

REVISTA DE AGRICULTURA

Cx. Postal 60
13400 Piracicaba
Est.S.Paulo-Brasil

Diretores

Prof. Dr. F. Pimentel Gomes
Prof. Dr. Luiz Gonzaga E. Lordello

Conselho Editorial

Prof. Dr. Evôneo Berti Filho
Prof. Dr. Hilton Tadeu Z. do Couto
Profª Drª Marli de Bem Gomes

Vol. 64

JUNHO/1989

Nº 1

**ESTUDO DE DINÂMICA DE PULVERIZAÇÃO ELETROSTÁTICA
EM CULTIVO DE AMENDOIM**

Julio Cesar Galli¹
Antonio Carlos de Arruda²

INTRODUÇÃO

A eletrohidrodinâmica (em emprego de energia eletrostática) tem sido utilizada ultimamente para a aplicação de agrotóxicos em ultra baixo volume. O processo tem como característica produzir gotas muito pequenas e uniformes, o que possibilita aplicação de UBV com formulação em óleo, que proporciona mínima evaporação e maior permanência na folhagem.

O mecanismo é baseado na aplicação de forças eletrostáticas. A pulverização eletrohidrodinâmica fragmenta o líquido em gotas que são carregadas eletricamente. Uma carga elétrica de cerca de 25 KV é fornecida ao bico

¹ UNESP, Jaboticabal, SP

² Ex-Estagiário

pulverizador e a calda de inseticida concentrado que passa por este (com auxílio exclusivamente da gravidade), recebendo 25 KV é fragmentada em gotas carregadas. Portanto, a calda que sai do bico na forma de veia líquida é transformada em gotículas graças apenas à corrente elétrica. O pulverizador não possui pressão hidráulica para a produção de gotas. Não possui nenhuma peça móvel e é, portanto, revolucionário em termos de tecnologia de pulverização. As gotículas formadas são carregadas eletricamente e por conseguinte serão atraídas para as folhas. O envolvimento da planta pelas gotas deve ser favorecido uma vez que as gotas com cargas elétricas contrárias se repelem (não há portanto superposição de gotas) e, como existe atração pela planta que está aterrada, estas gotas tendem a se depositar mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de deriva com o vento (efeito envoltório). A alta velocidade das gotas combinada com a performance do fluxo curvilíneo destas e constituição oleosa possibilita uma melhor retenção de gotículas nas folhas, o que pode favorecer o poder residual da aplicação.

Devido a calda (na forma de gotículas) ser atraída pela planta (alvo mais próximo ao bico pulverizador), quase não ocorre deposição no solo, diminuindo muito a poluição ambiental. Sendo a calda inseticida formulada em óleo, as gotas menores não volatilizam. As gotículas ao serem propelidas eletricamente formam fluxos curvilíneos com consequente penetração na planta, atingindo as superfícies superiores e inferiores das folhas, os ramos e os frutos, dependendo do porte e da estrutura da planta. Conforme o formato, volume e distribuição das folhas, a deposição é alterada e muitos testes ainda estão sendo feitos com objetivo de determinar as culturas mais viáveis para este processo de aplicação. Ensaios com inseticidas em cultivo de algodão (MORTON, 1982), mostraram uma retenção 2,5 vezes maior com gotas eletrificadas quando comparadas com gotas de igual tamanho produzidas por bicos rotativos CDA que também pulverizam em ultra baixo volume.

A utilização de corante fluorescente como calda pulverizada (STANILAND, 1960; MAPOTHER, 1967; PEREIRA, 1967; BYASS, 1969; HIMEL, 1969; STAFFORD et alii, 1970; SHARP, 1974, 1976; MORTON, 1982; GALLI et alii, 1985; GALLI & NAKANO, 1986a; GALLI & PARANHOS, 1988), com posterior observação em "luz negra", possibilita o estudo da cobertura ou deposição das gotículas nas folhas e tem sido objeto de estudo para muitos pesquisadores, principalmente na área da eletrohidrodinâmica.

Muito embora a viabilidade do uso de força eletrostática para aplicação de pós secos seja conhecida desde 1947, segundo trabalhos de Hampe citados por COFFEE (1979), apenas recentemente este sistema tem sido empregado para pulverização. Neste sentido, diversos trabalhos têm sido aplicados ultimamente com o intuito de desenvolver este novo processo de aplicação de inseticidas. Diferentes projetos de pulverizadores eletrostáticos ou eletrohidrodinâmicos têm sido desenvolvidos por CARLTON (1968), HOPKINSON (1974), GARROZ & KELLER (1978), LAW (1978) e COFFEE (1979, 1980).

No Brasil, o controle de pragas em cultivos anuais, pelo processo de pulverização eletrohidrodinâmica, tem sido motivo de estudo para diversos pesquisadores (CHAIN, 1984; GUARIGLIA & SMITH, 1984; SIQUEIRA et alii, 1984; GALLI & NAKANO, 1985, 1986a, 1986b; GALLI & PARANHOS, 1988).

O objetivo principal do presente trabalho, foi estudar o desempenho do pulverizador eletrohidrodinâmico "Electro-dyn" sobre um cultivo de amendoim, empregando-se corante fosforescente como calda pulverizada, em diferentes metodologias, possibilitando a análise da cobertura ou deposição de gotículas nas folhas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Ento

mologia e Nematologia da FCAV-UNESP em Jaboticabal - SP, com cultivar Tatu 50, no ano agrícola 1984/85. A sementeira, tratorizada, em Latossol Vermelho Escuro - fase arenosa, série Santa Teresa, foi feita no dia 22/09/84, no espaçamento de 0,60m entre linhas e com uma densidade de cerca de 25 sementes por metro linear de sulco. A adubação foi realizada junto com a sementeira. Durante o desenvolvimento da cultura fizeram-se capinas, para manter o experimento livre da competição de ervas daninhas.

O desempenho do aparelho, de acordo com o método de pulverização empregado sobre as plantas de amendoim, foi analisado com o emprego de corante "Uvitex" como calda pulverizada, especialmente elaborada para este fim pela I.C.I., possibilitando a análise da deposição das gotículas nas folhas. Para o aplicador Electrodyn, o produto químico é formulado especialmente para esse tipo de aplicação, sendo fornecido em depósito de 1,0 litro com o bico pulverizador acoplado. Existem três modalidades de bico (que foram testados) de acordo com a vazão, quais sejam: a) bico branco, 1,8 ml/min; b) bico amarelo, 3,0 ml/min; c) bico azul, 6,0 ml/min. Portanto, na velocidade de trabalho de 1 m/segundo estes bicos têm um gasto de calda em 1/ha de 0,5; 8,33 e 1,66, respectivamente. Empregou-se o corante fosforescente Uvitex formulado pela I.C.I. especialmente para estudo desta modalidade.

Fizeram-se observações da cobertura com corante em 4 estágios de crescimento do amendoimzeiro. Nos estágios 1 e 2 (plantas aos 20 e 34 dias da germinação, respectivamente) o aparelho era posicionado com o bico a 15 cm de altura sobre o topo da planta. Tal altura foi determinada em função de testes preliminares e observação de trajetória das gotículas pulverizadas. As demais aplicações (estágios 3 e 4 quando as plantas tinham 50 e 77 dias respectivamente, a contar da germinação) foram feitas na entre linha na altura do topo da planta. As posições de coleta de folhas foram: a) Estágio 1 (planta com 20 cm de altura): posição 1, metade superior da planta; posição 2, metade inferior; b) Estágio 2 (plan-

ta com 32 cm de altura): posição 1, região do topo da planta; posição 2, região lateral e baixeiro; posição 3, região lateral oposta (baixeiro); c) Estágio 3 (planta com 40-45 cm de altura): posições 1, 2 e 3 de modo igual ao estágio anterior; d) Estágio 4 (planta com 60 cm de altura): posição 1, região do topo da planta; posição 2, região central; posição 3, região do colo; posição 4, extremidade lateral da planta.

Todas as pulverizações foram efetuadas com velocidade de 1 m/segundo em condições de ausência total de vento. Cada tratamento foi efetuado em 5,0 m lineares, com auxílio de cronômetro. Imediatamente após cada aplicação, coletaram-se 10 folhas de cada posição da planta, as quais eram trazidas para laboratório e analisadas sob "Luz negra". A observação constava de contagem, com auxílio de um vazador de 1 cm², do número de gotas por centímetro quadrado em três posições distintas em cada face da folha bem como da porcentagem da área foliar coberta em ambas as faces da folha. Com estes dados calculou-se um Índice de cobertura I.C. = (% área foliar coberta em uma face da folha x nº médio de gota/cm², considerando as 3 posições) : 100. Para facilidade de contagem, eram registradas quantidades de gotas/cm² de 0 a 50 no máximo (representando I.C. de 0 a 50). Os índices obtidos foram analisados em histogramas para cada método de aplicação. Determinou-se a área foliar do amendoineiro para cada estágio considerado, coletando-se 7 plantas de cada estágio e aplicando-se planímetro de precisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pulverizador eletrohidrodinâmico Electrodyn mostrou performance satisfatória no ensaio de cobertura de gotas, considerando o estágio inicial do cultivo do amendoim. No estágio 1 (planta com 20 dias, 2,64m² de folha), observa-se no quadro 1 e figura 1 uma boa deposição de gotas para todos os bicos (volumes) testados. Praticamente não houve diferença quanto a posição de

Quadro I - Índice de cobertura (média de 10 folhas) em 4 estágios de crescimento do amendoazeiro. Jaboticabal, 1984/85.

Estágios	Bico Branco ^a			Bico Amarelo ^a			Bico Azul					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 A 15 cm do topo	50,0/49,8	49,5/26,7	-	-	41,8/36,2	45,8/36,3	-	-	50,0/42,8	47,0/22,8	-	-
2 A 15 cm do topo	50,0/36,6	0,8/0,2	35,8/5,9	-	50,0/42,0	5,5/0,6	40,9/28,2	-	48,3/26,6	17,5/0,3	46,3/7,1	-
3 A 15 cm do topo	50,0/45,3	2,8/0,2	15,0/4,1	-	50,0/48,7	0,0/0,0	0,0/0,1	-	38,7/17,5	0,3/0,0	35,1/10,1	-
3 Na entrelaçada	0,1/10,0	45,3/6,7	22,3/0,2	-	33,7/27,3	50,0/36,1	45,8/31,8	-	35,2/10,3	50,0/25,1	41,0/15,1	-
4 Na entrelaçada	50,0/50,0	32,2/9,0	4,6/0,1	48,2/37,1	42,1/42,3	37,3/1,8	9,7/0,2	48,5/43,2	45,4/31,3	42,0/1,3	6,2/0,1	50,0/4

^a Bico branco, amarelo e azul com volumes de aplicação de 0,50 l/ha, 8,33 l/ha e 1,66 l/ha, respectivamente. Os Bicos posicionados na altura do topo.

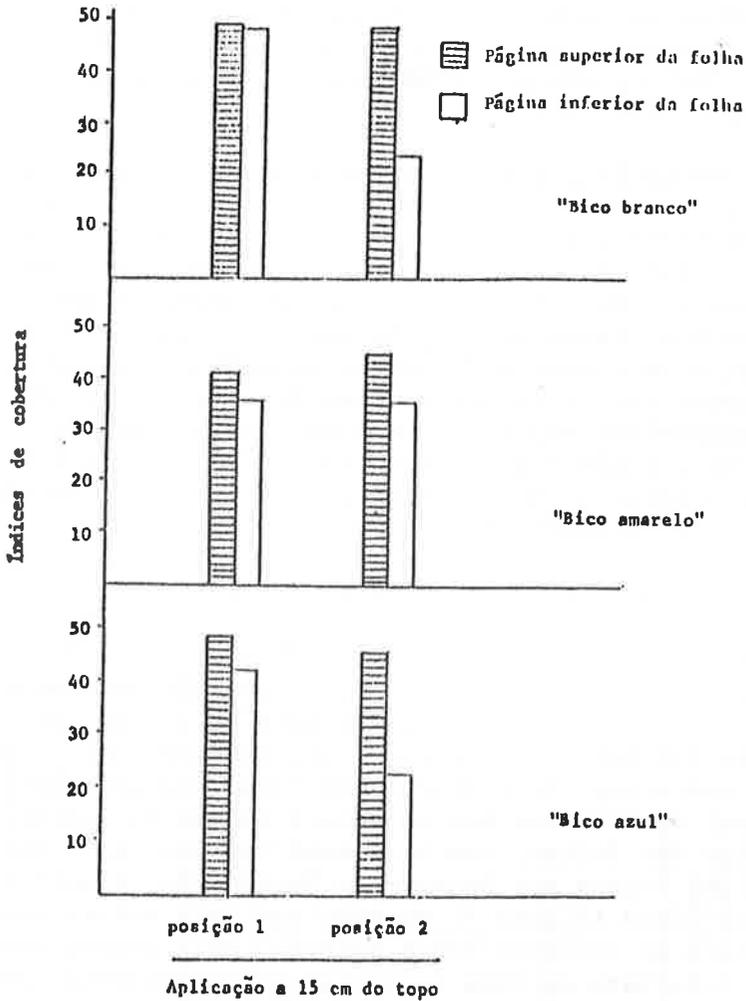


Figura 1. Índices de cobertura (média de 10 folíolos) no 1º estágio (planta com 20 dias, 2,64 m² de folha). Jaboticabal, 1984/85.

coleta de folha na planta, exceto uma menor cobertura na página inferior das folhas do baixeiro nos bicos branco (índice 24,7) e azul (índice 22,8). As deposições de gotas nas superfícies inferiores das folhas, de certa forma confirmam o "efeito envolvente" ou "efeito envoltório" citado por MORTON (1982) para pulverização com o Electrodyn.

No estágio 2 (planta com 34 dias, 8,38 m² de folha), observa-se no quadro I e figura 2 que houve uma maior cobertura na página superior em relação à inferior e que os bicos testados tiveram uma performance semelhante. No topo da planta a cobertura geralmente foi muito boa, tanto na página superior como na inferior, o mesmo acontecendo no baixeiro da planta nas páginas superiores das folhas da posição 3. Quanto à cobertura na superfície inferior, esta foi apenas regular sendo que na posição 2 do amendoineiro a cobertura foi quase nula, exceto a cobertura da página superior obtida com bico azul (índice 28,2).

Quando comparadas as aplicações 15 cm do topo com as aplicações na entre-linha, no 3º estágio (planta com 50 dias, 10,91 m² de folha), pelo quadro 1 e figura 3 nota-se que a aplicação a 15 cm do topo proporcionou uma boa cobertura de gotas apenas para as folhas do ponteiro do amendoineiro (posição 1), sendo que na posição 2 a cobertura foi praticamente nula e na posição 3 (baixeiro) ocorreu uma boa cobertura apenas na superfície superior das folhas, com bico azul (volume de aplicação de 1,66 litros por hectare). Entretanto, a aplicação na entre-linha (figura 4) mostrou ser mais viável quando a cultura se encontra neste estágio, pois proporcionou uma boa cobertura em toda a planta, principalmente considerando as superfícies superiores das folhas. Apenas o bico branco de menor vazão (volume de aplicação de 0,5 litros por hectare) mostrou índices de cobertura inferiores, principalmente nas posições 1 e 3.

Quadro II - Área foliar (m^2) de 4 estágios de crescimento do amendoineiro empregado nos ensaios. Jaboticabal, 1984/85.

Planta	Estágios			
	1 (23/10/84) Planta c/20 dias* altura = 20cm	2 (06/11/84) Planta c/14 dias altura = 32cm	3 (22/11/84) Planta c/50 dias altura = 40-45cm	4 (19/12/84) Planta c/77 dias altura = 60cm
1	2,58	11,47	5,87	26,88
2	1,75	7,75	15,20	26,21
3	2,43	6,78	9,05	15,00
4	3,57	6,68	13,15	13,49
5	2,65	6,74	8,28	23,63
6	4,07	10,06	14,23	10,94
7	1,96	8,90	10,67	16,41
8	2,13	9,60	-	-
9	-	7,97	-	-
10	-	7,84	-	-
Média	2,64	8,38	10,91	18,93

* Dias a contar da germinação.

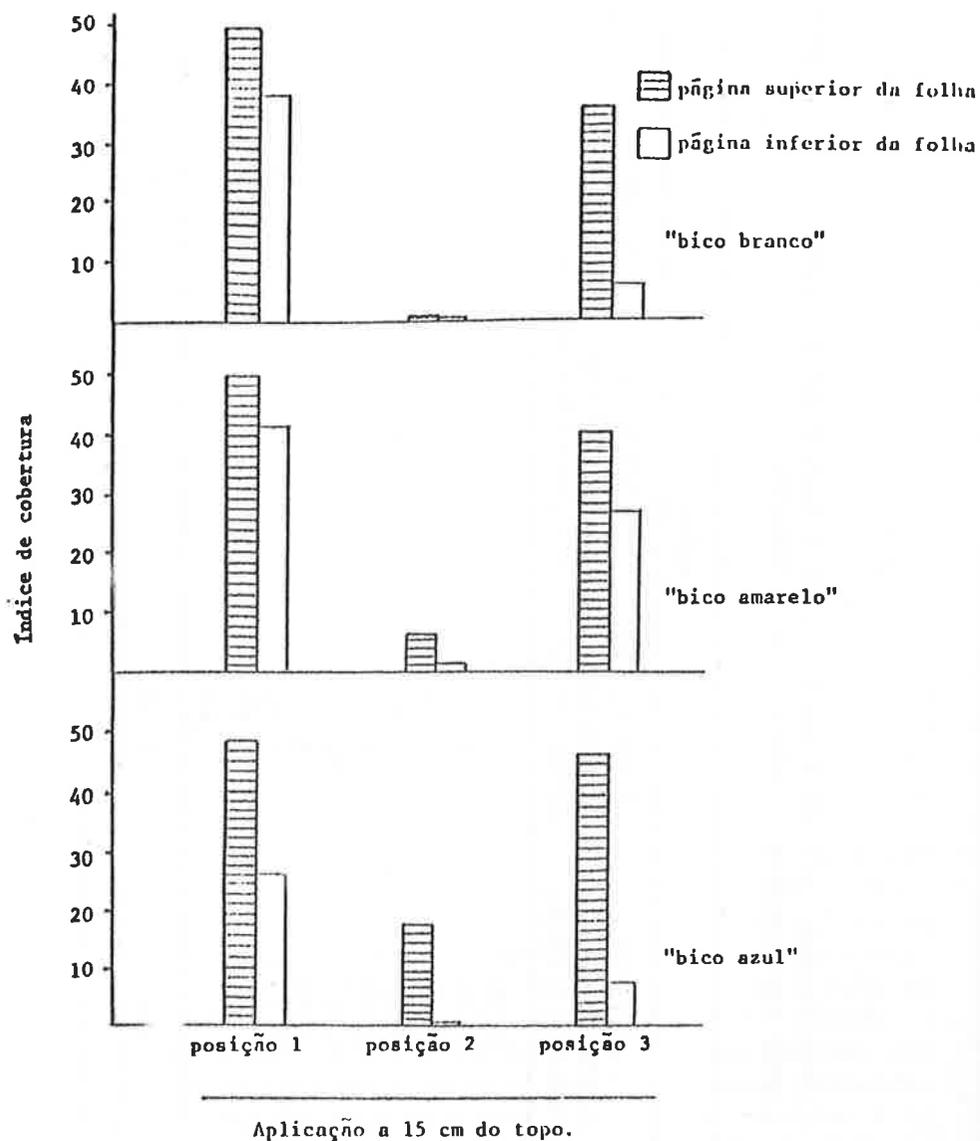


Figura 2. Índices de cobertura (média de 10 folíolos) no 2º estágio (planta com 34 dias, 8,38 m² de folha). Jaboticabal, 1984/85.

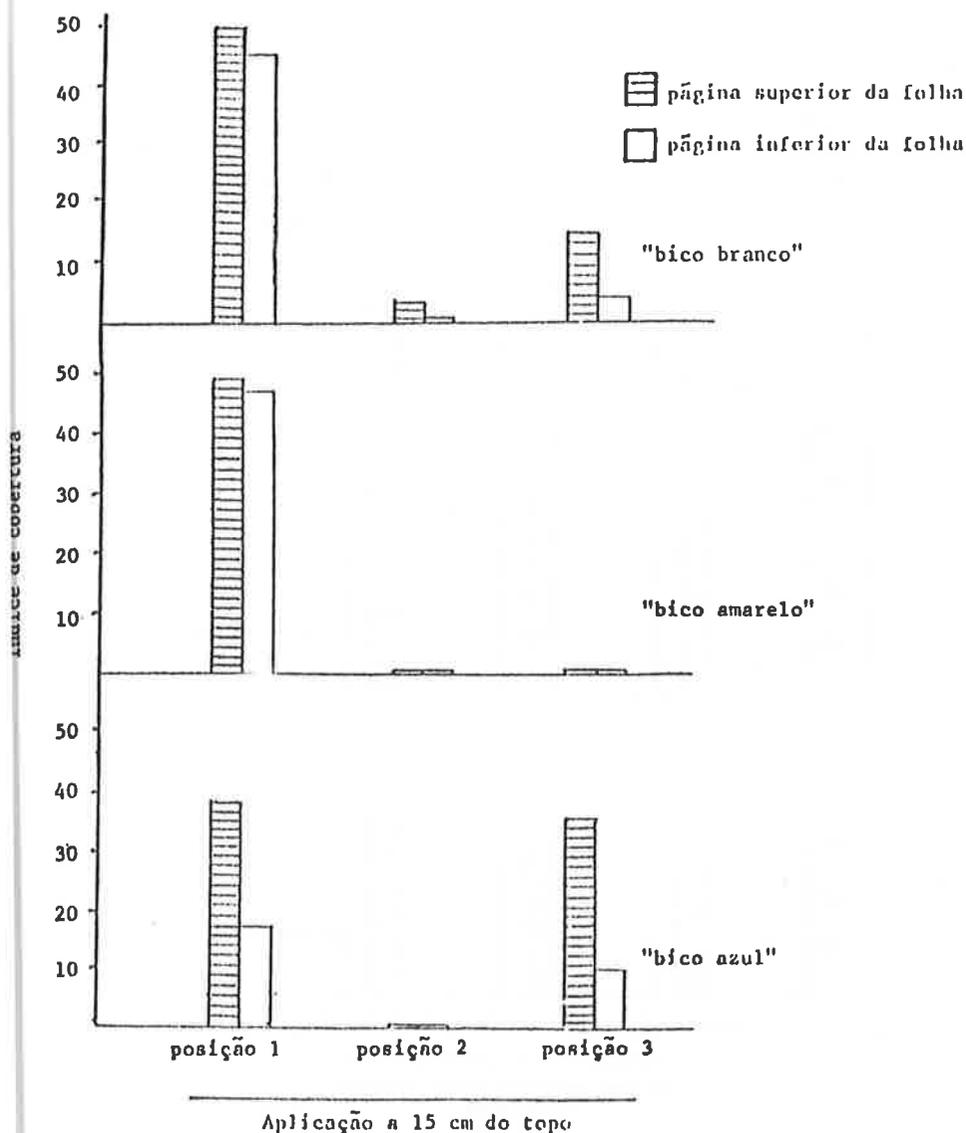


Figura 3. Índices de cobertura (média de 10 folíolos) no 3º estágio (planta com 50 dias, 10,91m² de folha). Jaboticabal, 1984/85.

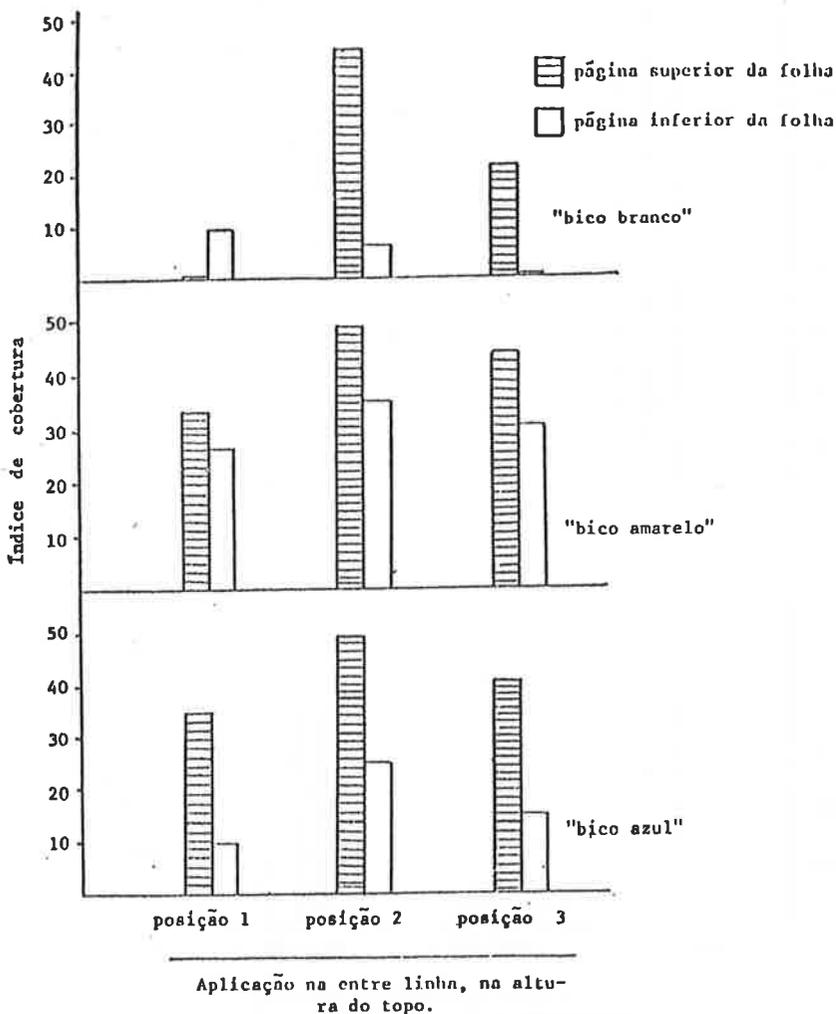


Figura 4. Índices de cobertura (média de 10 folíolos) no 3º estágio (planta com 50 dias, 10,91 m² de folha). Jaboticabal, 1984/85.

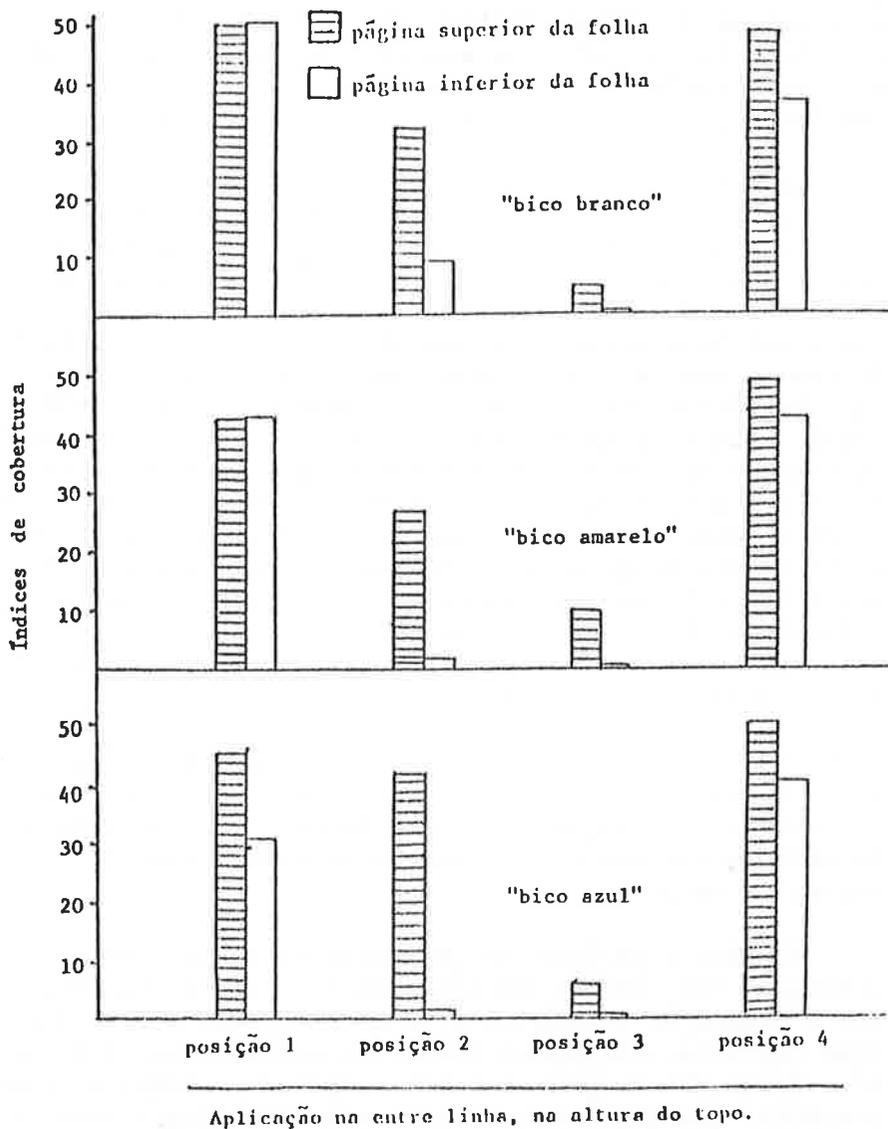


Figura 5. Índices de cobertura (média de 10 folíolos) no 4º estágio (planta com 77 dias, 18,93 m² de folha). Jaboticabal, 1984/85.

É possível constatar, ainda, que o "efeito envolvente" anteriormente citado diminui com o crescimento da área foliar do amendoineiro, uma vez que as diferenças entre as posições são bem mais acentuadas nos estágios de crescimento mais avançados, ocorrendo então menor deposição nas páginas inferiores das folhas.

Os resultados de cobertura de gotas permitem concluir sobre a necessidade de se alterar o método de aplicação quando a cultura atinge o estágio 3 (planta com 50 dias a contar da germinação, 10,91 m² de folha e 40-45 centímetros de altura), ou seja, deve-se passar a aplicar com o bico posicionado na entre-linha e na altura do topo e não mais a 15 cm de altura por sobre a planta. Resultados semelhantes foram obtidos por MORTON (1982) e GALLI & NAKANO (1986a) em cultivo de algodão, empregando-se a mesma velocidade de aplicação (1 m/segundo) e com metodologia muito parecida. Cabe ressaltar que se esta velocidade for diminuída, deverá ocorrer uma maior deposição de gotas. Embora não se conheça qual seria a distribuição da deposição com aplicação em menor velocidade, tal aspecto deve ser considerado em futuros ensaios visando aumentar ainda mais a cobertura de gotas, mesmo em decorrência do rendimento operacional. Algumas características da variedade empregada, ou da condição física do cultivo, tais como altura da planta, desenho estrutural, densidade foliar, vigor, espaçamento, número de plantas por metro linear, etc., poderão ainda influenciar bastante nestes resultados, podendo ser motivo de novos testes.

Durante o período em que foram feitos os estudos de cobertura com corante fosforescente, procurou-se observar a deposição também no solo e em algumas ervas daninhas rasteiras das entre-linhas do cultivo. Concluiu-se, através de observações durante a noite com lâmpada fluorescente, que quase toda a aplicação fica depositada na planta do amendoineiro e que é mínima a deposição de gotas em ervas daninhas, fato de importância econômica e ecológica.

CONCLUSÕES

O aplicador eletrostático foi satisfatório no ensaio de cobertura de gotas, embora as superfícies inferiores das folhas do amendoineiro tenham recebido menores índices de cobertura do que as páginas superiores. A cobertura foi visivelmente melhor nos estágios iniciais do cultivo. Para plantas com até 32 cm de altura (8,38 m² de folhas) as aplicações com o pulverizador Electrodyn devem ser feitas por sobre a linha de planta a 15 cm do topo da planta; para plantas com mais de 40 cm de altura (10,91 m² de folha) deve-se aplicar com o bico posicionado na entre-linha e altura do topo, visto que aplicações por sobre a planta não são efetivas a partir deste estágio.

RESUMO

O presente experimento foi desenvolvido no Departamento de Entomologia e Nematologia da FCAVJ-UNESP, Jaboticabal, SP, com cultivar de amendoim Tatu 50 durante 1984/85. O desempenho do aplicador eletrostático Electrodyn foi estudado com pulverização de corante fosforescente de acordo com o procedimento de pulverização sobre 4 estágios de crescimento do cultivo. As principais conclusões obtidas foram: O aplicador eletrostático foi satisfatório no ensaio de cobertura de gotas, embora as superfícies inferiores das folhas do amendoineiro tenham recebido menores índices de cobertura do que as páginas superiores. A cobertura foi visivelmente melhor nos estágios iniciais do cultivo. Para plantas com até 32 cm de altura (8,38 m² de folhas) as aplicações com o pulverizador Electrodyn devem ser feitas por sobre a linha de plantas a 15 cm do topo da planta; para plantas com mais de 40 cm de altura (10,91 m² de folha) deve-se aplicar com o bico posicionado na entre-linha e altura do topo, visto que aplicações por sobre a planta não são efetivas a partir deste estágio.

SUMMARY

STUDIES ABOUT DYNAMICS OF ELECTROSTATIC
SPRAY ON PEANUT PLANTS

Experiments about dynamics of electrostatic spray (with Electrodyn CDA-LVC) were conducted at FCAV - UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brazil, on peanut crop. This study was carried out with 'Tatu 50' peanut variety during 1984 / 85 to determine, for different Electro dyn nozzles, some spray parameters such as the type and rate of plant coverage and droplet density. The performance of Electrodyn sprayer, in different spray procedures over 4 growth stages of peanut plants, was studied using fluorescent dye technique. The results allowed the following conclusions: a) The Electrodyn sprayer performed fairly well in the droplet coverage trial. Coverage index of under surface of leaves was always lower than the index for upper surface coverage in all the situations and growth stages studied. Nevertheless these indexes were considerable, mainly at the initial growth stages of the crop; b) For plants up to 32 cm in height (8.38 m² of leaf surface) the spray with Electrodyn should be carried out at 15 cm over the plant; for plants higher than 40 cm (10.91 m² of leaf surface) the nozzle should be carried at the plant height between rows because nozzle positioning over plant is not effective from this growth stage on.

LITERATURA CITADA

BYASS, J.B., 1969. Equipment and methods for orchard spray application research. III: The measurement of spray deposits on leaves using light from fluorochromes on the surface. *J. Agric. Engin. Research* 14 (1): 78-88.

CARLTON, J.B., 1968. Electrostatic charging sprays. *Farm. Chemicals* 131(8): 40-42.

- CARROZ, J.W. & P.N. KELLER, 1978. Electrostatic induction parameters to attain maximum spray charge. **Transactions of the ASAE** 21(1): 63-69.
- CHAIN, A., 1984. **Desenvolvimento de um protótipo de pulverizador eletrohidrodinâmico - Avaliação de seu comportamento na produção de gotas e controle de trips do amendoim**, Jaboticabal, FCAV-UNESP, 95p. (Dissertação de Mestrado).
- COFFEE, R.A., 1979. Electrodynamic energy: a new approach to pesticide application. In: **British Crop Pest Conf. Pest. and Diseases**, s.l., 10p.
- COFFEE, R.A., 1980. Electrodynamic spraying. In: **Spraying Systems for the 1980's**. Symp. held at Royal Holloway Coll., Surrey, 26-27 march, Proceedings, p.109-117 (Monografia, 24).
- GALLI, J.C. & O. NAKANO, 1985. Pulverização eletrohidrodinâmica no controle do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) em algodoeiro. **An. Soc. Entomol. Brasil.**, Porto Alegre, 14(1): 97-104.
- GALLI, J.C., O. NAKANO & A. CHAIN, 1985. Determinação do tamanho e densidade de gotas produzidas por pulverizador eletrohidrodinâmico. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, 60(2): 165-172.
- GALLI, J.C. & O. NAKANO, 1986a. Desempenho do pulverizador eletrohidrodinâmico em algodoeiro com emprego de corante fluorescente. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, 61(1): 71-86.
- GALLI, J.C. & O. NAKANO, 1986b. Viabilidade da pulverização eletrohidrodinâmica no controle do ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 21 (4): 369-373.

- GALLI, J.C. & M.G. PARANHOS, 1988. Analysis of performance of two equipment of spray (LVC Electrodyn and ULVA) for the pesticide application on tomato plants. In: **XVIII International Congress of Entomology**, Vancouver, B.C., Canadá, July 3 to 9 (Proceedings).
- GUARIGLIA, V.A. & R.K. SMITH, 1984. O pulverizador Electrodyn em algodão. In: IX Congresso Brasileiro de Entomologia, Londrina, PR. p.28.
- HIMEL, C.M., 1969. The fluorescent particle spray droplet tracer method. **J. Econ. Ent.** 62(4): 912-916.
- HOPKINSON, P.R., 1974. The prospects for enhance impaction of fine sprays by electrostatic charging. In: **British Crop. Pest. Council**, s.l., p.166-179 (monograph., 11).
- LAW, S.E., 1978. Embedded-electrode electrostatic induction spray charging nozzle: theoretical and engineering design. **Transaction of the ASAE** 21(6): 1096 - 1104.
- MAPOTHER, H.R., 1967. The assessment of spray cover by means of fluorescent tracer. **Kenya Coffee** 32: 194-196.
- MORTON, N., 1982. The 'Electrodyn' sprayer first studies of spray coverage in cotton. **Crop Protection** 1(1): 27-54.
- PEREIRA, J.L., 1967. Uses of fluorescent tracer for assessment of spray efficiency. **Kenya Coffee**, December, p.1-2.
- SHARP, R.B., 1974. Spray deposit measurement by fluorescence. **Pestic. Sci.** 5: 197-204.
- SHARP, R.B., 1976. Measurement of herbicide spray deposits on foliage by fluorescence. **Pest. Sci.** 7: 315-319.

- SIQUEIRA, D.F., L.A. MOREIRA & R.K. SMITH, 1984. Controle da broca do algodoeiro *Eutinobothrus brasiliensis* e lagarta rosada *Pectinophora gossypiella*. In: IX Congresso Brasileiro de Entomologia, Londrina, PR. p.6.
- STAFFORD, E.M., J.B. BYASS & N.B. AKESSON, 1970. A fluorescent pigment to measure spray coverage. *J. Econ. Entomol.* 63(3): 769-775.
- STANILAND, L.N., 1960. Field test of spraying equipment by means of fluorescent tracer technique. *J. Agric. Engin. Research* 5: 42-82.