aA	0,92 <sup>+</sup>	bB	45,75 <sup>+</sup>	aA	30,00 <sup>+</sup>	bB
	0,5	0,94 <sup>+</sup>	bB	0,99 <sup>+</sup>	aA	35,75 <sup>+</sup>	aB	33,75 <sup>+</sup>	bA
146	0	1,00	aA	0,92 <sup>+</sup>	bB	50,00 <sup>+</sup>	aA	29,00 <sup>+</sup>	bB
	0,5	0,96 <sup>+</sup>	bB	0,98 <sup>+</sup>	aA	35,75 <sup>+</sup>	aB	30,75 <sup>+</sup>	bA
Água <sup>+</sup>		1,02				71,00			
CV (%)		1,14				1,65			
F <sub>vol</sub>		0,102 <sup>ns</sup>				0,071 <sup>ns</sup>			
F <sub>min</sub>		0,000*				399,671*			
F <sub>veg</sub>		49,313*				2175,987*			
F <sub>vol x min</sub>		3,668 <sup>ns</sup>				44,408*			
F <sub>vol x veg</sub>		0,408 <sup>ns</sup>				77,376*			
F <sub>min x veg</sub>		244,630*				1006,176*			
F <sub>vol x min x veg</sub>		8,253*				5,755*			
F <sub>fat x ad</sub>		89,672*				9709,587*			

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si, a 0,05 de significância pelo teste de Tukey; + Valores diferem a 0,05 de significância pelo teste de Dunnett; CV (%): coeficiente de variação; F<sub>vol</sub>: Valor F para taxa de aplicação; F<sub>min</sub>: Valor F para óleo mineral; F<sub>veg</sub>: Valor F para óleo vegetal; F<sub>vol x min</sub>: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F<sub>vol x min</sub>: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F<sub>min x veg</sub>: Valor F para óleo mineral x óleo vegetal; F<sub>vol x min x veg</sub>: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral x óleo vegetal; \*significativo a 0,05; <sup>ns</sup>não significativo.

**Tabela 6.** Desdobramento de óleo vegetal e taxa de aplicação dentro dos níveis de óleo mineral para viscosidade e tensão superficial. Uberlândia – MG, 2017

Óleo mineral (% v v <sup>-1</sup> )	Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Viscosidade (mPa s)				Tensão superficial (mN m <sup>-1</sup> )			
		Óleo vegetal (% v v <sup>-1</sup> )				Óleo vegetal (% v v <sup>-1</sup> )			
		0		0,25		0		0,25	
0	77	1,02	A	0,92	A	45,75	B	30,00	A
	146	1,00	B	0,92	A	50,00	A	29,00	B
0,5	77	0,94	B	0,99	A	35,75	A	33,75	A
	146	0,96	A	0,98	A	35,75	A	30,75	B
Água		1,02				71,00			
CV (%)		1,14				1,65			

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si a 0,05 de significância pelo teste de Tukey; CV (%): coeficiente de variação.

Na Tabela 7 encontram-se os dados de DMV e SPAN. Não ocorreu interação. Na análise do DMV observou a ausência de alteração com adição de óleo mineral. O efeito da alteração do DMV com o aumento da taxa de aplicação possivelmente se deve ao uso do papel sensível, que é um método prático para analisar a qualidade da aplicação, mas este método pode sofrer distorções, principalmente devido a coalescência de gotas, formando manchas e distorcendo a estimativa de tamanho de gotas (FRITZ et al., 2009).

**Tabela 7.** Diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e amplitude relativa (SPAN) em função da taxa de aplicação e adição de adjuvantes na pulverização de fungicida na cultura da soja. Uberlândia – MG, 2017

Tratamentos	DMV (µm)		SPAN	
	Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )			
77	395	B	1,15	A
146	490	A	1,15	A
Óleo Mineral (% v v <sup>-1</sup> )				
0	433	A	1,14	A
0,5	452	A	1,17	A
Óleo Vegetal (% v v <sup>-1</sup> )				
0	466	A	1,14	A
0,25	419	B	1,18	A
CV (%)	12,89		13,33	
F <sub>vol</sub>	22,035*		0,000 <sup>ns</sup>	
F <sub>min</sub>	0,882 <sup>ns</sup>		0,211 <sup>ns</sup>	
F <sub>veg</sub>	5,366*		0,474 <sup>ns</sup>	

$F_{vol \times min}$	1,729 <sup>ns</sup>	1,316 <sup>ns</sup>
$F_{vol \times veg}$	0,193 <sup>ns</sup>	0,211 <sup>ns</sup>
$F_{min \times veg}$	0,097 <sup>ns</sup>	0,211 <sup>ns</sup>
$F_{vol \times min \times veg}$	0,098 <sup>ns</sup>	0,053 <sup>ns</sup>

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, a 0,05 de significância pelo teste de Tukey; CV (%): coeficiente de variação;  $F_{vol}$ : Valor F para taxa de aplicação;  $F_{min}$ : Valor F para óleo mineral;  $F_{veg}$ : Valor F para óleo vegetal;  $F_{vol \times min}$ : Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral;  $F_{vol \times veg}$ : Valor F para taxa de aplicação x óleo vegetal;  $F_{min \times veg}$ : Valor F para óleo mineral x óleo vegetal;  $F_{vol \times min \times veg}$ : Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral x óleo vegetal; \*significativo a 0,05; <sup>ns</sup>não significativo.

A presença do óleo vegetal na calda proporcionou redução do DMV. A ação dos adjuvantes na calda não pode ser generalizada, sendo que estudos mostram diferentes resultados quando há a alteração de pontas de pulverização e/ou produtos (CUNHA, 2010). Diferentes estudos mostram que não há uma concordância quanto a ação dos adjuvantes sobre o DMV, sendo que esta ação em pulverizadores pneumáticos reduz o DMV e o oposto é visto com pontas de indução de ar (SASAKI et al, 2015; MOTA; ANTUNIASSI, 2013). Em contrapartida, o estudo realizado por Chechetto & Antuniassi (2012) mostra redução do DMV com uso de óleo vegetal quando comparado ao óleo mineral com pontas de indução de ar e o oposto é observado com pontas de pré-orifício.

Outro fator de grande importância na tecnologia de aplicação é a homogeneidade do tamanho das gotas formadas pelas pontas de pulverização, este índice é dado pela amplitude relativa (SPAN), sendo que quanto menor o valor, mais homogêneo é o espectro de gotas. Conforme a Tabela 7, independente da taxa de aplicação e dos adjuvantes utilizados, não houve alteração na uniformidade do tamanho das gotas, mas vale ressaltar que os valores encontrados demonstram um espectro de gotas uniforme. Estudos realizados mostram a complexa interação dos adjuvantes, sendo que o comportamento da amplitude relativa não sofre influência apenas pela presença destes, mas também pelo tipo de ponta empregada (BAIO et al., 2015).

Os dados de deposição foliar encontram-se na Tabela 8. A taxa de aplicação de 146 L ha<sup>-1</sup> proporcionou maiores depósitos no terço superior e médio da cultura. Não há uma taxa de aplicação pré-estabelecida para cada tipo de aplicação, vários são os fatores que interferem na tomada de decisão de qual volume adotar, o alvo, o equipamento, as condições climáticas etc., sendo assim, a escolha da taxa de aplicação a ser adotada depende de cada situação (MATUO, 1990).

O comportamento dos adjuvantes demonstrou que a presença de óleo mineral acarretou em um aumento de 164 ng cm<sup>-2</sup> no terço superior, enquanto que a presença do óleo vegetal não afetou a deposição.

Óleos vegetais são menos estáveis que óleos minerais, necessitando de uma maior concentração de emulsificantes, que por sua vez leva a redução da tensão superficial da calda e possivelmente pode ter ocasionado escorrimento, o que pode ter levado ao não aumento do depósito dos produtos (AZEVEDO, 2011).

Estes dados corroboram com os encontrados por Prado et al. (2015), que observaram o aumento na deposição de calda com o aumento da taxa de aplicação e com adição de surfactante, em ensaio no ano agrícola 2009/2010, mas o mesmo não foi observado no ano agrícola 2010/2011, demonstrando que os resultados deste trabalho não podem ser generalizados.

**Tabela 8.** Deposição foliar no terço superior e médio da cultura da soja, em função da taxa de aplicação e da adição de adjuvantes. Uberlândia – MG, 2017

Tratamentos	Deposição foliar (ng cm <sup>-2</sup> )			
	Terço superior		Terço médio	
	Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )			
77	460	B	175	B
146	630	A	235	A
	Óleo Mineral (% v v <sup>-1</sup> )			
0	463	B	225	A
0,5	627	A	185	A
	Óleo Vegetal (% v v <sup>-1</sup> )			
0	580	A	194	A
0,25	510	A	216	A
CV (%)	32,65		26,06	
F <sub>vol</sub>	7,277*		10,034*	
F <sub>min</sub>	6,792*		4,307 <sup>ns</sup>	
F <sub>veg</sub>	1,217 <sup>ns</sup>		1,289 <sup>ns</sup>	
F <sub>vol x min</sub>	0,108 <sup>ns</sup>		0,263 <sup>ns</sup>	
F <sub>vol x veg</sub>	0,681 <sup>ns</sup>		0,095 <sup>ns</sup>	
F <sub>min x veg</sub>	0,129 <sup>ns</sup>		3,673 <sup>ns</sup>	
F <sub>vol x min x veg</sub>	1,067 <sup>ns</sup>		0,497 <sup>ns</sup>	

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, a 0,05 de significância pelo teste de Tukey; CV (%): coeficiente de variação; F<sub>vol</sub>: Valor F para taxa de aplicação; F<sub>min</sub>: Valor F para óleo mineral; F<sub>veg</sub>: Valor F para óleo vegetal; F<sub>vol x min</sub>: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F<sub>vol x min x veg</sub>: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral x óleo vegetal; F<sub>min x veg</sub>: Valor F para óleo mineral x óleo vegetal; F<sub>vol x min x veg</sub>: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral x óleo vegetal; \*significativo a 0,05; <sup>ns</sup>não significativo.

#### 4. CONCLUSÕES

O óleo vegetal reduziu o diâmetro da mediana volumétrica na pulverização.

O aumento da taxa de aplicação e o uso de óleo mineral proporcionaram maiores depósitos nos terços superior e médio e no terço superior da soja, respectivamente.

A taxa de aplicação e o uso de adjuvantes interagiram alterando as propriedades físico-químicas inerentes a calda, sendo que os adjuvantes testados reduziram a tensão superficial e a viscosidade e aumentaram o pH e a condutividade elétrica da calda.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR JÚNIOR, H.O.; RAETANO, C.G.; PRADO, E.P.; DAL POGETTO, M.H.F.A.; CHRISTOVAM, R.S.; GIMENES, M.J. Adjuvantes e assistência de ar em pulverizador de barras sobre a deposição da calda e controle de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.3, p.103-109, 2011.

AZEVEDO, L. A. S. de. **Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas**. Rio de Janeiro: IMOS Gráfica e editora, 2011. 264p.

BAIO, F. H. R.; GABRIEL, R. R. F.; CAMOLESE, H. da S. Alteração das propriedades físico-químicas na aplicação contendo adjuvantes. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v.9, n.2, p.151-161, 2015.

BERGER-NETO, A.; JACCOUD-FILHO, D. S.; WUTZKI, C. R.; TULLIO, H. E.; PIERRE, M. L. C.; MANFRON, F.; JUSTINO, A. Effect of spray droplet size, spray volume and fungicide on the control of white mold in soybeans. **Crop Protection**, London, v.92, p.190-197, 2017.

CARLSON, K. L.; BURNSIDE, O. C. Comparative phytotoxicity of glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. **Weed Science**, Cambridge, v.32, n.6, p.841-844, 1984.

CUNHA, J. P.A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.48, n.2, p.261-270, 2017.

CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.3, p.665-672, 2010.

CUNHA, J. P.A. R.; JULIATTI, F. C.; REIS, E. F. Tecnologia de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.4, p.950-957, 2014.

CUNHA, J. P.A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n.4, p.597-602, 2010.

DURÃO, C. F.; BOLLER, W. Spray nozzles performance in fungicides applications for asian soybean rust control. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.37, n.4, p.709-716, 2017.

FERREITA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, p.36-41, 2008.

FREITAS, R. M. S. de; LIMA, L. E. de; SILVA, R. S.; CAMPOS, H. D.; PERIN, A. Fluxapyroxad in the asian soybean rust control in the cerrado biome. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.29, n.3, p.619-628, 2016.

FRITZ, B. K.; PARKER, J. D.; LÓPEZ JUNIOR, J. D.; HOFFMAN, W. C.; SCHLEIDER, P. Deposition and droplet sizing characterization of a laboratory spray table. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, MI, v.25, n.2, p.175-180, 2009.

GARCIA, L. C.; MACHADO JÚNIOR, C. R.; BOCHNIA, G. P.; NETO, P.H. W.; RAETANO, C. G. Adjuvants in fungicide spraying in wheat and soybean crops. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n.6, p.1110-1117, 2016.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: GUEDES, J. V.C.; DORNELLES, S. B (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, p.39-51, 1998.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139p.

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**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.16-23, 2007.

MOTA, A. A. B.; ANTUNIASSI, U. R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 28, n.1, p.1-5, 2013.

PASQUA, S. D.; PERIRA, T.; FRANCESCHI, G. J. Número de aplicações de fungicidas sobre o desenvolvimento de doenças foliares e rendimento da soja. **Magistra**, Cruz das Almas, v.27, n.3/4, p.363-371, 2015.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; COSTA, S. I. A.; CHRITOVAM, R. S. Taxa de aplicação de surfactante siliconado na deposição da pulverização e controle da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.514-527, 2015.

ROCHA, A. J. S.; MÜHL, F. R.; RITTER, A. F. S.; MOREIRA, A.; FELDMANN, A.; RHODEN, A.; BALBINOT, M. Avaliação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da

soja na safra 2014/2015. **Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos**, Itapiranga, v.1, p. 1-15, 2016.

SASAKI, R.S.; TEIXERA, M.M.; SANTIAGO, H.; MADUREIRA, R.P.; MACIEL, C.F.S.; FERNANDES, H.C. Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.2-7, 2015.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V.de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

STOCK, D.; BRIGGS, G. Physicochemical properties of adjuvants: values and applications. **Weed Technology**, Cambridge, v.14, n.4, p.798-806, 2000.

VAN ZYL, S. A.; BRINK, J. C.; CALITZ, F. J.; COERTZE, S.; FOURIE, P.H. The use of adjuvants to improve spray deposition and *Botrytis cinerea* control on Chardonnay grapevine leaves. **Crop Protection**, London, v.29, n.1, p.58-67, 2010.

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