



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 39

Campinas, agosto de 1980

Artigo n.º 10

ANÁLISE EM LABORATÓRIO DA REDUÇÃO DA EVAPORAÇÃO DE GOTÍCULAS PARA PULVERIZAÇÕES AGRÍCOLAS (1)

HERMES GERALDO CORRÊA e JOSÉ VALDEMAR GONZALEZ MAZIERO, *Seção de Máquinas de Implantação de Culturas e Aplicadoras de Defensivos, Instituto Agrônomo*

RESUMO

Estudou-se a evaporação utilizando produtos químicos recomendados para controle do fenômeno, sendo apresentadas técnicas que permitem acompanhar a evaporação das misturas com base aquosa.

Os resultados interessam às pulverizações terrestres de defensivos na agricultura, com aparelhos do tipo **canhão**, e especialmente aquelas realizadas com aviões agrícolas.

1. INTRODUÇÃO

Na execução das pulverizações agrícolas, deve-se considerar os problemas decorrentes da evaporação da calda, principalmente tendo em vista que a água é o diluente mais comum das formulações. Nesse particular, deve haver maior preocupação especialmente nas aplicações aéreas, quando as gotículas ficam mais tempo expostas, e naquelas realizadas com pulverizadores do tipo **canhão**, que pulverizam uma faixa de 20 metros

da cultura e, em algumas circunstâncias, até mais.

AMSDEN (2) mostrou que em suspensões aquosas contendo 30% de sólidos, quando pulverizadas da altura de 6,1m, em atmosfera calma com 40°C de temperatura e 20% de umidade relativa, todas as gotas inferiores a 150 micra convertem-se em pó antes de atingir o solo.

Diversos trabalhos já foram apresentados tratando da evaporação de líquidos (4, 5, 9), mas existe na

(1) Trabalho apresentado no IX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, realizado em Campina Grande (PB), de 24 a 27 de julho de 1979. Os autores manifestam seu agradecimento ao Engenheiro Agrônomo Ernest W. S. Kubart, pelo estímulo gerado na discussão do assunto, e aos Auxiliares Técnicos Antonio Brentan e Florisval da Silva Santos, pelo empenho desenvolvido para precisão deste trabalho. Recebido para publicação a 19 de setembro de 1979.

literatura técnica pouca referência ao seu controle. AKENSON & YATES (1) apresentaram os amino-estearatos como tendo boas perspectivas para a redução do fenômeno em pauta. MAKSYMIUK & NEISESS (6) trabalharam em condições de laboratório, procurando controlar a evaporação, mas sem resultados expressivos. BEHLEN (3), por outro lado, apresenta produto que assegura ser eficiente no controle da evaporação, mas não mostra estudos específicos.

CUNNINGHAM et alii (4) também estudaram o fenômeno, usando a técnica do recolhimento direto do produto pulverizado. Se bem que o método apresente características realistas, existiam algumas limitações que prejudicaram os resultados, como os próprios autores admitem.

O acompanhamento do fenômeno nas precisas condições em que ocorre é muito difícil, em vista do que se optou pelo seu estudo em condições de laboratório, para, numa fase seguinte, apreciá-lo em condições mais reais. Na prática da pulverização existe grande preocupação em controlar a evaporação de modo a evitar que as gotículas, perdendo volume, tornem-se mais sujeitas à deriva.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, recolheram-se junto às indústrias químicas, amostras dos seguintes produtos, aos quais se atribuía ação no controle da evaporação (2):

1. Óleo emulsionável (3);
2. Amelosan (4);
3. Synergid (5);
4. O.E.D. (6).

Os tratamentos foram os seguintes:

TRATAMENTOS	Concentração
A) Água destilada (testemunha)	—
B) Emulsão oleosa	1,0%
C) Emulsão oleosa	5,0%
D) Emulsão oleosa	20,0%
E) Suspensão de oxicloreto de cobre (50% de cobre metálico) em água	1,0%
F) Suspensão de oxicloreto de cobre (50% de cobre metálico) em água	4,0%
G) Amelosan em água	1,0%
H) Amelosan em água	4,0%
I) Synergid em água	1,0%
J) Synergid em água	4,0%
K) O.E.D. em água	0,1%
L) O.E.D. em água	0,5%
M) O.E.D. em água	1,0%
N) O.E.D. a 1,0% + oxicloreto de cobre (50% de cobre metálico)	4,0%

As concentrações foram escolhidas atendendo às recomendações dos fabricantes, incluindo-se também outras que se mostravam viáveis. Elas expressam volume por volume, ape-

(2) A citação de marcas comerciais não representa, da parte dos autores, endosso para utilização com fins comerciais, mas antes se impõe por necessidade de melhor caracterizar o produto.

(3) Spray Oil n.º 3.

(4) Produto da FARBWERKE HOECHST Ag-6230 — Frankfurt.

(5) Produzido por H. Stahler GmbH. Chemische Fabrik 216 State, Bez, Hamburg (Western Germany).

(6) Produto da Nikken Chemicals Co. Ltd. n.º 5, Tori 1 — Chome, Nihonbashi, Chuo-ku, Tokio.

nas o oxiclureto de cobre é expresso em peso/volume.

Na investigação em laboratório do comportamento das misturas preparadas, utilizou-se primeiramente a técnica desenvolvida por SAYER (8). Tendo em vista obter maior precisão na técnica experimental, utilizou-se, no presente trabalho, uma célula reduzida para receber o líquido, consistindo em uma lamínula de 29 x 20mm com bordos plásticos adaptados para conter o líquido.

A estrutura foi colocada sobre o prato de balança analítica, determinando-se, a intervalos regulares, a perda de peso devida à evaporação do líquido.

Considerando que essa técnica não retrata bem as condições normais, procurou-se cotejar seus resultados com outra mais realista, onde se observa o comportamento da gotícula suspensa em finos fios.

Empregou-se primeiramente a teia de aranha e fios de náilon, mas as gotículas, ao vaporizarem-se, perdiam a forma esférica, dificultando o cálculo da perda de volume. Melhores resultados foram obtidos com fios de vidro (fiberglass) com 10 micra de espessura, pois as gotas se mantinham esféricas até sua quase total evaporação. Os fios foram montados em pequenas estruturas metálicas quadrangulares de 2,5 x 2,5cm para facilitar seu manuseio.

As gotas geradas por um pulverizador manual foram colhidas nessa montagem e imediatamente colocadas sobre a platina do microscópio, que possuía retículo graduado, procedendo-se à leitura dos diâmetros a intervalos regulares.

Para a realização desse trabalho, a unidade experimental não dispunha, como seria desejável, de câmara com temperatura e umidade controlada; desse modo, procurou-se realizar o ensaio dentro do menor espaço de tempo, escolhendo-se ainda períodos nos quais a variação desses parâmetros meteorológicos era menos acentuada.

Na primeira fase da experimentação, quando se aplicou a técnica de SAYER, o peso líquido utilizado foi sempre próximo de 200mg. Como a concentração dos produtos investigados era pequena, apesar de terem peso específico diferente, pouco influíram no peso; assim, pode-se admitir, sem prejudicar o trabalho, que se usou o mesmo volume em cada uma das determinações.

Na segunda fase, quando se utilizaram os fios de vidro, preocupou-se com a escolha do tamanho das gotículas, para início da observação do fenômeno. Operando com gotas grandes, 300-500 micra ou maiores, não seria fácil observar o caráter exponencial do fenômeno, uma vez que sua relação área exposta e volume seria pequena, o que proporciona diminuta velocidade na redução dos diâmetros. Por outro lado, com gotas muito pequenas, inferiores a 100 micra, nas condições do ensaio seria difícil acompanhar sua redução de diâmetro. Em vista dessas considerações, utilizaram-se no trabalho gotas de 145 micra, que se revelaram perfeitamente adequadas às observações em questão.

Os ensaios de determinação de perdas de volume foram repetidos três vezes, tomando-se a média por resultado.

QUADRO 1. — Perdas percentuais da massa líquida devidas à evaporação em célula de vidro. Condições ambientais: temperatura média 26°C, umidade relativa 46%

Tempo em minutos	Tratamentos				O.E.D. 0,5% (L)
	Água destilada (A)	Emulsão oleosa 20% (D)	Amelosan 4% (H)	Synergid 4% (I)	
5	4,9	3,0	5,0	4,8	2,4
10	8,8	5,9	8,7	9,4	4,6
15	13,4	8,8	13,2	13,8	6,5
20	17,7	12,0	18,2	18,5	8,4
25	22,8	15,0	22,1	22,7	10,2
30	27,4	17,8	26,8	27,0	12,1
35	32,3	21,2	31,1	31,1	14,0
40	36,3	24,0	35,5	35,8	15,7
45	40,8	27,2	39,5	40,0	17,5
50	45,2	30,4	43,9	44,7	19,0
55	49,3	33,2	47,7	49,6	20,6
60	53,2	36,1	51,7	53,9	22,6

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 1 apresenta as perdas de volume de cada uma das misturas em função de tempo de observação do fenômeno, quando se utilizou a técnica da laminula para exposição do líquido. Essas perdas são expostas em forma de gráfico na figura 1.

Os resultados obtidos, empregando-se a técnica de gotículas pulverizadas sobre fio de vidro, encontram-se nos quadros 2 e 3.

No que concerne à evaporação, a relação da área exposta com o volume da massa líquida é básica (7). Tratando-se de gotículas, relacionando a área da esfera com o seu volume, obtém-se a equação:

$$S/V = 3/r = 6/D$$

onde:

S = área da esfera

V = volume da esfera

r = raio

D = diâmetro

3 e 6 = constantes

S, V, r, D são medidos em micra.

Da equação acima depende-se que, reduzindo o tamanho das gotículas, aumenta a área exposta em relação ao volume. Como é um fenômeno de superfície, a evaporação está diretamente ligada com a área exposta, havendo, portanto, com a redução do tamanho das gotas, um aumento da evaporação da massa líquida pulverizada.

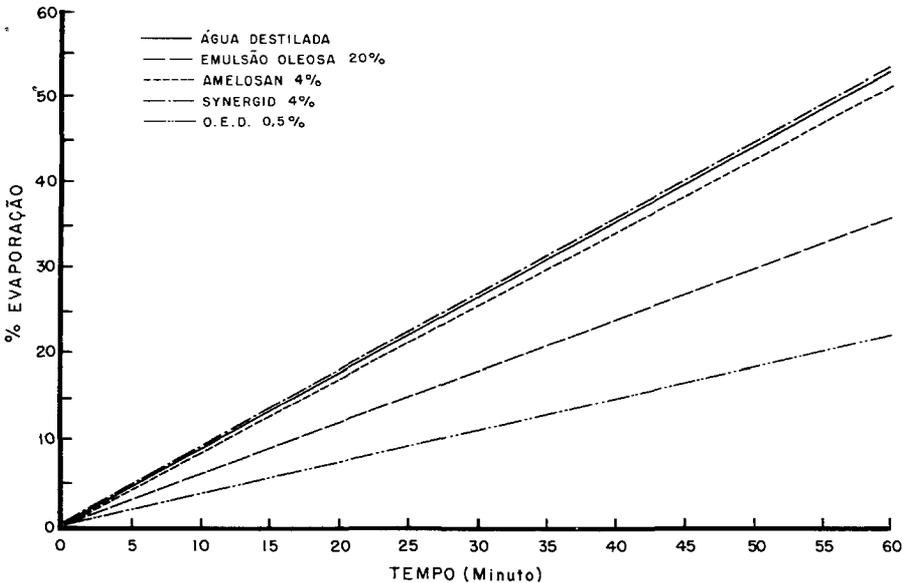


Figura 1. - Perdas percentuais de massa líquida

QUADRO 2. — Perda percentual do volume das gotículas de 145 micra em função do tempo. Condições ambientais: temperatura média 21°C e umidade relativa 59%

Tempo em segundo	Tratamentos									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	43,4	61,6	36,0	34,4	19,3	17,5	31,3	36,0	31,3	31,3
60	76,9	93,0	67,2	56,4	29,6	26,3	56,4	74,5	58,7	61,0
90	98,1	100,0	85,1	67,2	41,9	40,5	79,9	89,3	77,7	76,1
120	100,0		94,0	73,7	57,6	51,5	95,9	93,0	97,3	87,8
150			94,0	79,9	76,9	67,2	98,0	93,0	100,0	96,4
180				79,9	98,5	75,3	98,0			100,0
210					99,2	87,8				
240					99,2	94,9				
270						94,9				

QUADRO 3. — Perda percentual do volume das gotículas de 145 micra em função do tempo. Condições ambientais: temperatura média 21°C e umidade relativa 59%

Tempo em minuto	Tratamentos			
	K	L	M	N
0	0,0	0,0	0,0	0,0
15 (900 s)	37,5	34,0	36,0	31,3
30 (1.800 s)	67,2	57,6	64,2	69,2
45 (2.700 s)	85,1	94,9	81,3	93,7
60 (3.600 s)	100,0	100,0	93,0	93,7
75 (3.500 s)			100,0	

Na figura 2 é apresentado o gráfico correspondente a cinco tratamentos nos quais se utilizaram gotículas para estudar o fenômeno.

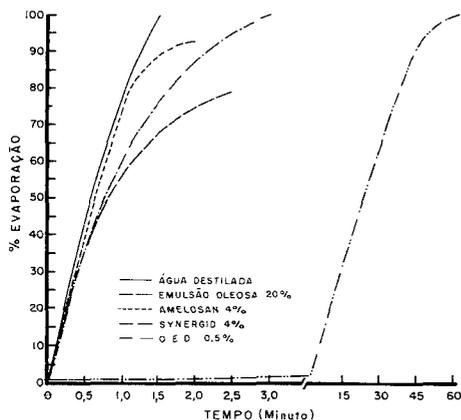


Figura 2. - Perdas percentuais de massa líquida utilizando gotículas.

No quadro 2, observou-se que alguns tratamentos paralisaram a perda de volume, não havendo, portanto veja isto evaporação total. As gotículas, perdendo a água, deixaram como resíduo final o produto concentrado: isso ocorreu com o óleo emulsionável, oxícloreto de cobre e Amelosan.

O comportamento da emulsão oleosa, no que diz respeito à evaporação gradual, tanto numa como noutra técnica, alinha-se com a testemunha. Mesmo na maior percentagem investigada, 20% de óleo emulsionável, não se obteve um controle satisfatório do fenômeno. Portanto, a utilização do óleo emulsionável nas pulverizações agrícolas sujeitas à evaporação, apenas se justifica quando sua participação for majoritária na formulação da calda: somente nessas condições, perdendo a água de emulsão, as gotículas ainda manteriam suficiente massa para contrapor-se a uma deriva acentuada.

Entretanto, isso conduz a limitações: fitotecnicamente a cultura pode não tolerar a dose de óleo e, também,

a atual valorização dos derivados de petróleo não possibilitaria economicamente tal uso.

O Amelosan e o Synergid, recomendados para controle da evaporação de gotículas nas aplicações de defensivos, também não proporcionaram resultados satisfatórios, perdendo volume em ritmo mais acelerado do que as suspensões normais de oxiclreto de cobre 1 a 4%.

Apenas o O.E.D., mesmo na mais baixa concentração, destacou-se no controle do fenômeno.

Comparando as figuras 1 e 2, observa-se na primeira a linearidade dos gráficos em contraste com as curvas exponenciais da segunda. Na utilização da técnica de Sayer, não existe variação de área de exposição e, nessas condições, a evaporação se processa de forma contínua e uniforme. Comparada à experiência com gotas, a redução do volume do líquido exposto em lamínula foi pequena, apresentando, em média, em cinco tratamentos, 43% de perda no final de uma hora. No mesmo período, a média da relação S/V (°) nos tratamentos do quadro 1, cresceu de 0,0029 para 0,0051, variando 43%.

Nas investigações com gotículas, a redução da área exposta é concomitante à do volume, do que decorre acentuada modificação daquela relação. Para a média dos tratamentos do quadro 2, no final de um minuto, essa relação cresceu de 0,041 para 0,058, aumentando assim 29%, enquanto na fase anterior ela variou apenas 43% em uma hora.

Esses dados ressaltam a velocidade do fenômeno ao se trabalhar com gotículas, o que evidentemente permite a detecção mesmo de pequenas variações do volume em reduzido tempo de ensaio, oferecendo, por outro lado, curvas como aquelas da figura 2.

Cabe ainda comparar o valor inicial da relação S/V da primeira fase da experimentação, 0,0029, com a da segunda, 0,041, que é cerca de 14 vezes maior. Isso mostra que, na segunda fase, o líquido está muito mais exposto, o que evidentemente determina maior velocidade no fenômeno da evaporação.

4. CONCLUSÕES

Comparando os resultados obtidos nos tratamentos do quadro 2, verifica-se que eles não diferiram de modo marcante da água que atuou como testemunha. Apenas as suspensões contendo óxido cloreto de cobre persistiram um pouco mais.

Com respeito ao óleo emulsional, verificou-se que ele não controla de modo satisfatório a evaporação, apresentando comportamento alinhado com a testemunha, persistindo no final do processo apenas a fração oleosa.

Quanto aos demais produtos químicos, apenas o O.E.D. apresentou resultados satisfatórios no controle da evaporação. Com a sua utilização, a velocidade do fenômeno em gotículas pulverizadas foi retardada aproximadamente trinta vezes, pois foram necessários trinta minutos para que

(°) Utilizou-se o micro como unidade para processamento desses dados.

as gotículas perdessem em média 64% de seu volume, enquanto os demais produtos em um minuto perderam em média 60% do volume das gotículas.

Ensaio realizado com o O.E.D. na cultura de café durante o ciclo de tratamento contra a ferrugem (*Hemi-*

leia vastatrix Berk. et Br.) não apresentaram efeito fitotóxico.

Os resultados deste trabalho apresentam boas perspectivas para o controle da evaporação nas aplicações terrestres com aparelhos do tipo **canhão**, e principalmente nas aplicações aéreas.

REDUCTION OF DROPLET EVAPORATION

SUMMARY

This paper refers to the research of techniques for the measuring evaporation of droplet under laboratory controlled conditions. One aims to select chemical evaporation suppressors for further practical usage.

Four chemical compounds mixed with the spray mixture were investigated and the evaporation speeds were compared with that of pure water.

Out of the four, only the O.E.D. (particularly indicated for spraying) performed satisfactory results, reducing evaporation rate about thirty times. So its use land wide swath air blast sprayer as well as in aerial spraying may have a good chance to succeed.

BIBLIOGRAFIA

1. AKENSON, N.B. & YATES, W. E. Problems relating to application of agriculture chemicals and resulting drift residues. *Ann. Rev. Entomology*, 9:285-318, 1964.
2. AMSDEN, R. C. Reducing the evaporation of sprays. *Agric. Aviation*, 4:88-93, 1962.
3. BEHLEN, W. "Synergid 3" an invention of particular value to agricultural aviation. *Agric. Aviation*, 10(3):84-86, 1968.
4. CUNNINGHAM, R. T.; BRANN Jr. J. L. & FLEMING, G. A. Factors affecting the evaporation of water from droplets in airblast spraying. *J. econ. Ent.*, 55(2):192-199, 1962.
5. GOERING, C. E.; BODE, L. E. & GEBHARDT, M. R. Mathematical modeling of spray droplet deceleration and evaporation. *Transactions of the ASAE*, 15:220-225, 1972.
6. MAKSYMIAK, B. & NEISESS, J. Physical properties of *Bacillus thuringiensis* spray formulations. *J. econ. Entomology*, 68(3):407-410, 1975.
7. MAAS, W. U L V application and formulation techniques. Amsterdam, N. V. Philips — Duphar — Crop protection Division, 1971. 165p.
8. SAYER, H. J. Insecticide formulations for locust control. Asmara, Ethiopia, DLCO.
9. WILLIAMSON, R. E. & THREADGILL, E. D. A simulation for the dynamics of evaporating spray droplets in agricultural spraying. *Transactions of the ASAE*, 17:254-261, 1974.