

THIAGO NUNES LANDIM

ADJUVANTES E TAXAS DE APLICAÇÃO NA PULVERIZAÇÃO DE FUNGICIDA NA
CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

THIAGO NUNES LANDIM

ADJUVANTES E TAXAS DE APLICAÇÃO NA PULVERIZAÇÃO DE FUNGICIDA NA
CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Carlos Alberto Alves de Oliveira

IFTM

Prof. Dr. Cleyton Batista de Alvarenga

UFU

Prof^a. Dr^a. Mariana Rodrigues Bueno

UNITRI

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- L257a
2018
- Landim, Thiago Nunes, 1992
Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja / Thiago Nunes Landim. - 2018.
66 p. : il.
- Orientador: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.789>
Inclui bibliografia.
1. Agronomia - Teses. 2. Soja - Doenças e pragas - Teses. 3. Fungicidas - Teses. 4. Pulverização - Teses. I. Cunha, João Paulo Arantes Rodrigues da, 1976- II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

Ao meu pai João Landim Neto e minha mãe Simone Ribeiro Nunes Landim, que sempre estiveram ao meu lado, durante toda minha formação.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela benção das conquistas até aqui adquiridas e pelo convívio com todas as pessoas que, de alguma forma, fazem parte da minha vida.

Aos meus pais, João Landim Neto e Simone Ribeiro Nunes Landim, que sempre me apoiaram e é por eles que sempre agradecerei pelas infinitas oportunidades a mim proporcionadas.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, por todo apoio, incentivo, paciência, amizade e por todo conhecimento transmitido e por mim adquirido.

Aos membros da banca Mariana Rodrigues, Cleyton Batista e Carlos Alberto, por aceitarem o convite e contribuírem com a melhoria deste trabalho.

Aos meus colegas de laboratório, Guilherme Sousa, Sérgio Macedo, César Zandonadi, Matheus Gregório e Thales Cassemiro, por toda a ajuda e principalmente pela amizade.

Aos meus irmãos Thatiane Nunes Landim e Hugo Nunes Landim pela agradável convivência durante todos esses anos.

A todos meus familiares que sempre estiveram torcendo por mim.

A todos meus amigos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação e principalmente pela companhia durante todos estes anos.

A todos eu deixo o meu “*Muito Obrigado*”!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE FIGURAS	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I.....	11
1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
REFERÊNCIAS	15
CAPITULO II.....	17
RESUMO	18
ABSTRACT	19
1 INTRODUÇÃO.....	20
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1 Delineamento experimental.....	22
2.2 Pulverização.....	23
2.3 Avaliações a campo	24
2.3.1 Quantificação dos depósitos do marcador	24
2.3.2 Diâmetro da mediana volumétrica e amplitude relativa	25
2.3.3 Severidade de <i>Phakopsora pachyrhizi</i>	26
2.4 Avaliações em laboratório	26
2.4.1 Características físico-químicas	26
2.5 Análises estatísticas	26
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4 CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	38
CAPÍTULO III	41
RESUMO	42
ABSTRACT	43
1 INTRODUÇÃO.....	44
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
2.1 Avaliação da evaporação de gotas.....	45

2.2 Avaliação do espectro de gotas e propriedades físico-químicas	47
2.2.1 Espectro de gotas	47
2.2.2 Propriedades físico-químicas.....	48
2.3 Avaliação do espalhamento foliar	49
2.3 Análises estatísticas	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS	64

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

TABELA 1. Descrição dos tratamentos. Uberlândia – MG, 2017.....	22
TABELA 2. Média das condições meteorológicas durante a aplicação dos tratamentos. Uberlândia – MG, 2017.....	23
TABELA 3. Análise das pressuposições dos dados referentes às características avaliadas. Uberlândia – MG, 2017.....	28
TABELA 4. Desdobramento dos fatores óleo vegetal e óleo mineral dentro dos níveis de taxa de aplicação para condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico. Uberlândia – MG, 2017.....	30
TABELA 5. Desdobramento de óleo vegetal e taxa de aplicação dentro dos níveis de óleo mineral para condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico. Uberlândia – MG, 2017.....	31
TABELA 6. Desdobramento de óleo vegetal e óleo mineral dentro dos níveis de taxa de aplicação para viscosidade e tensão superficial. Uberlândia – MG, 2017.....	33
TABELA 7. Desdobramento de óleo vegetal e taxa de aplicação dentro dos níveis de óleo mineral para viscosidade e tensão superficial. Uberlândia – MG, 2017.....	33
TABELA 8. 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.....	34
TABELA 9. 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.....	36

CAPÍTULO III

TABELA 1. Tratamentos utilizados na avaliação da evaporação de gotas. Uberlândia – MG, 2017.....	45
TABELA 2. Tratamentos utilizados na avaliação do espalhamento foliar. Uberlândia – MG, 2017.....	49
TABELA 3. Análise das pressuposições dos dados referentes às características avaliadas. Uberlândia – MG, 2017.....	51
TABELA 4: Potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas, em função de adjuvantes e da ausência ou presença de fungicida. Uberlândia – MG, 2017.....	53
TABELA 5: Viscosidade e tensão superficial de caldas, em função de adjuvantes e da ausência ou presença de fungicida. Uberlândia – MG, 2017.....	55
TABELA 6: Evaporação de gotas expressa pela redução do diâmetro (%) em função de adjuvantes e da ausência ou presença de fungicida. Uberlândia – MG, 2017.....	57
TABELA 7: Amplitude relativa (SPAN) da pulverização hidráulica em função da adição de adjuvantes e presença ou ausência de fungicida na calda. Uberlândia – MG, 2017.....	58
TABELA 8: Diâmetro da mediana volumétrico (DMV) e porcentagem de volume composto por gotas menores que 100 µm em função de adjuvantes e da ausência ou presença de fungicida na calda. Uberlândia – MG, 2017.....	59

TABELA 9: Desdobramento de adjuvantes e fungicida dentro dos níveis de cultura para espalhamento foliar. Uberlândia – 2017.....	61
TABELA 10: Desdobramento de cultura e fungicida dentro dos níveis de adjuvantes para espalhamento foliar. Uberlândia – 2017.....	62

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

FIGURA 1. Pulverizador utilizado para aplicação. Catalão – GO, 2017.....	24
FIGURA 2. Curva de calibração para detecção do marcador Azul Brilhante no espectrofotômetro.....	25

CAPÍTULO III

FIGURA 1- Estrutura com fios de vidro sob microscópio digital. Uberlândia – MG, 2017.....	47
FIGURA 2. Espalhamento foliar na cultura do Milho (A), Algodão (B) e Soja (C). Uberlândia – MG, 2017.....	50

RESUMO

A tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários, quando bem empregada no campo, proporciona um adequado transporte do produto biologicamente ativo até o alvo, evitando perdas e aumentando a eficácia dos tratamentos. O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito de diferentes taxas de aplicação associadas a distintos adjuvantes na aplicação de fungicida na cultura da soja, como também as interações entre adjuvantes e o fungicida azoxistrobina+benzovindiflupir nas características físico-químicas, evaporação de gotas, espalhamento foliar e espectro de gotas da calda de pulverização. No primeiro estudo realizado a campo avaliou-se a deposição de calda em plantas de soja e as características físico-químicas da calda. O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, sendo dois volumes de calda, adição de óleo mineral a base de hidrocarbonetos alifáticos (presença ou ausência) e adição de óleo vegetal a base de óleo essencial de laranja (presença ou ausência). No segundo estudo conduzido em laboratório, avaliaram-se as características físico-químicas, a evaporação e o espectro de gotas. Para as avaliações do espectro de gotas (diâmetro da mediana volumétrica, amplitude relativa e porcentagem do volume de gotas menores que $100 \mu\text{m}$), evaporação e propriedades físico-químicas (pH, condutividade elétrica, viscosidade e tensão superficial), o experimento foi realizado em esquema fatorial 2×6 , sendo o primeiro fator a ausência ou presença do fungicida e o segundo fator as diferentes caldas (cinco adjuvantes e água). A avaliação do espalhamento foliar foi realizada em esquema fatorial $6 \times 2 \times 3$: seis caldas submetidas a presença ou ausência do fungicida, em três superfícies foliares (milho, soja e algodão). Foi possível observar que o aumento da taxa de aplicação e o uso de óleo mineral proporcionam maiores depósitos nos terços superior e médio e no terço superior, respectivamente. Em ambos estudos houve alteração das propriedades físico-químicas inerentes a calda, sendo influenciadas pela combinação entre adjuvantes, taxa de aplicação e fungicida. Todos adjuvantes melhoraram a qualidade da pulverização quanto às características do espectro de gotas, reduzindo gotas menores que $100 \mu\text{m}$ e uniformizando o espectro. Os adjuvantes aumentaram o espalhamento foliar das gotas, mas esta característica foi influenciada pela morfologia das folhas da cultura alvo.

PALAVRAS-CHAVE: tecnologia de aplicação, adjuvantes, taxa de aplicação.

ABSTRACT

The application technology of plant protection products, when well used in the field, provides an adequate transport of the biologically active product to the target, avoiding losses and increasing the effectiveness of the treatments. The objective of the present work was to evaluate the effect of different application rates associated with different adjuvants on the application of fungicide in the soybean crop, as well as the interactions between adjuvants and the fungicide azoxystrobin + benzovindiflupir on the physicochemical characteristics, droplet evaporation, leaf spread and spectrum of drops of the spray mixture. In the first field study, it was evaluated the deposition of the spray solution in soybean plants and the physicochemical characteristics of the spray solution. The experiment was carried out in a randomized block design, with 4 replications, in a 2 x 2 x 2 factorial scheme, being two volumes of spray solution, addition of mineral oil based on aliphatic hydrocarbons (presence or absence) and addition of vegetable oil based on orange essential oil (presence or absence). In the second study conducted in the laboratory, physical-chemical characteristics, evaporation and droplet spectra were evaluated. For the evaluation of the spectra of drops (diameter of volumetric median, relative amplitude and percentage of droplet volume less than 100 µm), evaporation and physical-chemical properties (pH, electrical conductivity, viscosity and surface tension), the experiment was performed in a 2 x 6 factorial scheme, the first factor being the absence or presence of the fungicide and the second factor the different sprays solutions (five adjuvants and water). The leaf spreading evaluation was performed in a factorial scheme 6 x 2 x 3: six spray solutions submitted to the presence or absence of the fungicide, on three foliar surfaces (corn, soybeans and cotton). It was possible to observe that the increase of the rate of application and the use of mineral oil provide higher deposits in the upper and middle thirds and in the upper third of the plants, respectively. In both studies, there were changes in the physicochemical properties inherent to the spray solution, being influenced by the combination between adjuvants, rate of application and fungicide. All adjuvants improved the spray quality on the characteristics of the droplet spectrum by reducing droplets smaller than 100 µm and standardizing the spectrum. The adjuvants increased the leaf spreading of the droplets, but this characteristic was influenced by the leaf morphology of the target culture.

KEYWORDS: application technology, adjuvants, application rate.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

De acordo com perspectivas da FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2017), a população mundial deverá alcançar cerca de 9,7 bilhões de pessoas em todo o mundo para o ano de 2050. Em paralelo com o crescente aumento populacional, o foco principal para a FAO é a erradicação da fome no mundo e, em conjunto com este objetivo, a população mundial tende a ser mais exigente com a qualidade dos alimentos consumidos. Desta forma, o aumento na produção de alimentos no mundo deverá ser de 70%, tendo maior responsabilidade por essa demanda os países subdesenvolvidos, com destaque para o Brasil, que tenderá a se tornar o principal fornecedor de alimentos (FAO, 2016).

O Brasil assumirá uma responsabilidade de risco nos próximos anos e mesmo com toda tecnologia embarcada na agricultura, dificuldades serão enfrentadas quanto ao manejo das culturas no que diz respeito ao ataque de pragas e doenças, limitando a produtividade brasileira.

Com as futuras demandas e exigências quanto a quantidade e qualidade dos produtos dentro do manejo integrado, o uso dos produtos fitossanitários passou a ser um dos principais fatores responsáveis por garantir as exigências do mercado consumidor (GARDIANO et al., 2010; FREITAS et al., 2016; TOTOLI, SOARES e ALBERTON, 2016).

Por outro lado, após anos de uso destes produtos, há falta de consenso quando se fala das vantagens de seu uso. Nessa mesma linha, a FAO vem mudando seu posicionamento quanto ao uso dos produtos fitossanitários na chamada agricultura tradicional. Há menção que o atual modelo agrícola não é capaz de enfrentar os futuros desafios da segurança alimentar (GREENPEACE, 2015).

No entanto, é preciso salientar que a agricultura não pode deixar de lado todo esse pacote tecnológico que vem sendo responsável pela alimentação no mundo. É preciso saber trabalhar com os fitossanitários, evitando o uso indevido, inserindo-o no manejo integrado de pragas e doenças e utilizando métodos e técnicas adequadas para sua aplicação. Desta forma, a tecnologia de aplicação vem como uma ferramenta para empregar os conhecimentos científicos com a finalidade de colocar o produto biologicamente ativo no alvo, de forma a garantir a mínima contaminação ambiental, animal e humana, de forma economicamente viável (MATUO, 1990).

A tecnologia de aplicação, quando bem empregada no campo, advinda do profissional com conhecimento na área, proporciona um adequado transporte do produto biologicamente ativo até o alvo desejado, garantindo assim a eficácia de controle. Mas, apesar de termos uma vasta gama de profissionais no campo, o que se vê é a preocupação focada apenas nos produtos a serem utilizados, desviando a atenção e deixando de lado o que seria a mais importante ferramenta para a agricultura, a tecnologia de aplicação (CUNHA e PERES, 2010). A falta de conhecimento de recomendações e cuidados mínimos por parte do agricultor é outro fator de risco que, mais uma vez, mostra a importância do conhecimento da tecnologia de aplicação para o uso adequado dos fitossanitários (SOUSA et al., 2016).

O conhecimento da aplicação de fitossanitários sobre as culturas leva à otimização das técnicas utilizadas nas operações em campo, com foco principal na minimização dos riscos de contaminação ambiental, animal e humana, reduzindo ao máximo as perdas. Diante disso e de todos os desafios que a aplicação enfrenta, a busca pela utilização de técnicas que garantam maior controle sobre a aplicação é crescente.

Dentre os fatores que influenciam a aplicação em campo, pode-se citar a seleção de pontas de pulverização, as condições ambientais, parâmetros operacionais, ajuste da taxa de aplicação, momento da aplicação e a adição de adjuvantes à calda de pulverização (ANTUNIASSI e BAIO, 2009; CUNHA, ALVES e MARQUES, 2017).

Adjuvantes são substâncias adicionadas à calda de pulverização com a finalidade de melhorar de forma direta ou indireta a eficiência dos produtos fitossanitários, agindo sobre as características inerentes à calda ou qualidade de aplicação. Os adjuvantes podem agir sobre várias características, podendo atuar na correção do pH da calda de pulverização, na redução da reatividade de íons, na redução da evaporação das gotas, na redução da formação de gotas propensas à deriva, na redução da formação de espuma na calda, entre outros (OLIVEIRA, 2011; QUEIROZ, et al., 2008).

Neste contexto tem-se a cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Esta está sujeita a doenças e pragas que dificultam sua condução e limitam sua produtividade. Dentre as doenças, a ferrugem asiática da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow, possui alto potencial de dano à cultura, pois pode causar queda prematura de folhas, prejudicando a plena formação dos grãos. As aplicações de fungicida são frequentes e muitas vezes não resultam no resultado esperado, diminuindo o intervalo entre aplicações, o que pode estar ligado a qualidade da tecnologia de aplicação.

Sendo assim, a escolha dos adjuvantes e da taxa de aplicação deve ser muito criteriosa nas aplicações de fitossanitários nos cultivos de soja. A importância de se realizar estudos com

o objetivo de aprimorar a tecnologia de aplicação é clara, pois permite maior segurança para quem trabalha no campo e para o consumidor, com alimentos de melhor qualidade e mais saudáveis, como também a maior eficácia dos produtos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito de diferentes taxas de aplicação associadas a distintos adjuvantes na pulverização de fungicida na cultura da soja, como também as interações entre adjuvantes e o fungicida azoxistrobina+benzovindiflupir nas características físico-químicas, evaporação de gotas, espalhamento foliar e espectro de gotas da calda de pulverização.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a deposição de calda no terço superior e médio da cultura da soja promovida pela aplicação do fungicida azoxistrobina+benzovindiflupir em diferentes taxas de aplicação associadas ou não a adjuvantes.

Avaliar a interação do fungicida e de adjuvantes nas características físico-químicas da calda de pulverização e no espectro de gotas.

Mensurar a evaporação de gotas de caldas de pulverização, na presença e ausência de fungicida e adjuvantes.

REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, 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.
- CUNHA, J. P. A. R., PERES, T. C..Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no controle da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, 2010. p. 597-602.
- 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 Agronômica**, [S.I.], v. 48, n. 2, 2017. p. 261-270.
- Food and Agricultural Organization - FAO. **Population: Annual population**. [S.I. : s.n.] 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#compare>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- Food and Agricultural Organization - FAO. **O aumento populacional e os desafios da segurança alimentar**. [S.I.], [s.n.], Disponível em: < <http://www.fao.org.br/apdsa.asp>>. Acesso em: 20 set. 2016.
- FREITAS, R. M. S.; LIMA, L. E.; SILVA, R. S.; CAMPOS, H. D.; PERIN, A. Fluxapyroxad in the asian soyben rust control in the cerrado biome. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 3, 2016. p. 619-628.
- GARDIANO, C. G.; BALAN, M. G.; FALKOSKI FILHO, J.; CAMARGO, L. C. M.; OLIVEIRA, G. M.; IAGARASHI, W. T.; SUDO, L. T.; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O. J. G.; CANTERI, M. G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 3, 2010. p. 497-504.
- GREENPEACE. **Para ONU, agricultura convencional não combate a fome**. 2015. Disponível em: < <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/Para-ONU-agricultura-convencional-nao-combate-a-fome/>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- MATUO, T. **Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. Jaboticabal, Funep, 1990. 139 p.
- OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011. 122 f. Tese – Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2011.
- QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, 2008. p. 8-19.
- SOUSA, J. A.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; PEREIRA, C. F.; FEITOSA, S. O.; SILVA, S. L., Percepção dos produtores rurais quanto ao uso de agrotóxicos. **Revista Brasileira Agricultura irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 5, 2016. p. 976-989.

TOTOLI, D. S.; SOARES, J. P. C.; ALBERTON, O. Eficiência do fungicida do grupo químico das carboxamidas + estrobilurina no controle de ferrugem asiática em diferentes estádios da soja. **Arquivos de Ciência Veterinária e Zoologia**, UNIPAR, Umuarama, v. 19, n. 3, 2016. p. 153-157.

CAPITULO II

Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja

Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja

RESUMO

A busca pelo aprimoramento da tecnologia de aplicação tem como um dos objetivos amenizar os problemas de contaminação e ineficácia dos agrotóxicos e vários são os fatores que podem ser alterados para otimizar a aplicação. Este trabalho teve como objetivo avaliar a tecnologia de aplicação de fungicida na cultura da soja, como também a interação de adjuvantes nas características físico-químicas da calda de pulverização. Para as avaliações de deposição de calda no dossel da soja, o experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, sendo duas taxas de aplicação (77 e 146 L ha⁻¹), adição de óleo mineral a base de hidrocarbonetos alifáticos (presença ou ausência) e adição de óleo vegetal a base de óleo essencial de laranja (presença ou ausência). Para avaliação das características físico-químicas da calda, o delineamento foi inteiramente casualizado, com 4 repetições, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2 + 1$, sendo o adicional a água. Para quantificação dos depósitos do marcador azul brilhante, coletaram-se 40 folhas dos terços da planta, sendo lavadas e as amostras líquidas analisadas em espectrofotômetro. Os dados do diâmetro da mediana volumétrica - DMV e da amplitude relativa - SPAN foram obtidos através de papéis sensíveis à água, analisados pelo software E-sprinkle. As características físico-químicas foram determinadas em laboratório, sendo elas: tensão superficial, pH, viscosidade e condutividade elétrica. Observou-se que o óleo vegetal reduziu o DMV da 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, 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. Os adjuvantes interagem com o fungicida utilizado, alterando as propriedades físico-químicas.

PALAVRAS-CHAVE: hidrocarbonetos alifáticos, óleo essencial de laranja, deposição de calda, propriedades físico-químicas.

Adjuvants and application rates on fungicide spraying in soybean crop

ABSTRACT

The search for the improvement of the technology of application has as one of the objectives to alleviate the problems of contamination and inefficacy of the pesticides and several are the factors that can be changed to optimize the application. This work aimed to evaluate the technology of fungicide application in the soybean crop, as well as the interaction of adjuvants in the physicochemical characteristics of the spray solution. For the evaluation of the deposition of the spray solution in the soybean canopy, the experiment was carried out in a randomized block design, with 4 replications, in a 2 x 2 x 2 factorial scheme, being two rates of application (77 and 146 L ha⁻¹), addition of mineral oil based on aliphatic hydrocarbons (presence or absence) and addition of vegetable oil based on orange essential oil (presence or absence). In order to evaluate the physicochemical characteristics of the spray solution, the design was completely randomized, with 4 replications, in a 2 x 2 x 2 + 1 factorial scheme, the additional one being water. To quantify the deposits of the bright blue marker, 40 leaves of the plant thirds were collected, washed and the liquid samples analyzed in a spectrophotometer. Volumetric median diameter data - MVD and relative amplitude - SPAN were obtained through water-sensitive papers analyzed by E-sprinkle software. The physico-chemical characteristics were determined in the laboratory, being: superficial tension, pH, viscosity and electrical conductivity. It was observed that the vegetable oil reduced MVD from the spray. The increase in the rate of application and the use of mineral oil provided higher deposits in the upper and middle thirds and in the upper third of the plants, respectively. The rate of application and the use of adjuvants interacted and altered the physicochemical properties inherent to the spray solution, and the adjuvants tested reduced surface tension and viscosity and increased the pH and electrical conductivity of the spray solution. The adjuvants interact with the fungicide used, altering the physicochemical properties.

KEYWORDS: aliphatic hydrocarbons, orange essential oil, spray solution deposition, physicochemical properties.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas que sustenta a economia brasileira. Na safra 2015/16 o Brasil obteve uma produção de aproximadamente 95 milhões de toneladas de soja, o que garantiu a segunda posição entre os países com maior produção deste cereal e foi mantida a mesma posição com o aumento de quase 20% na produção na safra 2016/17, saltando para os 114 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

Mesmo com toda produção de cereais, a demanda mundial por alimento tende a crescer a uma taxa de 1,4%, como também a exigência pela qualidade de alimentos, visto que a população mundial chegará aos 9 milhões de pessoas em 2050. Mas o aumento pela demanda de alimentos não é apenas pelo fato de que a população aumentará, o consumo per capita e a melhora na nutrição também tendem a aumentar (FAO, 2017).

Como toda a mudança que tem sido presenciada no cenário tecnológico empregado na agricultura, não é garantido que a demanda de alimentos seja suprida. Há vários fatores que limitam a produtividade da soja e a *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, 2016; PASQUA, PERIRA e FRANCESCHI, 2015).

A principal forma de controle de *Phakopsora pachyrhizi* empregada no campo é o uso de fungicidas, sendo necessárias várias aplicações, de forma a garantir o potencial produtivo da soja (DURÃO e BOLLER, 2017). É preciso destacar que o uso de agrotóxicos deve ser acompanhado de cuidados evitando o uso indiscriminado, sendo este responsável muitas vezes pela ineficiência dos produtos e contaminação do ambiente (PIGNATI, 2007). Visto isso, a tecnologia de aplicação é uma forma de amenizar os problemas de contaminação e ineficácia enfrentados pelos agricultores quanto ao uso dos agrotóxicos (MATUO, 1990).

Na tecnologia de aplicação, vários são os fatores que podem ser alterados para otimizar as aplicações, como o uso de adjuvantes. 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, vários são os 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⁻¹ 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⁻¹, conduzida com adubação e correção do solo recomendadas para o tipo de solo da região de Catalão – GO.

2.1 Delineamento experimental

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⁻¹), adição de óleo mineral a base de hidrocarbonetos alifáticos (presença ou ausência) na concentração de 0,50% v v⁻¹ e adição de óleo vegetal a base de óleo essencial de laranja (presença ou ausência) na concentração de 0,25% v v⁻¹. 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 ⁻¹)	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	

2.2 Pulverização

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⁻¹ para as taxas de 146 e 77 L ha⁻¹, 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⁻¹, na combinação de azoxistrobina (300 g kg⁻¹) e benzovindiflupir (150 g kg⁻¹).

As pulverizações foram realizadas quando a cultura se encontrava no estágio R₃ (FEHR; CAVINESS, 1977), sendo feitas em uma única passada do pulverizador, com apenas uma das barras, cobrindo toda a parcela experimental (Figura 1).

Durante as pulverizações, foram medidas as condições meteorológicas com um termo-higro-anemômetro (Kestrel 4000®). A média das condições climáticas encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2. Média das condições meteorológicas durante a aplicação dos tratamentos. Uberlândia – MG, 2017.

Velocidade do vento (m s ⁻¹)	Temperatura (°C)	Umidade (%)
1,19	29,15	70,60

FIGURA 1. Pulverizador utilizado para aplicação. Catalão – GO, 2017.



2.3 Avaliações a campo

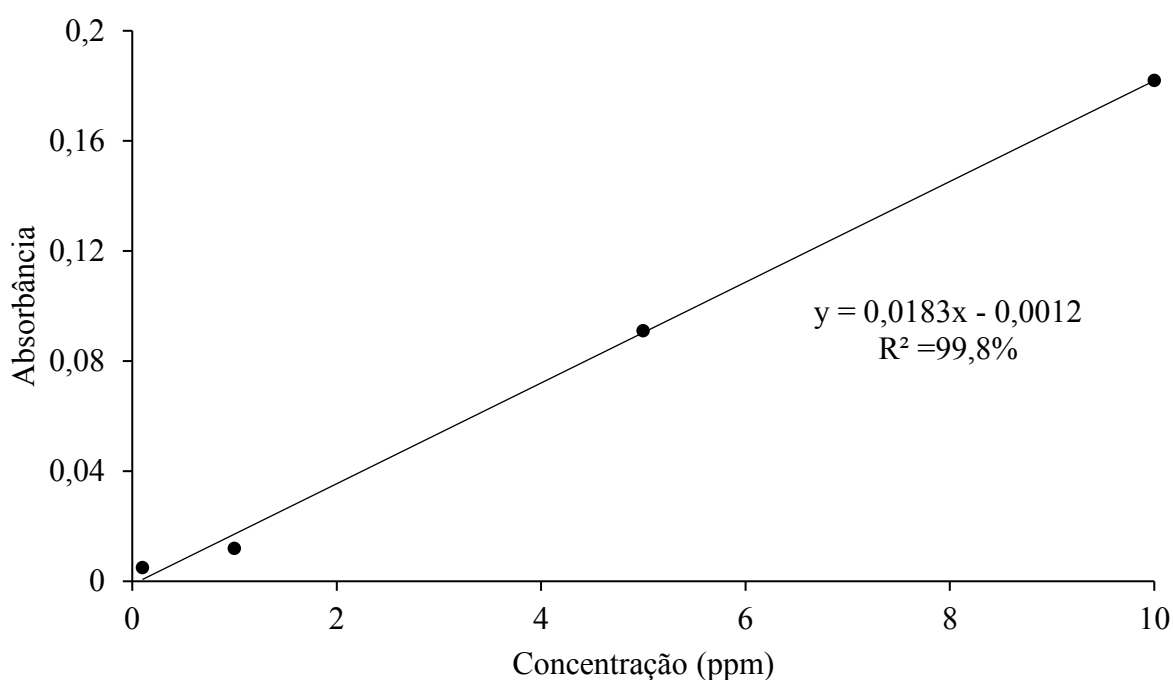
2.3.1 Quantificação dos depósitos do marcador

Para a avaliação da deposição da pulverização foi utilizado o corante marcador Azul Brilhante FD&C nº1, na dose de 300 g ha^{-1} . 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 $0,25 \times 0,35 \text{ m}$ 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 Brilhante 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 absorbância de cada uma das amostras, foi utilizado filtro de comprimento de onda de 630 nm.

Para a correção da concentração de Azul Brilhante 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 2).

FIGURA 2. Curva de calibração para detecção do marcador Azul Brilhante 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 ng cm^{-2} de folha.

2.3.2 Diâmetro da mediana volumétrica e amplitude relativa

A avaliação do diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e da amplitude relativa (SPAN) foram realizadas 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).

2.3.3 Severidade de *Phakopsora pachyrhizi*

A severidade da ferrugem asiática não foi avaliada pelo fato de não terem sido encontradas pústulas de *Phakopsora pachyrhizi* nas folhas dos ensaios realizados. A safra 2016/17 para a região de Catalão - GO foi boa para os produtores pela baixa incidência da doença, o que possibilitou ótimo manejo da cultura.

2.4 Avaliações em laboratório

2.4.1 Características físico-químicas

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 (Tecnopon, 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).

2.5 Análises estatísticas

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 3. 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 3. Análise das pressuposições dos dados referentes às características avaliadas. Uberlândia – MG, 2017.

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

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

Nas Tabelas 4 e 5 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 4, 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, promovem 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^{-1} , 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^{-1} , 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 5 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 diminui, 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^{-1} , 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, mostrando 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^{+2} , Fe^{+2} , Al^{+3} etc., e estes podem reagir com ingredientes ativos e levar a ineficácia dos produtos (KISSMANN, 1998; CARLSON e BURNSIDE, 1984).

Cunha, Alves e Marques (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 4. 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 ⁻¹)	Óleo mineral (% v v ⁻¹)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)				pH			
		Óleo vegetal (% v v ⁻¹)				Óleo vegetal (% v v ⁻¹)			
		0		0,25		0		0,25	
77	0	296 ⁺	bA	373 ⁺	aB	8,56 ⁺	bA	8,66 ⁺	aB
	0,5	278 ⁺	bB	376 ⁺	aA	8,57 ⁺	bA	8,86 ⁺	aA
146	0	213 ⁺	bA	292 ⁺	aB	8,69 ⁺	bA	8,98 ⁺	aA
	0,5	192 ⁺	bB	298 ⁺	aA	8,65 ⁺	bB	8,80 ⁺	aB
Água ⁺		40				7,23			
CV (%)		0,20				0,24			
F _{vol}		193009,300*				263,907*			
F _{min}		1582,038*				0,030 ^{ns}			
F _{veg}		231787,110*				853,039*			
F _{vol x min}		1,005 ^{ns}				231,292*			
F _{vol x veg}		200,842*				4,301*			
F _{min x veg}		4075,583*				2,419 ^{ns}			
F _{vol x min x veg}		49,268*				138,106*			
F _{fat x ad}		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; ⁺ Valores diferem a 0,05 de significância pelo teste de Dunnett; 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 x min}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F_{vol x min}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F_{min x veg}: Valor F para óleo mineral x óleo vegetal; F_{vol x min x veg}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral x óleo vegetal; *significativo a 0,05; ^{ns}não significativo.

TABELA 5. 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 ⁻¹)	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)				pH			
		Óleo vegetal (% v v ⁻¹)				Óleo vegetal (% v v ⁻¹)			
		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 6 e 7 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⁻¹. Isso mostra que apenas a adição do fungicida foi capaz de alterar a tensão superficial da calda.

Na Tabela 6 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, temos 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⁻¹. Com a associação dos adjuvantes, valores intermediários são observados, sendo assim, a adição de óleo mineral em calda com a presença de óleo vegetal acarreta em aumento da tensão superficial.

Na Tabela 7 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⁻¹ apresentou viscosidade 0,02 mPa s, maior quando comparada a 146 L ha⁻¹.

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⁻¹ 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, Gabriel e Camolese (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⁻¹ 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 e BRIGGS, 2000).

Mendonça, Raetano e Mendonça (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, Alves e Marques (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, ALVES e MARQUES, 2017), mas pode levar ao escorrimento da calda, no caso de altas reduções na tensão superficial.

TABELA 6. 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 ⁻¹)	Óleo mineral (% v v ⁻¹)	Viscosidade (mPa s)				Tensão superficial (mN m ⁻¹)			
		Óleo vegetal (% v v ⁻¹)				Óleo vegetal (% v v ⁻¹)			
		0		0,25		0		0,25	
77	0	1,01	aA	0,92 ⁺	bB	45,75 ⁺	aA	30,00 ⁺	bB
	0,5	0,94 ⁺	bB	0,99 ⁺	aA	35,75 ⁺	aB	33,75 ⁺	bA
146	0	1,00	aA	0,92 ⁺	bB	50,00 ⁺	aA	29,00 ⁺	bB
	0,5	0,96 ⁺	bB	0,98 ⁺	aA	35,75 ⁺	aB	30,75 ⁺	bA
Água ⁺		1,02				71,00			
CV (%)		1,14				1,65			
F _{vol}		0,102 ^{ns}				0,071 ^{ns}			
F _{min}		0,000 [*]				399,671 [*]			
F _{veg}		49,313 [*]				2175,987 [*]			
F _{vol x min}		3,668 ^{ns}				44,408 [*]			
F _{vol x veg}		0,408 ^{ns}				77,376 [*]			
F _{min x veg}		244,630 [*]				1006,176 [*]			
F _{vol x min x veg}		8,253 [*]				5,755 [*]			
F _{fat x ad}		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_{vol}: Valor F para taxa de aplicação; F_{min}: Valor F para óleo mineral; F_{veg}: Valor F para óleo vegetal; F_{vol x min}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F_{vol x min}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F_{min x veg}: Valor F para óleo mineral x óleo vegetal; F_{vol x min x veg}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral x óleo vegetal; ^{*} significativo a 0,05; ^{ns} não significativo.

TABELA 7. 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 ⁻¹)	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	Viscosidade (mPa s)				Tensão superficial (mN m ⁻¹)			
		Óleo vegetal (% v v ⁻¹)				Óleo vegetal (% v v ⁻¹)			
		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 8 encontram-se os dados de DMV e SPAN. 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 também 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 8. 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^{-1})		
77	395 B	1,15 A
146	490 A	1,15 A
Óleo Mineral (% v v ⁻¹)		
0	433 A	1,14 A
0,5	452 A	1,17 A
Óleo Vegetal (% v v ⁻¹)		
0	466 A	1,14 A
0,25	419 B	1,18 A
CV (%)	12,89	13,33
F _{vol}	22,035*	0,000 ^{ns}
F _{min}	0,882 ^{ns}	0,211 ^{ns}
F _{veg}	5,366*	0,474 ^{ns}
F _{vol x min}	1,729 ^{ns}	1,316 ^{ns}
F _{vol x veg}	0,193 ^{ns}	0,211 ^{ns}
F _{min x veg}	0,097 ^{ns}	0,211 ^{ns}
F _{vol x min x veg}	0,098 ^{ns}	0,053 ^{ns}

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 x min}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F_{vol x min}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F_{min x veg}: Valor F para óleo mineral x óleo vegetal; F_{vol x min x veg}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral x óleo vegetal; *significativo a 0,05; ^{ns}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 e ANTUNIASSI, 2013). Em contrapartida, o estudo realizado por Chechetto e 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. Desta forma, este trabalho não entra em concordância com as demais pesquisas, possivelmente pelo fato da ponta empregada ser do tipo cone cheio.

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 8, 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, GABRIEL e CAMOLESE, 2015).

Os dados de deposição foliar encontram-se na Tabela 9. A taxa de aplicação de 146 L ha⁻¹ 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⁻² 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 9. 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 ⁻²)	
	Terço superior	Terço médio
	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	
77	460 B	175 B
146	630 A	235 A
Óleo Mineral (% v v ⁻¹)		
0	463 B	225 A
0,5	627 A	185 A
Óleo Vegetal (% v v ⁻¹)		
0	580 A	194 A
0,25	510 A	216 A
CV (%)	32,65	26,06
F _{vol}	7,277*	10,034*
F _{min}	6,792*	4,307 ^{ns}
F _{veg}	1,217 ^{ns}	1,289 ^{ns}
F _{vol x min}	0,108 ^{ns}	0,263 ^{ns}
F _{vol x veg}	0,681 ^{ns}	0,095 ^{ns}
F _{min x veg}	0,129 ^{ns}	3,673 ^{ns}
F _{vol x min x veg}	1,067 ^{ns}	0,497 ^{ns}

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 x min}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F_{vol x min}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral; F_{min x veg}: Valor F para óleo mineral x óleo vegetal; F_{vol x min x veg}: Valor F para taxa de aplicação x óleo mineral x óleo vegetal; * significativo a 0,05; ^{ns} 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, 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.

Os adjuvantes interagiram com o fungicida utilizado, alterando as propriedades físico-químicas 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, 2011.
- AZEVEDO, L. A. S. **Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas**. Rio de Janeiro: IMOS Gráfica e editora, 2011. 264 p.
- 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**, [S.I], v. 9, n. 2, 2015. p. 151-161.
- 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**, v. 92, 2017. p. 190-197.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.10.016>
- CARLSON, K. L.; BURNSIDE, O. C. Comparative phytotoxicity of glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. **Weed Science**, v. 32, n. 6, 1984. p. 841-844.
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2014/2015: decimo levantamento**. Disponível em: <
[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_s](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017.pdf)
 etembro_2017.pdf>. Acesso em: 25 set. 2017.
- CUNHA, J. P. A. R. da; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 2, 2017. p. 261-270.
- 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, 2010. p. 665-672.
- 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, 2014. p. 950-957.
- 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, 2010. p. 597-602.
- DURÃO, C. F.; BOLLER, W. Spray nozzles performance in fungicides applications for asian soybean rust control. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 4, 2017. p. 709-716.

FAO - Food and Agricultural Organization. Perspectivas a largo plazo: **El panorama de la agricultura**. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s06.htm>>. Acesso em: 25 set. 2017.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of science and technology, 1977.

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

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

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. **ASABE - Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, MI, v. 25, n. 2, 2009. p. 175-180.

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, 2016. p. 1110-1117.

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, 1998. p. 39-51.

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

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., 2007. p. 16-23.

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

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, 2015. p. 363-371.

PIGNATI, W. A.; MACHADO, J. M. H.; CABRAL, J. F. Major rural accident: the pesticide "rain" case in Lucas do Rio Verde city - MT. **Ciência saúde coletiva**, Rio de Janeiro, RJ, v. 12, n. 1, 2007.

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, 2015. p. 514-527.

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**, n. 1, 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**, v. 45, n. 2, 2015. p. 2-7.

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

<https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

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

[https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0798:PPOAVA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0798:PPOAVA]2.0.CO;2)

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**, v. 29, n. 1, 2010. p. 58-67.

<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.08.012>

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, 2010. p. 13-20.

CAPÍTULO III

Interação entre adjuvantes e o fungicida azoxistrobina+benzovindiflupir na pulverização hidráulica

Interação entre adjuvantes e o fungicida azoxistrobina+benzovindiflupir na pulverização hidráulica

RESUMO

O uso dos adjuvantes é uma opção para maximizar a qualidade da aplicação dos agrotóxicos. O objetivo deste trabalho foi avaliar as interações entre adjuvantes e o fungicida azoxistrobina+benzovindiflupir nas características físico-químicas, evaporação de gotas, espalhamento foliar e espectro de gotas da calda de pulverização. Para as avaliações do espectro de gotas (diâmetro da mediana volumétrica, amplitude relativa e porcentagem do volume de gotas menores que 100 µm), evaporação de gotas e propriedades físico-químicas (pH, condutividade elétrica, viscosidade e tensão superficial), o experimento foi realizado em esquema fatorial 2 x 6, sendo o primeiro fator a ausência ou presença do fungicida e o segundo fator as diferentes caldas (cinco adjuvantes e água). A avaliação do espalhamento foliar foi realizada em esquema fatorial 6 x 2 x 3: seis caldas submetidas a presença ou ausência do fungicida, em três superfícies foliares. Verificou-se que os adjuvantes siliconado multifuncional e ácido propiônico + lecitina de soja reduziram o pH das caldas de pulverização e os adjuvantes a base de lauril éter sulfato de sódio, ácido propiônico + lecitina de soja e óleo essencial de laranja reduziram a evaporação de gotas na presença do fungicida. Todos os adjuvantes testados melhoraram a qualidade da pulverização quanto às características do espectro de gotas, reduzindo o número de gotas menores que 100 µm e uniformizando o espectro. Os adjuvantes siliconado multifuncional e multifuncional a base de moléculas orgânicas promoveram maior espalhamento foliar, mas esta característica foi influenciada pela morfologia das folhas da cultura. O fungicida azoxistrobina+benzovindiflupir influenciou a evaporação de gotas e o espalhamento foliar.

PALAVRAS-CHAVE: aditivos de calda, evaporação de gotas, espalhamento foliar, espectro de gotas, propriedades físico-químicas.

Interaction between adjuvants and the fungicide azoxystrobin + benzovindiflupir in hydraulic spraying

ABSTRACT

The use of adjuvants is an option to maximize the quality of application of agrochemicals. The objective of this work was to evaluate the interactions between adjuvants and the fungicide azoxystrobin + benzovindiflupir on the physicochemical characteristics, droplet evaporation, leaf spread and spray spectrum of the spray solution. For the evaluation of the droplet spectrum (diameter of the volumetric median, relative amplitude and percentage of droplet volume less than 100 μm), droplet evaporation and physico-chemical properties (pH, electrical conductivity, viscosity and superficial tension), the experiment was carried out in a 2 x 6 factorial scheme, the first factor being the absence or presence of the fungicide and the second factor the different spray solutions (five adjuvants and water). The leaf spreading evaluation was performed in a factorial scheme 6 x 2 x 3: six spray solutions submitted to the presence or absence of the fungicide, on three foliar surfaces. The multifunctional silicone adjuvant and propionic acid + soy lecithin were found to have reduced the pH of the spray solution and the adjuvants based on sodium lauryl ether sulfate, propionic acid + soy lecithin and orange essential oil reduced droplet evaporation in the presence of the fungicide. All the adjuvants tested improved the quality of the spray as to the characteristics of the droplet spectrum, reducing the number of droplets smaller than 100 μm and standardizing the spectrum. The multifunctional siliconized and multifunctional based on organic molecules adjuvants promoted greater leaf spreading, but this characteristic was influenced by the leaf morphology of the crop. The fungicide azoxystrobin + benzovindiflupir influenced droplet evaporation and leaf spreading.

KEYWORDS: spray solution additives, droplet evaporation, leaf spread, droplet spectrum, physicochemical properties.

1 INTRODUÇÃO

O uso de agrotóxicos na agricultura é algo essencial para o controle de doenças, pragas e plantas infestantes que podem reduzir significativamente a produção. Para estes produtos atuarem de forma eficaz, a tecnologia de aplicação deve proporcionar a correta deposição do produto ativo no alvo, na quantidade correta e com segurança para organismos não-alvo (RAMOS et al., 2006; DE AZEVEDO, 2006).

Entretanto, vários fatores interferem no processo de aplicação e podem acarretar em perdas por deriva, perdas por escorrimento e cobertura do alvo inadequada, levando ao controle fitossanitário ineficiente, além de potencial contaminação do ambiente. O processo de formação das gotas na pulverização hidráulica é bastante complexo e depende muito das propriedades físico-químicas da calda, sendo que a utilização de adjuvantes pode alterar essas propriedades e melhorar ou piorar o desempenho das aplicações (CUNHA et al., 2010b).

Os adjuvantes são substâncias sem propriedades fitossanitárias adicionados à calda de pulverização que melhoram de forma direta ou indireta as aplicações, podem aumentar a eficiência dos produtos fitossanitários e diminuir os riscos na aplicação, causando menor impacto ao ambiente e aos operadores (OLIVEIRA, 2011). Os adjuvantes são divididos em adjuvantes ativadores (óleo mineral, óleo vegetal, fertilizantes nitrogenados), que melhoram diretamente a atividade do produto fitossanitário por permitir a maior absorção pela cutícula e em adjuvantes modificadores das propriedades de superfícies de líquidos (aderentes, dispersantes, surfactantes, espalhante), que melhoram o processo de pulverização. Além destas funções, os adjuvantes também podem atuar na correção do pH da calda de pulverização, na redução da reatividade de íons, na redução da evaporação das gotas, na redução da formação de gotas propensas à deriva, na redução da formação de espuma na calda, entre outros (QUEIROZ, MARTINS e CUNHA, 2008).

No entanto, a escolha do adjuvante deve ser bastante criteriosa, porque se tem vários produtos disponíveis no mercado atualmente. A adição de adjuvante à calda de pulverização pode levar a interações entre os produtos de forma diferenciada para cada combinação, não sendo possíveis as generalizações, podendo, desta forma, afetar negativamente o desempenho da aplicação.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as interações entre adjuvantes e o fungicida azoxistrobina+benzovindiflupir nas características físico-químicas, evaporação de gotas, espalhamento foliar e espectro de gotas da calda de pulverização.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações de evaporação de gotas, propriedades físico-químicas e espalhamento foliar foram realizadas no Laboratório de Mecanização Agrícola (LAMEC) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O estudo do espectro de gotas foi conduzido no Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrofloretais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Botucatu.

2.1 Avaliação da evaporação de gotas

O ensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 6, sendo os fatores constituídos pela ausência ou presença de fungicida (azoxistrobina 300 g kg⁻¹ e benzovindiflupir 150 g kg⁻¹ na dose de 200 g p.c. ha⁻¹) e pelas diferentes caldas (cinco adjuvantes e água destilada) (Tabela 1). Todas as doses dos produtos utilizados foram calculadas com base na pulverização de 77 L ha⁻¹.

TABELA 1. Tratamentos utilizados na avaliação da evaporação de gotas. Uberlândia – MG, 2017.

Tratamentos	Adjuvantes	Dose/Concentração	Fungicida
T1	Multifuncional a base de moléculas orgânicas	40 mL ha ⁻¹	Presença
T2	Lauril éter sulfato de sódio	50 mL 100 L ⁻¹	
T3	Ácido propiônico + lecitina de soja	500 mL 100 L ⁻¹	
T4	Óleo essencial de laranja	100 mL ha ⁻¹	
T5	Siliconado multifuncional	100 mL ha ⁻¹	
T6	Água	-	
T7	Multifuncional a base de moléculas orgânicas	40 mL ha ⁻¹	Ausência
T8	Lauril éter sulfato de sódio	50 mL 100 L ⁻¹	
T9	Ácido propiônico + lecitina de soja	500 mL 100 L ⁻¹	
T10	Óleo essencial de laranja	100 mL ha ⁻¹	
T11	Siliconado multifuncional	100 mL ha ⁻¹	
T12	Água	-	

O adjuvante multifuncional a base de moléculas orgânicas é recomendado para maior espalhamento foliar, agente surfactante, antiespumante e antideriva. O adjuvante a base de lauril éter sulfato de sódio é um adjuvante sintético, composto também por tensoativos, sequestrantes e emulsificantes, com propriedades antievaporantes e espalhante adesivo. O adjuvante composto por ácido propiônico e lecitina de soja é recomendado para redução da tensão superficial, uniformização das gotas, redução de deriva e tamponante para caldas. O adjuvante a base de óleo essencial de laranja é constituído por óleo essencial de laranja e micronutrientes essenciais, recomendado para redução da tensão superficial, aumentando o espalhamento e a fixação. Por fim, o siliconado multifuncional é um adjuvante siliconado, com recomendação para redução do pH da calda e espalhamento da gota.

A metodologia utilizada para avaliação do tempo de evaporação de gotas foi adaptada do estudo realizado por Corrêa e Maziero (1980), que empregaram fios de vidro para determinação do tempo de evaporação, permitindo manter a gota com o formato mais próximo ao esférico.

Os fios com diâmetro de 17 μm foram obtidos desfiando-se uma manta de fibra de vidro. Esta etapa foi realizada com auxílio de lupa e pinças. Os fios foram montados em uma estrutura de madeira de 3 x 3 cm. Para gerar as gotas nos fios de vidro, foi utilizado um borrifador manual. Após borrifar a calda com os produtos sobre os fios de vidro, estes foram imediatamente levados para o microscópio digital USB (Figura 1) onde, com auxílio do software DinoCapture 2.0 que permite mensurar objetos, foram escolhidas gotas com tamanho próximo a 300 μm . A partir do momento que se escolheu a gota, um cronômetro era disparado e após 1 (um) minuto uma foto era tirada da gota e mensurado seu diâmetro. Os dados dos diâmetros das gotas foram obtidos de forma direta, calibrando o software DinoCapture 2.0 com um retículo de calibração, desta forma, sem alterar o foco do microscópio, um círculo foi desenhado igualando seu tamanho ao da gota, obtendo assim o seu diâmetro em mm. Através da diferença do diâmetro no início e após 1 (um) minuto, obteve-se a porcentagem de redução da gota.

Toda a análise de evaporação das gotas foi realizada dentro de uma capela com a finalidade de minimizar as variações climáticas dentro do laboratório. As análises foram realizadas com temperatura de $26\pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de $30\pm 3\%$. Essa umidade foi escolhida de forma a permitir maior diferenciação entre os tratamentos.

FIGURA 1- Estrutura com fios de vidro sob microscópio digital. Uberlândia – MG, 2017.



2.2 Avaliação do espectro de gotas e propriedades físico-químicas

Os tratamentos utilizados nestas avaliações foram os mesmos da avaliação de evaporação de gotas, com delineamento inteiramente casualizado (DIC) e quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 6, sendo o primeiro fator a ausência ou presença de fungicida (azoxistrobina 300 g kg⁻¹ e benzovindiflupir 150 g kg⁻¹) e o segundo fator as diferentes caldas (cinco adjuvantes e água destilada).

2.2.1 Espectro de gotas

A avaliação do espectro de gotas foi realizada de forma direta com um analisador de gotas em tempo real, que se baseia em fotos de alta resolução. Foi utilizado o equipamento VisiSizer P15[®] (Oxford Lasers, Imaging Division, Oxford, Inglaterra). Para fornecer as médias dos parâmetros de pulverização, o equipamento contabiliza dez mil gotas em cada repetição.

A calibração do aparelho foi realizada por meio de um ponta padrão TeeJet modelo XR 11002, com pulverização de água. Após a calibração, um equipamento de pulverização pressurizado a CO₂ foi responsável por pulverizar o jato transversalmente ao feixe luminoso, o que permite a obtenção direta do espectro de gotas. A ponta de jato plano utilizada foi a AD 11002 da empresa MagnoJet, fixada a 0,5 m acima do feixe óptico. A pressão de trabalho foi de 3 bar (300 kPa).

O recipiente para preparo da calda tinha capacidade para 10 L e a cada troca de calda o mesmo era lavado para retirar o resíduo da calda anterior, assim como o sistema do aparelho.

Os ensaios foram realizados em ambiente controlado com o intuito de minimizar o efeito das condições ambientais (temperatura do ar inferior a 26°C, umidade relativa do ar superior a 60% e ausência de ventos).

Os parâmetros seguintes foram tomados: $Dv_{0,5}$ (diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, também conhecido como diâmetro da mediana volumétrica – DMV), porcentagem do volume de gotas menores que 100 μm ($\%<100\ \mu\text{m}$) e amplitude relativa (SPAN) (Equação 1).

$$SPAN = \frac{Dv_{0,9} - Dv_{0,1}}{Dv_{0,5}} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

$Dv_{0,1}$ = diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor.

$Dv_{0,5}$ = diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor.

$Dv_{0,9}$ = diâmetro de gota tal que 90% do volume é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor.

2.2.2 Propriedades físico-químicas

As propriedades físico-químicas avaliadas foram: tensão superficial, pH, viscosidade e condutividade elétrica. O pH e a condutividade elétrica foram medidas diretamente nas soluções, utilizando peagâmetro e condutímetro portátil (Hanna, HI98139). A viscosidade dinâmica foi determinada empregando-se um viscosímetro rotativo microprocessado (Quimis, Q860M21) que permite medir eletronicamente a força de torção convertida em viscosidade. Foi utilizado o rotor zero (indicado para a faixa de viscosidade avaliada) e rotação de 60 rpm. Esse viscosímetro de medição direta funciona pelo princípio da rotação de um cilindro (cabeça de medição) submerso na amostra a ser analisada, medindo-se a força da torção necessária para superar a resistência da rotação.

A tensão superficial foi determinada por um tensiômetro de bancada com anel de platina (Kruss, K6), empregando o método Du Nouy (DOPIERALA; PROCHASKA, 2008). O tensiômetro foi calibrado com água destilada. O teste consistiu em medir a tensão sofrida pelo

anel que fica na extremidade de uma haste flexível colocada sobre a superfície da amostra, a qual foi tracionada até que o filme de líquido se rompesse. Seguiu-se a metodologia descrita por Cunha et al. (2010b).

2.3 Avaliação do espalhamento foliar

O experimento foi realizado em esquema fatorial 6 x 2 x 3, com 4 repetições: 6 caldas (cinco adjuvantes e água pura) submetidas a presença ou ausência de fungicida (azoxistrobina 300 g kg⁻¹ e benzovindiflupir 150 g kg⁻¹), em três superfícies foliares (soja, algodão e milho) (Tabela 2).

TABELA 2. Tratamentos utilizados na avaliação do espalhamento foliar. Uberlândia – MG, 2017.

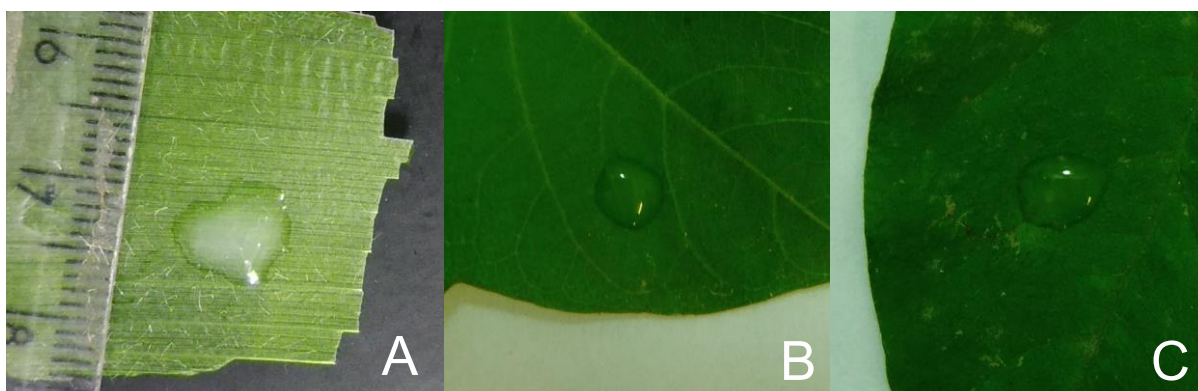
Tratamentos				
	Adjuvantes	Dose/Concentração	Fungicida	Cultura (Folha)
T1	Multifuncional a base de moléculas orgânicas	40 mL ha ⁻¹	Presença	Soja/Algodão/ Milho
T2	Lauril éter sulfato de sódio	50 mL 100 L ⁻¹		
T3	Ácido propiônico + lecitina de soja	500 mL 100 L ⁻¹		
T4	Óleo essencial de laranja	100 mL ha ⁻¹		
T5	Siliconado multifuncional	100 mL ha ⁻¹		
T6	Água	-		
T7	Multifuncional a base de moléculas orgânicas	40 mL ha ⁻¹	Ausência	Soja/Algodão/ Milho
T8	Lauril éter sulfato de sódio	50 mL 100 L ⁻¹		
T9	Ácido propiônico + lecitina de soja	500 mL 100 L ⁻¹		
T10	Óleo essencial de laranja	100 mL ha ⁻¹		
T11	Siliconado multifuncional	100 mL ha ⁻¹		
T12	Água	-		

A avaliação do espalhamento foliar foi realizada conforme Baio, Gabriel e Camolese (2015). Foi pipetado um volume de 15 µL, com uma micropipeta de precisão, da solução dos tratamentos e depositado suavemente sobre as folhas das culturas (Figura 2). Após a deposição, com uma câmera digital fixa a 16 cm da folha, foi capturada uma imagem após 1 minuto da

deposição da gota. Com as imagens digitais, foi mensurada a área coberta (μm^2) pelo espalhamento foliar, com o software ImageJ®.

As avaliações ocorreram em ambiente controlado com condições de temperatura e umidade relativa de 25°C e 30%, respectivamente.

FIGURA 2. Espalhamento foliar na cultura do Milho (A), Algodão (B) e Soja (C). Uberlândia – MG, 2017.



2.3 Análises estatísticas

Todos os dados foram submetidos aos testes de pressuposições a 0,01 de significância: Teste de Levene para verificar a homogeneidade das variâncias e Teste de Shapiro-Wilk para as normalidades dos resíduos. Quando as pressuposições não foram atendidas, os dados foram transformados e submetidos à 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. Quando pertinente, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott. Em todas as análises, adotou-se a significância de 0,05.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes às análises de pressuposições encontram-se na Tabela 3. Apenas as avaliações de SPAN, espalhamento foliar e evaporação de gotas atenderam aos testes de pressuposição para homogeneidade das variâncias e/ou normalidade dos resíduos. Após a transformação em \sqrt{x} dos dados, as demais avaliações, com exceção da condutividade elétrica, não apresentaram melhorias quanto as pressuposições, sendo assim, foram analisadas com os dados não transformados. A análise da condutividade elétrica foi feita com os dados transformados.

TABELA 3. Análise das pressuposições dos dados referentes às características avaliadas. Uberlândia – MG, 2017.

Características	Testes	Dados não transformados		Dados transformados		Análise dos dados ⁴
		Valores de F'/SW^2	Sig. ⁴	Valores de F'/SW^2	Sig. ³	
pH	Levene	4,894	0,001	5,083	0,000	NT
	SW	0,835	0,000	0,843	0,000	
Condutividade elétrica	Levene	6,443	0,000	4,630	0,001	T
	SW	0,852	0,000	0,967	0,353	
Viscosidade	Levene	2,529	0,022	-	-	NT
	SW	0,975	0,391	-	-	
Tensão superficial	Levene	4,520	0,000	4,260	0,001	NT
	SW	0,701	0,000	0,737	0,000	
DMV	Levene	3,910	0,000	4,120	0,000	NT
	SW	0,982	0,520	0,985	0,675	
Gotas menores que 100 μm	Levene	2,549	0,013	2,566	0,012	NT
	SW	0,925	0,001	0,870	0,000	
SPAN	Levene	1,467	0,175	-	-	NT
	SW	0,993	0,980	-	-	
Espalhamento foliar	Levene	1,848	0,010	-	-	NT
	SW	0,976	0,013	-	-	
Evaporação de gotas	Levene	1,570	0,150	-	-	NT
	SW	0,981	0,615	-	-	

¹Estatística dos testes de Levene para homogeneidade das variâncias; ²Estatística dos testes de Shapiro Wilk para normalidade dos resíduos; ³Valores em negrito indicam homogeneidade das variâncias, normalidade dos resíduos e aditividade dos blocos à significância de 0,01; ⁴T: dados transformados; NT: Dados não transformados.

Na Tabela 4, tem-se as médias referente às análises de potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica das caldas adicionadas ou não dos diferentes adjuvantes e na presença ou ausência de fungicida. Na análise houve interação significativa, o que demonstra a dependência entre os fatores.

A alteração do pH e da condutividade elétrica foi observada para todos os tratamentos. Quando na ausência de fungicida, o tratamento com o adjuvante siliconado multifuncional apresentou o menor pH, de 3,22, sendo o maior encontrado com o adjuvante a base de lauril éter sulfato de sódio. Com a adição de fungicida a calda passou-se a ter o menor e o maior pH com o ácido propiônico + lecitina de soja e água, respectivamente. A redução do pH pelos adjuvantes siliconado multifuncional e ácido propiônico + lecitina de soja, quando comparados à água, pode ser explicada pela presença de ácidos na composição.

Quanto à condutividade elétrica, o siliconado multifuncional e o multifuncional a base de moléculas orgânicas apresentaram as maiores condutividades elétricas na ausência de fungicida, contribuindo com aumento de até 20.250% quando comparado a água. Na presença de fungicida, o siliconado multifuncional apresentou condutividade de $1172 \mu\text{S cm}^{-1}$, um aumento de 425%. Quando na presença de fungicida, os menores níveis de condutividade elétrica foram observados com uso do adjuvante a base de óleo essencial de laranja.

Analisando os dados das duas avaliações, é possível notar que o comportamento do fungicida é semelhante dentro de cada adjuvante, ou seja, a adição do fungicida elevou o pH e a condutividade da calda, independente da adição dos diferentes tipos de adjuvantes, contribuindo com um aumento de 164% e 22.900% para pH e condutividade elétrica, respectivamente.

A condutividade elétrica de uma calda só existe graças a presença de vários íons, tais como Ca^{+2} , Fe^{+2} e Al^{+3} , mas estes íons podem reagir com outros produtos presentes na calda, como os ingredientes ativos, o que pode levar a ineficácia dos agrotóxicos. O pH é outro fator que também pode influenciar na eficácia de vários produtos, pois cada produto tem uma faixa ótima de pH. Caso a calda esteja fora dessa faixa, o tempo de meia-vida da molécula pode ser afetado (KISSMANN, 1998; CARLSON e BURNSIDE, 1984).

Cunha, Alves e Marques (2017), estudando o comportamento da associação de adjuvantes com produtos fitossanitários, observaram a ação de adjuvantes e fungicidas sobre as características físico-químicas da calda, dentre elas o pH e a condutividade elétrica, demonstrando haver alterações destes fatores. Os autores também observaram que as mudanças encontradas foram dependentes da mistura de cada adjuvante com cada fungicida. Sendo assim, os valores encontrados em ambos trabalhos não podem ser generalizados para outros agrotóxicos.

TABELA 4: Potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas, em função de adjuvantes e da ausência ou presença de fungicida. Uberlândia – MG, 2017.

Adjuvantes	pH				Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)			
	Fungicida				Fungicida			
	Presença		Ausência		Presença		Ausência	
MMO	8,42	Da	7,79	Cb	504	Ca	405	Ab
LESS	10,11	Ba	8,17	Ab	346	Ea	53	Db
APLS	5,22	Fa	4,04	Eb	870	Ba	207	Cb
OEL	9,34	Ca	8,01	Bb	256	Fa	12	Eb
SM	6,39	Ea	3,22	Fb	1172	Aa	276	Bb
Água	10,65	Aa	6,48	Db	458	Da	2	Fb
CV (%)	0,32				0,15			
F _{adj}	45363,32*				386493,90*			
F _{fung}	69726,76*				2416220,53*			
F _{adj x fung}	4903,76*				77121,53*			

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si, a 0,05 de significância pelo teste de Scott-Knott; CV (%): coeficiente de variação; F_{adj}: Valor F para adjuvantes; F_{fung}: Valor F para fungicida; F_{adj x fung}: Valor F para adjuvantes x fungicida; *significativo a 0,05; ^{ns}não significativo; MMO: Multifuncional a base de moléculas orgânicas; LESS: Lauril éter sulfato de sódio; APLS: Ácido propiônico + lecitina de soja; OEL: Óleo essencial de laranja; SM: Siliconado multifuncional.

Na Tabela 5 pode-se observar os dados referente às análises de viscosidade e tensão superficial das caldas, em função da adição dos diferentes tipos de adjuvantes e/ou fungicida. Para as duas avaliações houve interação entre os fatores, o que mostra a dependência entre eles.

Com exceção do ácido propiônico + lecitina de soja, todos os demais adjuvantes reduziram a viscosidade da calda, com destaque para o multifuncional a base de moléculas orgânicas, que apresentou a menor viscosidade de calda na ausência de fungicida. Quando em presença do fungicida, o adjuvante multifuncional a base de moléculas orgânicas, óleo essencial de laranja e siliconado multifuncional reduziram a viscosidade da calda, assim como apenas a presença do fungicida. A ação dos adjuvantes sobre a calda é muito complexa e não há um padrão fixo. Os dados mostram parte dessa complexidade, quando se adiciona apenas fungicida na calda, tem-se redução da viscosidade, mas com adição do mesmo e de multifuncional a base de moléculas orgânicas ou lauril éter sulfato de sódio, tem-se o aumento da viscosidade e com os demais adjuvantes, a presença de fungicida não influenciou a mesma.

Quanto a avaliação de tensão superficial, tem-se que todos os adjuvantes, inclusive o fungicida, resultaram em diminuição da tensão, com valores entre 54,5 e 28 mN m⁻¹. Os menores valores foram encontrados quando em ausência do fungicida, sendo 28 e 28,5 mN m⁻¹ para siliconado multifuncional e multifuncional a base de moléculas orgânicas, respectivamente, sendo estatisticamente semelhantes. Quando em associação com os

fungicidas, valores maiores de tensão superficial foram encontrados, com exceção do tratamento com ácido propiônico + lecitina de soja, que reduziu a tensão quando comparado ao seu uso isolado.

A importância do estudo da viscosidade da calda está ligada com a capacidade de a mesma influenciar sobre a deriva na pulverização e sobre a evaporação de gotas. De acordo com Stock e Briggs (2000) o aumento da viscosidade da calda pode proporcionar redução da deriva e da evaporação de gotas em virtude do aumento do tamanho das gotas.

Há que se salientar que a magnitude das variações de viscosidade foi muito pequena, principalmente na presença do fungicida, dado possivelmente às baixas concentrações recomendadas pelos fabricantes. Portanto, não é de se esperar grandes influências desta característica na pulverização.

A tensão superficial está diretamente relacionada com a capacidade da gota de se espalhar pelo alvo biológico, o que pode proporcionar uma maior cobertura e molhamento foliar (VAN ZIL *et al.*, 2010; XU *et al.*, 2010; CUNHA, ALVES e MARQUES, 2017). Por outro lado, um espalhamento excessivo pode levar ao escorrimento da calda e a um menor tempo de vida da gota sobre as folhas, o que pode prejudicar a absorção do ingrediente ativo.

De forma geral, é comum que boa parte dos adjuvantes, em função dos componentes surfactantes, reduzam a tensão superficial da calda. Também, as formulações dos agrotóxicos contêm, muitas vezes, surfactantes, contribuindo com essa redução. Cunha, Alves e Marques (2017), em um estudo com a finalidade de avaliar características físico-químicas em caldas de pulverização, mostram que existe uma forte interação entre adjuvantes e agrotóxicos, confirmando os dados encontrados neste trabalho.

Baio, Gabriel e Camolese (2015) e Sasaki et al. (2015) também verificaram alterações nas propriedades de tensão superficial e viscosidade da calda, respectivamente, com a adição de adjuvantes, com valores variando de 20,03 a 72,60 mN m⁻¹ para tensão superficial e com redução de até 0,04% da viscosidade da água, o que corrobora com o presente trabalho.

TABELA 5: Viscosidade e tensão superficial de caldas, em função de adjuvantes e da ausência ou presença de fungicida. Uberlândia – MG, 2017.

Adjuvantes	Viscosidade (mPa s)				Tensão superficial (mN m ⁻¹)			
	Fungicida				Fungicida			
	Presença		Ausência		Presença		Ausência	
MMO	0,98	Ba	0,93	Cb	31,50	Db	28,50	Ea
LESS	1,01	Aa	0,98	Bb	38,25	Bb	35,00	Ca
APLS	1,01	Aa	1,00	Aa	33,00	Ca	35,75	Bb
OEL	0,97	Ba	0,97	Ba	30,75	Eb	30,00	Da
SM	0,98	Ba	0,98	Ba	28,25	Fa	28,00	Ea
Água	0,97	Bb	1,02	Aa	54,50	Aa	72,00	Ab
CV (%)	1,00				1,10			
F _{adj}	26,03*				8329,50*			
F _{fung}	6,24*				338,00*			
F _{adj x fung}	25,61*				734,00*			

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si, a 0,05 de significância pelo teste de Scott-Knott; CV (%): coeficiente de variação; F_{adj}: Valor F para adjuvantes; F_{fung}: Valor F para fungicida; F_{adj x fung}: Valor F para a interação adjuvantes x fungicida; *significativo a 0,05; ^{ns}não significativo; MMO: Multifuncional a base de moléculas orgânicas; LESS: Lauril éter sulfato de sódio; APLS: Ácido propiônico + lecitina de soja; OEL: Óleo essencial de laranja; SM: Siliconado multifuncional.

Na Tabela 6 observam-se os dados referentes à análise da redução do diâmetro das gotas, em função da adição de adjuvantes e fungicida, com a finalidade de observar a evaporação da gota. A análise do diâmetro apresentou interação significativa, o que mostra a dependência entre os fatores.

A adição de adjuvantes à calda proporcionou alterações na evaporação das gotas. Na ausência ou presença de fungicida, houve influência da adição de adjuvantes, mas com algumas alterações.

Na ausência do fungicida na calda, o lauril éter sulfato de sódio e o óleo essencial de laranja não influenciaram na redução do diâmetro, pois se assemelham ao tratamento com água. Os demais adjuvantes proporcionaram maior redução do diâmetro das gotas, com destaque para o adjuvante siliconado multifuncional que apresentou a maior redução, de 10% do diâmetro inicial. Na presença do fungicida, o adjuvante multifuncional a base de moléculas orgânicas e o siliconado multifuncional demonstraram ser os adjuvantes que proporcionam maior redução do diâmetro, com 10,69 e 12,10%, respectivamente, assemelhando-se ao tratamento sem adjuvante. Adjuvantes a base de lauril éter sulfato de sódio, ácido propiônico + lecitina de soja e óleo essencial de laranja proporcionaram redução na evaporação de gotas.

A presença do fungicida foi outro fator que influenciou a evaporação, sendo que apenas sua presença é suficiente para aumentar a evaporação, passando de 4,38% na ausência

para 9,04% na presença. Este padrão, quando em mistura com os adjuvantes, foi observado apenas com o adjuvante a base de laurel éter sulfato de sódio, sendo que não houve alteração na evaporação de gotas com a adição de fungicida e dos demais adjuvantes.

Vários estudos com a finalidade de determinar o tempo de evaporação de gotas foram realizados com gotas em superfície (BAIO, GABRIEL e CAMOLESE, 2015; XU et al., 2010; YU et al., 2009), o que pode levar a interpretar a evaporação após a gota atingir seu alvo, pois o contato altera a forma da gota e esta influencia diretamente no tempo de evaporação (ERBIL, 2015; SANTIAGO, 2016). Contudo, o tempo de evaporação da gota em superfície não é o mesmo da gota no ar e, portanto, ao comparar os dados deve haver uma análise muito criteriosa.

Alguns trabalhos com análise de evaporação de gotas foram realizados e afirmam que adjuvantes influenciam a evaporação, podendo ter casos de retardamento da evaporação ou aceleração. O que vai definir o maior ou menor evaporação é o tipo de adjuvante utilizado, sendo que adjuvantes com características siliconadas aumentam a evaporação (BAIO, GABRIEL e CAMOLESE, 2015; XU et al., 2010).

Minguela e Cunha (2010) relataram que óleos vegetais e minerais proporcionam redução da evaporação. Vilela (2012), estudando o efeito de adjuvantes na evaporação de gotas em superfície, encontrou diferença entre os tratamentos com adjuvante com característica siliconada com os demais tratamentos, sendo o óleo vegetal aquele com maior tempo de evaporação.

TABELA 6: Evaporação de gotas expressa pela redução do diâmetro (%) em função de adjuvantes e da ausência ou presença de fungicida. Uberlândia – MG, 2017.

Adjuvantes	Redução do diâmetro (%)			
	Fungicida			
	Presença		Ausência	
MMO	10,69	Aa	8,74	Ba
LESS	7,49	Ba	4,11	Cb
APLS	5,73	Ba	7,97	Ba
OEL	5,99	Ba	6,70	Ca
SM	12,10	Aa	10,87	Aa
Água	9,04	Aa	4,38	Cb
CV (%)	21,80			
F _{adj}	14,027*			
F _{fung}	7,867*			
F _{adj x fung}	4,489*			

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si, a 0,05 de significância pelo teste de Scott-Knott; CV (%): coeficiente de variação; F_{adj}: Valor F para adjuvantes; F_{fung}: Valor F para fungicida; F_{adj x fung}: Valor F para adjuvantes x fungicida; *significativo a 0,05; ^{ns}não significativo; MMO: Multifuncional a base de moléculas orgânicas; LESS: Lauril éter sulfato de sódio; APLS: Ácido propiônico + lecitina de soja; OEL: Óleo essencial de laranja; SM: Siliconado multifuncional.

Na Tabela 7 tem-se os dados referentes à análise da amplitude relativa (SPAN) em função da adição de adjuvantes e presença ou ausência de fungicida. A análise apresentou interação significativa, demonstrando a dependência entre os fatores.

Independente da presença ou ausência do fungicida, a adição de adjuvantes à calda proporcionou redução do SPAN, com destaque para o adjuvante ácido propiônico + lecitina de soja, com valor de 1,25 e 1,24 na presença e ausência de fungicida, respectivamente. A adição de fungicida à calda proporcionou aumento do SPAN, com exceção dos tratamentos com os adjuvantes a base de lauril éter sulfato de sódio e ácido propiônico + lecitina de soja, que apresentaram valores estatisticamente semelhantes.

O índice SPAN está intimamente ligado com a qualidade de aplicação, mais precisamente com a homogeneidade do espectro de gotas. Tratamentos com menor SPAN tem uma estreita faixa de tamanho de gotas pulverizadas, sendo assim, teoricamente, pulverizações com índice SPAN de 0 representaria uma pulverização onde todas as gotas formadas apresentariam o mesmo diâmetro e volume.

Sasaki et al. (2015), avaliando o SPAN em caldas com diferentes adjuvantes, encontraram pequena variação nos resultados, mas o tratamento com lauril éter sulfato de sódio apresentou o menor índice SPAN, o que é contrário ao encontrado neste trabalho, mas os autores utilizaram um pulverizador pneumático e neste trabalho um pulverizador hidráulico foi

utilizado, demonstrando que a ação dos adjuvantes pode ser influenciada pelo método de formação de gota utilizado.

TABELA 7: Amplitude relativa (SPAN) da pulverização hidráulica em função da adição de adjuvantes e presença ou ausência de fungicida na calda. Uberlândia – MG, 2017.

Adjuvantes	SPAN	
	Fungicida	
	Presença	Ausência
MMO	1,54 Bb	1,36 Ba
LESS	1,80 Da	1,80 Ea
APLS	1,25 Aa	1,24 Aa
OEL	1,77 Db	1,63 Ca
SM	1,65 Cb	1,36 Ba
Água	1,98 Eb	1,74 Da
CV (%)	2,46	
F _{adj}	357,97*	
F _{fung}	203,79*	
F _{adj x fung}	22,91*	

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si, a 0,05 de significância pelo teste de Scott-Knott; CV (%): coeficiente de variação; F_{adj}: Valor F para adjuvantes; F_{fung}: Valor F para fungicida; F_{adj x fung}: Valor F para adjuvantes x fungicida; *significativo a 0,05; ^{ns}não significativo; MMO: Multifuncional a base de moléculas orgânicas; LESS: Lauril éter sulfato de sódio; APLS: Ácido propiônico + lecitina de soja; OEL: Óleo essencial de laranja; SM: Siliconado multifuncional.

Os dados apresentados na Tabela 8 correspondem às análises do diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e da porcentagem do volume composto por gotas menores que 100 µm, em função da adição de adjuvantes e fungicida. Ambas as análises apresentaram interação significativa, o que mostra a dependência entre os fatores.

A adição dos adjuvantes à calda proporcionou aumento do diâmetro da gota quando comparado à água, independente da presença ou ausência de fungicida. Uma das explicações para o aumento da média do diâmetro das gotas é a redução do número de gotas pequenas, principalmente gotas menores que 100 µm, visto que o DMV é a média volumétrica de todo o espectro de gotas. Observando os dados tem-se que a mesma sequência no aumento do DMV é vista na redução de gotas menores que 100 µm.

O diâmetro da gota empregado na pulverização está intimamente ligado com a eficácia de controles de pragas, sendo que o diâmetro deve ter um tamanho adequado para que não seja carregada pelo vento, perdida pela exoderiva e que não tenha um diâmetro muito grande para não prejudicar a cobertura foliar (YU et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2012).

Estudos realizados com o objetivo de avaliar o diâmetro da mediana volumétrica com a adição de adjuvantes mostraram que há a tendência de aumento do DMV com a adição de

adjuvantes (MOTA e ANTUNIASSI, 2013). Vale ressaltar que a ação dos adjuvantes é dependente da ponta utilizada e do sistema empregado na pulverização (CUNHA, BUENO e FERREIRA, 2010). Sasaki et al. (2015), avaliando o DMV de pulverizações com a adição de adjuvantes com sistema de pulverização pneumático, observou a redução do diâmetro em tratamentos com presença de adjuvante. Desta forma, os resultados aqui encontrados valem para as situações em que foram realizadas as avaliações.

TABELA 8: Diâmetro da mediana volumétrico (DMV) e porcentagem de volume composto por gotas menores que 100 μm em função de adjuvantes e da ausência ou presença de fungicida na calda. Uberlândia – MG, 2017.

Adjuvantes	DMV (μm)				% < 100 μm			
	Fungicida				Fungicida			
	Presença		Ausência		Presença		Ausência	
MMO	215	Bb	239	Aa	8,14	Bb	6,62	Aa
LESS	186	Ea	179	Cb	13,04	Ea	14,05	Cb
APLS	245	Aa	235	Ab	6,47	Aa	6,45	Aa
OEL	196	Db	202	Ba	11,64	Db	10,27	Ba
SM	208	Cb	236	Aa	9,98	Cb	6,45	Aa
Água	163	Fb	178	Ca	16,75	Fb	14,12	Ca
CV (%)	0,20				0,24			
F _{adj}	429,96*				297,08*			
F _{fung}	81,18*				62,14*			
F _{adj x fung}	34,60*				15,74*			

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si, a 0,05 de significância pelo teste de Scott-Knott; CV (%): coeficiente de variação; F_{adj}: Valor F para adjuvantes; F_{fung}: Valor F para fungicida; F_{adj x fung}: Valor F para adjuvantes x fungicida; *significativo a 0,05; ^{ns}não significativo; MMO: Multifuncional a base de moléculas orgânicas; LESS: Lauril éter sulfato de sódio; APLS: Ácido propiônico + lecitina de soja; OEL: Óleo essencial de laranja; SM: Siliconado multifuncional.

As Tabelas 9 e 10 mostram as médias referentes a análise de espalhamento com diferentes adjuvantes e culturas. A análise apresentou interação tripla, o que demonstra a dependência entre os fatores.

Na Tabela 9 podem-se observar os dados referentes ao espalhamento dos diferentes adjuvantes na presença ou ausência de fungicida para cada cultura. No algodoeiro e na soja a ação dos adjuvantes não foi influenciada pela presença de fungicida, com exceção do lauril éter sulfato de sódio, que apresentou maior espalhamento na presença de fungicida na cultura do algodão e do siliconado multifuncional, que aumentou o espalhamento na presença de fungicida na cultura da soja. Diferentemente das demais culturas, o milho influenciou negativamente sobre o espalhamento de alguns adjuvantes na presença de fungicida, sendo o multifuncional a

base de moléculas orgânicas, lauril éter sulfato de sódio e óleo essencial de laranja. Os demais adjuvantes apresentaram espalhamento semelhante, independente da adição de fungicida.

Na ausência de fungicida todos os adjuvantes apresentaram maior espalhamento foliar quando comparados a água, mas com a adição de fungicida na calda, apenas nas culturas do milho e do algodão o espalhamento de todos adjuvantes foi superior ao da água, sendo que na cultura da soja o adjuvante a base de óleo essencial de laranja foi estatisticamente semelhante a água. O adjuvante que proporcionou o maior espalhamento foliar na presença de fungicida foi o siliconado multifuncional em todas as culturas avaliadas, assemelhando-se ao multifuncional a base de moléculas orgânicas somente na cultura do milho. Na ausência de fungicida destacaram-se os adjuvantes siliconado multifuncional e o multifuncional a base de moléculas orgânicas, sendo que o primeiro possui maior espalhamento na cultura do algodão e o segundo na cultura do milho. Na cultura da soja os dois foram estatisticamente semelhantes.

Na Tabela 10 tem-se a análise do espalhamento em função da presença ou ausência de fungicida e das culturas avaliadas dentro de cada adjuvante. É possível observar que a cultura influenciou o espalhamento foliar, tendo comportamentos diferentes dentro de cada adjuvante. Não houve um padrão para as culturas em função dos adjuvantes. Desta forma, como é sabido que as estruturas morfológicas das folhas das culturas são diferentes, esta morfologia influencia na ação do adjuvante sobre o espalhamento foliar.

O espalhamento está intimamente ligado com a tensão superficial da calda, sendo que quanto menor a tensão superficial, maior tende a ser o espalhamento foliar, como foi visto com o adjuvante siliconado multifuncional. Vale ressaltar que esta relação pode ser influenciada pelo tipo de folha utilizada, tendo situações onde o espalhamento pode ser mais favorecido ou prejudicado (FIELD e BISHOP, 1988; MENDONÇA, 2003; OLIVEIRA et al., 2015; BAIIO, 2015), como foi visto neste trabalho. Sendo assim, não só a tensão superficial nos mostra qual tratamento terá um maior espalhamento, sendo que este também é dependente das características da folha.

Costa et al. (2014), estudando a área de espalhamento de gotas de solução de herbicidas em *Conyza canadenses*, também encontraram maior espalhamento com a diminuição da tensão superficial, mas observaram que soluções com a mesma tensão superficial se comportam de modo diferente na parte abaxial ou adaxial da folha. Isso mostra a influência das características da folha sobre a ação dos adjuvantes no espalhamento foliar.

Para se ter uma boa aplicação, um dos fatores a ser levado em consideração é o alvo. Nas plantas, uma série de fatores pode influenciar a deposição. Estudos devem ser realizados

para caracterizar estes alvos visando adequar a tecnologia de aplicação, pois fatores como cerosidade e pilosidade das folhas alteram o espalhamento foliar, o que foi visto neste trabalho.

TABELA 9: Desdobramento de adjuvantes e fungicida dentro dos níveis de cultura para espalhamento foliar. Uberlândia – 2017.

Cultura	Adjuvante	Espalhamento (mm ²)			
		Fungicida			
		Presença		Ausência	
Algodão	MMO	45,50	Ba	41,92	Ba
	LESS	41,21	Ba	32,01	Cb
	APLS	43,53	Ba	42,51	Ba
	OEL	35,76	Ca	33,94	Ca
	SM	55,50	Aa	52,67	Aa
	Água	25,90	Da	25,65	Da
Milho	MMO	40,40	Ab	78,94	Aa
	LESS	26,68	Bb	41,61	Ba
	APLS	34,83	Aa	29,52	Ca
	OEL	28,77	Bb	44,87	Ba
	SM	35,61	Aa	40,04	Ba
	Água	20,48	Ca	15,83	Da
Soja	MMO	29,01	Ba	33,63	Aa
	LESS	23,76	Ca	17,44	Ca
	APLS	28,73	Ba	27,60	Ba
	OEL	17,21	Da	23,17	Ba
	SM	43,38	Aa	35,69	Ab
	Água	10,74	Da	9,09	Da
CV (%)		13,93			
F _{fung}		7,736*			
F _{adj}		108,205*			
F _{cul}		130,561*			
F _{fung x adj}		11,260*			
F _{fung x cul}		30,077*			
F _{adj x cul}		14,600*			
F _{fung x adj x cul}		8,520*			

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si, a 0,05 de significância pelo teste de Scott-Knott; CV (%): coeficiente de variação; F_{fung}: Valor F para fungicidas; F_{adj}: Valor F para adjuvantes; F_{cul}: Valor F para cultura; F_{fung x adj}: Valor F para fungicida x adjuvante; F_{fung x cul}: Valor F para fungicida x cultura; F_{adj x cul}: Valor F para adjuvante x cultura; F_{fung x adj x cul}: Valor F para fungicida x adjuvante x cultura; *significativo a 0,05; MMO: Multifuncional a base de moléculas orgânicas; LESS: Lauril éter sulfato de sódio; APLS: Ácido propiônico + lecitina de soja; OEL: Óleo essencial de laranja; SM: Siliconado multifuncional.

TABELA 10: Desdobramento de cultura e fungicida dentro dos níveis de adjuvantes para espalhamento foliar. Uberlândia – 2017.

Adjuvantes	Cultura	Espalhamento (mm ²)			
		Fungicida			
		Presença		Ausência	
MMO	Algodão	45,50	A	41,96	B
	Milho	40,40	A	78,94	A
	Soja	29,01	B	33,63	C
LESS	Algodão	41,21	A	32,01	B
	Milho	26,68	B	41,61	A
	Soja	23,76	B	17,44	C
APLS	Algodão	43,53	A	42,51	A
	Milho	34,83	B	29,52	B
	Soja	28,73	B	27,60	B
OEL	Algodão	35,76	A	33,94	B
	Milho	28,77	B	44,87	A
	Soja	17,21	C	23,17	C
SM	Algodão	55,50	A	52,67	A
	Milho	35,61	C	40,04	B
	Soja	43,38	B	35,69	B
Água	Algodão	25,90	A	25,65	A
	Milho	20,48	A	15,83	B
	Soja	10,75	B	9,09	C
CV (%)		13,93			

Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si a 0,05 de significância pelo teste de Scott-Knott; CV (%): coeficiente de variação; *significativo a 0,05; ^{ns}não significativo; MMO: Multifuncional a base de moléculas orgânicas; LESS: Lauril éter sulfato de sódio; APLS: Ácido propiônico + lecitina de soja; OEL: Óleo essencial de laranja; SM: Siliconado multifuncional.

4 CONCLUSÕES

Os adjuvantes siliconado multifuncional e ácido propiônico + lecitina de soja promoveram maior redução de pH nas caldas de pulverização.

Os adjuvantes a base lauril éter sulfato de sódio, ácido propiônico + lecitina e óleo essencial de laranja reduziram a evaporação de gotas na presença do fungicida azoxistrobina+benzovindiflupir.

Todos os adjuvantes avaliados melhoraram a qualidade da pulverização quanto às características do espectro de gotas, reduzindo gotas menores que 100 µm e uniformizando o espectro.

Os adjuvantes siliconado multifuncional e multifuncional a base de moléculas orgânicas apresentaram os maiores valores quanto ao aumento do espalhamento foliar, mas esta característica foi influenciada pela morfologia das folhas da cultura alvo.

O fungicida azoxistrobina+benzovindiflupir influenciou a evaporação de gotas e o espalhamento foliar.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. [S.I.] Embrapa Agroindústria Tropical, 2006.
- 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**, v. 9, n. 2, 2015. p. 151-161.
- CARLSON, K. L.; BURNSIDE, O. C. Comparative phytotoxicity of glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. **Weed Science**, v. 32, n. 6, 1984. p. 841-844.
- CORREIA, H. G.; MAZIERO, J. V. G. Análise em laboratório da redução da evaporação de gotículas para pulverizações agrícolas. **Bragantia**, v. 39, n. 10, 1980. p. 79-87.
<https://doi.org/10.1590/S0006-87051980000100010>
- COSTA, N. V.; MODOLON, T. A.; PISATTO, M.; BROETTO, L.; MEZZALIRA JUNIOR, E. Tensão superficial e área de espalhamento de gotas de soluções com herbicidas e adjuvantes em folhas de *Conyza canadensis*. **Marechal Cândido Rondon**, v. 13, n. 2, 2014. p. 161-170.
<https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v13n2p161-170>
- CUNHA, J. P. A. R. da; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, 2017. p. 261-270.
- 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-MG, v. 28, n. 3, 2010a. p. 665-672.
- CUNHA, J.P.A.R, BUENO, M. R., FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, 2010b. p. 1153-1158.
- DOPIERALA, K.; PROCHASKA, K. The effect of molecular structure on the surface properties of selected quaternary ammonium salts. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 321, n. 1, 2008. p. 220-226.
<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2008.01.049>
- ERBIL, H. Y. Control of stain geometry by drop evaporation of surfactant containing dispersions. **Science Direct**, v. 222, 2015. p. 275-290.
- FIELD, R.J.; BISHOP, N.G. Promotion of stomatal infiltration of glyphosate by an organosilicone surfactant reduces the critical rainfall period. **Pesticide Science**, Oxford, v. 24, 1988. p. 55-62.
<https://doi.org/10.1002/ps.2780240106>
- 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, 1998. p. 39-51.

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. 96 f. Tese – Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2003.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda fácil, 2010. 588 p.

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

NASCIMENTO, A.B.; OLIVEIRA, G. M.; BALAN, M. G.; HIGASHIBARA, L. R.; ABI SAAB, O. J. G. Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 2, 2012. p. 105-116.

OLIVEIRA, R. B. de. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011. 122 f. Tese – Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011.

OLIVEIRA, R.B.; ANTUNIASSI, U.R.; GANDOLFO, M.A. Spray adjuvante characteristics affecting agricultural spraying drift. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 1, 2015. p. 109-116. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n1p109-116/2015>

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, 2008. p. 8-19.

RAMOS, H. et al. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. São Paulo: ANDEF, 2006.

SANTIAGO, H. **Simulação de perdas por evaporação na pulverização aérea**. 2016. 85 f. Tese – Doutorado em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 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**, v. 45, n. 2, 2015. p. 2-7.

STOCK, D.; BRIGGS, G. Physicochemical properties of adjuvants: values and applications. **Weed Technology**, v. 14, n. 4, 2000. p. 798-806. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0798:PPOAVA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0798:PPOAVA]2.0.CO;2)

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**, v. 29, n. 1, 2010. p. 58-67. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.08.012>

VILELA, C. M. **Evaporação de gotas de caldas contendo fungicidas e adjuvantes depositadas em superfície**. 2012. 73 f. Dissertação – Mestre em Agronomia – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

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, 2010. p. 13-20.

YU, Y. ZHU, H.; OZKAN, H. E.; DERKSEN, R.; KRAUSE, C. R. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and sprays additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. **Transactions of the ASABE**, v. 52, n. 1, 2009. p. 39-49.

<https://doi.org/10.13031/2013.25939>