



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO AGRONÔMICO
CENTRO APTA DE ENGENHARIA E AUTOMAÇÃO

RELATÓRIO DE ENSAIO

CEA/IAC 17/2023

AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE ADJUVANTES DA PULVERIZAÇÃO

Elaborado por:
HAMILTON HUMBERTO RAMOS
Pesquisador Científico VI



Outubro de 2023



RELATÓRIO DE ENSAIO

AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE ADJUVANTES DA PULVERIZAÇÃO

REALIZAÇÃO:

CENTRO APTA DE ENGENHARIA E AUTOMAÇÃO
ROD. D. GABRIEL P. B. COUTO KM 65
CEP 13212-240 JUNDIAÍ – SP
FONE: (11) 4582-8155

APOIO:

PETROS - INDÚSTRIA COMÉRCIO IMPORTAÇÃO EXPORTAÇÃO
CNPJ: 34.883.214/0001-75
INSCRIÇÃO ESTADUAL: 515.066.708.115
AV. MARIA CONCEIÇÃO APARECIDA ANDRADE, Nº201, SALA 2
CEP 18560-000 IPERÓ – SP
FONE: (062) 3611-3539

FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGRÍCOLA
CNPJ: 61.705.380/0001-54
INSCRIÇÃO ESTADUAL: 244.473.981.116
RUA DONA LIBÂNIA, 2017 CENTRO
CEP 13015-090 CAMPINAS – SP
FONE: (19) 3739-8035



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUÇÃO	04
MATERIAL E MÉTODOS	04
Interferência do Adjuvante na Tensão Superficial	04
Interferência do Adjuvante na Velocidade de Evaporação	05
Interferência do Adjuvante no Espalhamento sobre Superfícies Vegetais	06
Interferência do Adjuvante na Deriva	07
RESULTADOS E DISCUSSÃO	09
Interferência do Adjuvante na Tensão Superficial	09
Interferência do Adjuvante na Velocidade de Evaporação	11
Interferência do Adjuvante no Espalhamento sobre Superfícies Vegetais	12
Interferência do Adjuvante na Deriva	12
CONCLUSÕES	13
EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL	14

AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE ADJUVANTES DA PULVERIZAÇÃO

INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de adjuvantes produzidos pela empresa Petros - Indústria Comércio Importação Exportação sobre a tensão superficial, velocidade de evaporação, espalhamento sobre superfícies vegetais e deriva. Foi analisado o produto adjuvante Agrofix AM GOLD na dose de 0,150 L ha⁻¹.

MATERIAL E MÉTODOS

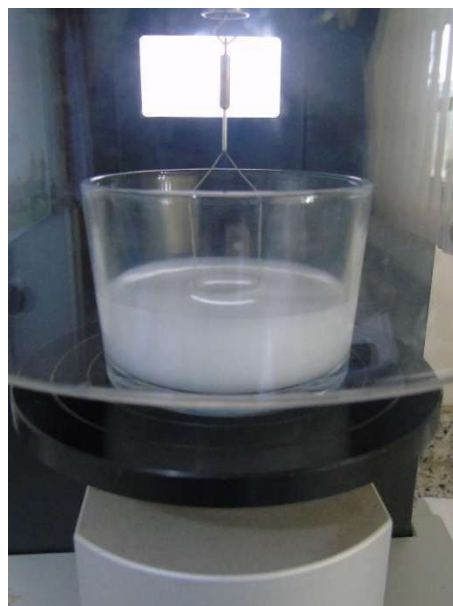
Os experimentos foram instalados no Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos do Centro de Engenharia e Automação (CEA), do Instituto Agrônomico (IAC), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) do Estado de São Paulo, localizado em Jundiaí – SP. Para todas as avaliações considerou-se um volume de calda de 100 L ha⁻¹.

Interferência do Adjuvante na Tensão Superficial

Para análise da interferência do adjuvante na tensão superficial foram construídas, com água destilada, caldas nas concentrações de 2 a 0,0012207%, com diluições de 50% a partir da maior, cujas tensões foram determinadas pelo método do anel em um tensiômetro marca Kruss modelo EasyDyne K20 (Figura 1 ilustrativa). Uma análise estatística foi aplicada aos dados com a finalidade de se analisar a relação Dose x Quebra da Tensão Superficial, bem como a Concentração Micelar Crítica (CMC) correspondente a dose acima da qual não há mais quebra na tensão. Foram realizadas 3 repetições por tratamento (cada tratamento é um conjunto produto x dose). Todos os produtos e equipamentos foram mantidos em ambiente climatizado, com (25±5) °C e (60±10) % de umidade relativa, durante os ensaios e por pelo menos 24 horas antes do início dos testes.



(A)



(B)

FIGURA 1: Detalhe ilustrativo do sistema utilizado na determinação da tensão superficial da calda evidenciando o equipamento (A) e o sistema de medição (B).

Interferência do Adjuvante na Velocidade de Evaporação

Para cada um dos tratamentos (conjunto produto x dose), com o auxílio de uma micropipeta com capacidade de amostrar alíquotas de 0,5 a 10,0 μL , uma gota de 3,0 μL da calda do adjuvante, na concentração indicada pelo fabricante e construída com água destilada, foi colocada em balanço sobre um fio de nylon com 0,25 mm de diâmetro, posicionado sobre um suporte previamente tarado (Figura 2). Este conjunto foi então colocado sobre o prato de uma balança com precisão de 0,0001g anotando-se o peso no tempo zero e a cada 5 minutos até o total de 30 minutos. A evaporação foi analisada com base na porcentagem de perda de massa em relação ao tempo zero. Os valores médios da porcentagem de evaporação nos diferentes tempos para cada tratamento foram analisados estatisticamente através do teste F e do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com 3 repetições.

Todos os produtos e equipamentos foram mantidos em ambiente climatizado, com $(25\pm 5)^\circ\text{C}$ e $(60\pm 10)\%$ de umidade relativa, durante os ensaios e por pelo menos 24 horas antes do início dos testes.



(A)



(B)

FIGURA 2: Detalhe ilustrativo do sistema utilizado na determinação da velocidade de evaporação da calda evidenciando o equipamento (A) e o sistema de posicionamento da gota (B).

Interferência do Adjuvante sobre o Espalhamento em Superfícies Vegetais

Para cada tratamento, retirou-se uma alíquota de 100 mL a qual foi transferida para um becker com capacidade de 200 mL e adicionado 0,2 g do corante Rodamina B, apenas com o intuito de obter um contraste de cores das gotas em relação à superfície de amostragem. Como forma de manter a uniformidade do volume inicial das gotas, utilizou-se uma micropipeta com capacidade de amostrar alíquotas de 0,1 a 2,5 μL , regulada para formar gotas com volume de 2,5 μL . As superfícies vegetais utilizadas para a amostragem das gotas foram folhas de soja, destacadas e fixadas em placas de isopor com sua face adaxial voltada para cima. Foram utilizadas 6 folhas por tratamento com duas gotas em cada uma delas (uma com água e outra com a solução adjuvante), sendo que cada folha constitui uma repetição (Figura 3). Após as gotas se apresentarem completamente secas sobre as folhas, estas foram digitalizadas por meio de uma câmera digital marca Sony modelo Cyber-Shot DSC-H50 com resolução de 9,1 Mp e a área das manchas determinada por meio de rotina desenvolvida pelos pesquisadores do CEA/IAC no programa Image J. Os valores médios da área (mm^2) para cada tratamento foram analisados estatisticamente através do teste F e do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com 6 repetições.

Todos os produtos e equipamentos foram mantidos em ambiente climatizado, com $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ e $(60 \pm 10) \%$ de umidade relativa, durante os ensaios e por pelo menos 24 horas antes do início dos testes.



(A)



(B)

FIGURA 3: Detalhe ilustrativo do sistema utilizado na determinação do espalhamento sobre superfícies vegetais evidenciando o sistema de elaboração das gotas (A) e o resultado sobre as folhas (B)

Interferência do Adjuvante na Deriva

Como forma de gerar a deriva utilizou-se um protótipo de “Túnel do vento” desenvolvido pelo Centro de Engenharia e Automação do Instituto Agronômico (Figura 4). Este túnel possui o formato cilíndrico, com 0,94 m de diâmetro e 8,40 metros de comprimento. Composto por um sistema aberto, o túnel tem em uma de suas extremidades um exaustor radial acionado por motor de 7,5 cv, que puxa o vento através do túnel. Na outra extremidade, existe uma colmeia formada por tubos de 0,04 m de diâmetro e 0,25 m de comprimento, com o objetivo de regularizar a direção do vento no interior do túnel. O seu formato cilíndrico visa reduzir a interferência de cantos que poderiam interferir na regularidade da velocidade e direção do vento. O sistema de amostragem da deriva (Figura 4), composto por um retângulo metálico onde são posicionados, na vertical, 3 fios de nylon com 2 mm de diâmetro (amostradores) não é colocado para cobrir toda área do túnel de vento, devido ao efeito de borda que faz com que a velocidade próxima à parede seja inferior à da região central. Assim, determinou-se a área útil central de 0,50m x 0,30m onde a velocidade do vento, medida por meio de um anemômetro de fio quente, tem coeficiente de variação (CV) inferior a 5%. Para o ensaio, a velocidade do vento no ponto de pulverização, medida por meio de

um anemômetro de fio quente, foi regulada para $10,0 \text{ km.h}^{-1}$ e o sistema de pulverização foi posicionado a 2,0 m do sistema de amostragem da deriva. O sistema de pulverização utilizado foi um pulverizador pré-pressurizado por ar comprimido, equipado com um reservatório de 2,0 L e uma ponta de pulverização da marca Teejet modelo XR11002VS trabalhando a 2 bar de pressão, produzindo gotas na faixa do “fino”. O tempo de amostragem foi 15 segundos com 6 repetições.

Para análise da deriva, uma calda contendo 500 ppm de cobre metálico e o adjuvante na concentração recomendada pelo fabricante, construída com água destilada, foi colocada no reservatório do pulverizador pré-pressurizado. A pulverização foi então realizada durante 15 segundos, período após o qual os coletores foram retirados, o íon constante neles extraído por meio de lavagem com solução de HCl 0,2N e quantificado por espectrofotometria de absorção atômica. A análise da deriva foi realizada comparando-se os resultados dos produtos com o da água pura. Os valores médios da deriva medida para cada tratamento foram analisados estatisticamente através do teste F e do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com 6 repetições, sendo cada repetição composta por 3 coletores analisados em conjunto.



FIGURA 4: Detalhe do sistema utilizado na determinação da deriva da calda evidenciando o protótipo de “túnel de vento” e o sistema de amostragem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Interferência do Adjuvante na Tensão Superficial

A curva de quebra de tensão superficial em função da dose para o produto Agroflox AM GOLD é apresentada na Figura 5. Observa-se que o Agroflox AM GOLD é eficiente em quebrar a tensão superficial até cerca de $32,7 \text{ mN m}^{-1}$. Aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade a tensão (Tabela 1), observa-se que o Agroflox AM GOLD atinge a mínima tensão superficial na dose de 0,125%.

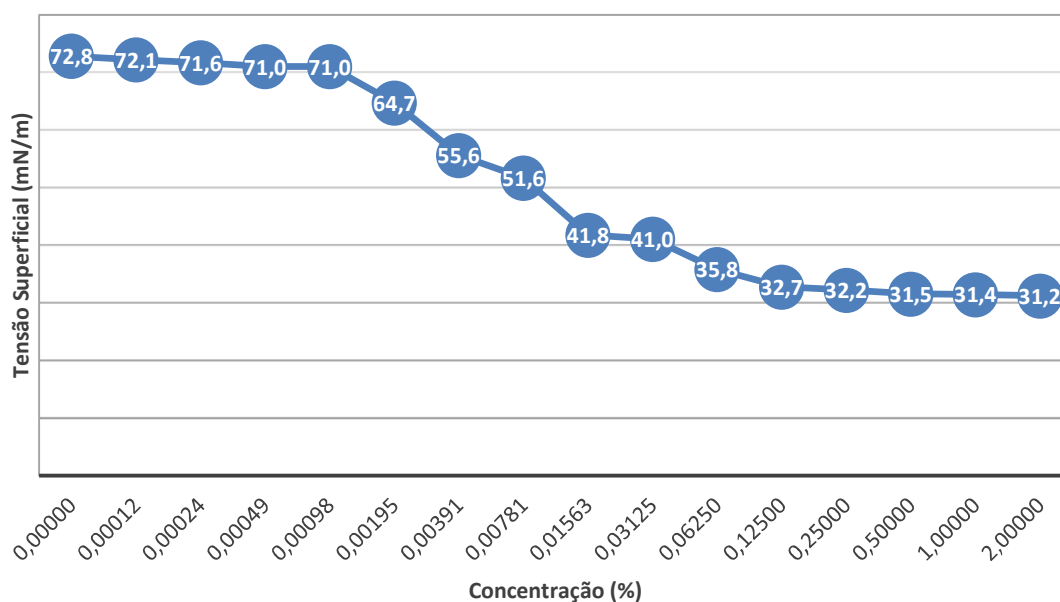


FIGURA 5: Curva de quebra da tensão superficial em função da dose para o adjuvante Agroflox AM GOLD.

TABELA 1: Teste de Tukey aplicado aos valores médios de tensão superficial estática (mN m^{-1}) dos adjuvantes em diferentes concentrações (% v/v) em soluções aquosas.

Doses (%)	Agrofix AM GOLD
	Tensão Superficial (mN m^{-1}) ⁽¹⁾
0	72,8 a
0,00012207	72,1 ab
0,000244141	71,6 ab
0,000488281	71,0 ab
0,000976563	71,0 b
0,001953125	64,7 c
0,00390625	55,6 d
0,0078125	51,6 e
0,015625	41,7 f
0,03125	41,0 f
0,0625	35,8 g
0,125	32,7 h
0,25	32,2 h
0,5	31,6 h
1,0	31,4 h
2,0	31,2 h
DMS (5%)	1,801
CV (%)	1,18
T (°C)	Mínima 22,1
	Máxima 23,8
UR (%)	Mínima 50,0
	Máxima 61,0

(1) Dados são médias de 3 repetições

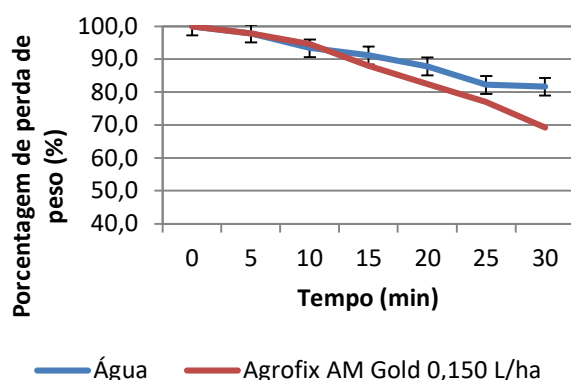
Interferência do Adjuvante na Velocidade de Evaporação

Na Tabela 2 e Figura 6, estão apresentados os valores médios de porcentagem da perda de massa das gotas por evaporação para o tratamento do produto Agrofíx AM GOLD, na dose de 0,150 L ha⁻¹. O produto Agrofíx AM GOLD na dose analisada não interferiu de forma significativa na velocidade de evaporação em relação à água dado pelo teste de F.

TABELA 2: Valores médios da perda de massa da gota em relação ao tempo zero para as caldas dos adjuvantes em diferentes concentrações (% v/v).

Adjuvante	Dose (%)	Tempo (min.)							T (°C)		UR (%)	
		0	5	10	15	20	25	30	Inicial	Final	Inicial	Final
Perda de massa em relação ao início (%) ⁽¹⁾												
Água		100,0	97,8	93,3	91,1	87,8	82,2	81,7	23,1	21,6	66,0	68,0
Agrofíx AM GOLD	0,150 L ha ⁻¹	100,0	97,8	94,5	88,0	82,5	77,0	69,3	22,8	21,4	57,0	61,0
Estatística												
		F			Dms Tukey (5%)				CV (%)			
Agrofíx AM GOLD	0,150 L ha ⁻¹	3,1695 NS			6,033				7,51			

(1) Dados são médias de 3 repetições



(A)

FIGURA 6: Valores médios da perda de massa da gota em relação ao tempo zero para a calda do adjuvante Agrofíx AM GOLD na dose de 0,150 L ha⁻¹ (A).

Interferência do Adjuvante no Espalhamento sobre Superfície Vegetal

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios de espalhamento em relação à água na cultura da soja, para o produto Agrofíx AM GOLD na dose de 0,150 L ha⁻¹. O produto Agrofíx AM GOLD, na dose analisada interferiu significativamente aumentando cerca de 3,7x o espalhamento em relação à água ao nível de 1% de probabilidade no teste F.

TABELA 3: Valores médios do espalhamento em relação à água dos adjuvantes em folhas de soja.

Cultura	Adjuvante	Dose	Média ⁽¹⁾ (mm ²)	Aumento (x)	F ⁽²⁾	dms Tukey (5%)	CV (%)
Soja	Água		6544,167 b		57,254 **	4933,027	25,71
	Agrofíx AM GOLD	0,150 L ha ⁻¹	23302,170 a	3,7±0,5			

(1) Dados são médias de 6 repetições

(2) Cada adjuvante foi comparado individualmente com a água

Interferência do Adjuvante na Deriva

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios da interferência na deriva em relação à água para o tratamento. O produto Agrofíx AM GOLD na dose analisada, interferiu significativamente reduzindo a porcentagem de deriva em relação à água ao nível de 1% de probabilidade no teste F.

TABELA 4: Valores médios da deriva em relação à água para as caldas dos adjuvantes em diferentes concentrações (% v/v).

Adjuvantes	Dose (%)	Média ⁽¹⁾	%RED	F regressão	DMS (5%) Tukey	CV (%)
Água		2,599 a		24,7336 **	0,319	11,06
Agrofíx AM GOLD	0,150 L ha ⁻¹	1,886 b	-26,8 ± 5,4			

(1) Dados são médias de 6 repetições



CONCLUSÕES

A análise dos dados obtidos permite concluir que:

1. O adjuvante Agrofix AM GOLD é eficiente em quebrar a tensão superficial até cerca de $32,7 \text{ mN m}^{-1}$, e atinge a mínima tensão superficial na dose de 0,125%,
2. O produto Agrofíx AM GOLD, na dose $0,150 \text{ L ha}^{-1}$, não interferiu na velocidade de evaporação em relação à água.
3. O produto Agrofíx AM GOLD, na dose $0,150 \text{ L ha}^{-1}$, elevou significativamente o espalhamento cerca de 3,7x em relação à água.
4. O produto Agrofíx AM GOLD na dose $0,150 \text{ L ha}^{-1}$, interferiu significativamente reduzindo a porcentagem de deriva em relação à água.



EQUIPE RESPONSÁVEL PELOS ENSAIOS

HAMILTON HUMBERTO RAMOS
Pesquisador Científico VI
Centro APTA de Engenharia e Automação
INSTITUTO AGRONÔMICO

APOIO TÉCNICO:

Viviane Corrêa Aguiar – Eng^a. Agrônoma e de Segurança do Trabalho – CEA/IAC

Matheus de Oliveira Araújo- Eng^o Agrônomo – CEA/IAC

Fábio Aparecido de Castro Alves – Eng^o Agrônomo – CEA/IAC

Eliana Grzebielucka – Estagiária – CEA/IAC