


BICOS PULVERIZADORES: Estudo da Faixa de Deposição

LUIZ ANTONIO BALASTREIRE

ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Auxiliar de Ensino do Departamento
de Engenharia Rural da E. S. A.
«Luiz de Queiroz», da U. S. P.

Tese apresentada, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia, à Escola Superior
de Agricultura «Luiz de Queiroz», da Uni-
versidade de São Paulo.



Agosto de 1970
Piracicaba, Estado de São Paulo
BRASIL

A meus pais, espôsa e filha

AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos a:

. Prof. Dr. Luiz Geraldo Mialhe, Professor Assistente Doutor do Departamento de Engenharia Rural, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela orientação ao presente trabalho.

. Prof. Dr. Anivaldo Pedro Cobra, Professor Assistente-Docente do Departamento de Engenharia Rural, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelas sugestões apresentadas e pelo estímulo sempre presente.

. Engenheiro Agrônomo Cássio Roberto de Melo Godoi, Auxiliar de Ensino do Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela programação dos dados e sugestões apresentadas.

. Sr. Erik Andersen, Artífice do Departamento de Engenharia Rural, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelo auxílio na montagem do equipamento.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DAS FIGURAS.....	i
TABELA DE NOTAÇÕES.....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Ensaio Preliminares.....	16
3.1.1 Material.....	16
3.1.2 Métodos.....	22
3.2. Ensaio de Bicos Projetados para faixa de Deposição Contínua.....	29
3.2.1 Material.....	29
3.2.2 Métodos.....	33
3.3 Ensaio de Bicos Associados em Barra....	34
3.3.1 Material.....	34
3.3.2 Métodos.....	36
4. RESULTADOS.....	39
4.1 Ensaio Preliminares.....	39
4.2 Ensaio de Bicos Projetados para Faixa de Deposição Contínua.....	44
4.3 Ensaio de Bicos Associados em Barra....	49
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	53
5.1 Análise e Discussão dos Ensaio Prelimi- nares.....	53
5.2 Análise e Discussão dos Ensaio de Bi- cos Projetados para Faixa de Deposição Contínua.....	62
5.3 Análise e Discussão dos Ensaio de Bi- cos Associados em Barra.....	68
6. CONCLUSÕES.....	70
7. RESUMO.....	73
8. SUMMARY.....	75
9. BIBLIOGRAFIA.....	77
9.1 Bibliografia Citada.....	77
9.2 Bibliografia Consultada.....	80
APÊNDICE 1.....	81
APÊNDICE 2.....	86
APÊNDICE 3.....	91

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura		Página
1 -	Diagrama de distribuição de bicos pulverizadores.....	6
2 -	Vista superior das pontas dos bicos utilizados nos ensaios preliminares.....	17
3 -	Vista frontal do equipamento utilizado nos ensaios preliminares.....	18
4 -	Vista frontal da unidade coletora utilizada nos ensaios preliminares.....	20
5 -	Vista frontal do suporte utilizado nos ensaios preliminares dos bicos.....	21
6 -	Vista frontal do equipamento utilizado nos ensaios de bicos projetados para faixa de deposição contínua.....	31
7 -	Vista lateral do suporte utilizado nos ensaios de bicos projetados para faixa de deposição contínua.....	33
8 -	Diagrama do circuito hidráulico de pressão; utilizado nos ensaios de bicos associados..	35
9 -	Gráfico contendo as curvas de deposição do bico 8002.....	56
10 -	Gráfico contendo as curvas de deposição do bico 8002 E.....	57
11 -	Gráfico mostrando o efeito de variação de pressão sobre as eficácias de distribuição dos bicos 8002 e 8002 E.....	58
12 -	Gráfico mostrando as variações da amplitude de uniformidade linear e largura da faixa de deposição dos bicos 8002 e 8002 E com a pressão de 2,8 kgf/cm ²	59
13 -	Gráfico mostrando as variações da amplitude de uniformidade linear e largura da faixa de deposição dos bicos 8002 e 8002 E com a pressão de 5,6 kgf/cm ²	60

Figura		Página
14 -	Gráfico mostrando o efeito das variações de altura sôbre a amplitude de uniformidade linear do bico 8002 E.....	61
15 -	Gráfico mostrando o efeito das variações de altura sôbre a amplitude de uniformidade linear do bico 8002.....	62
16 -	Gráfico mostrando o efeito das variações de altura sôbre a eficácia de distribuição volumétrica dos bicos 8004 E.....	65
17 -	Gráfico mostrando o efeito das variações de pressão sôbre a eficácia de distribuição volumétrica dos bicos 8004 E.....	66

TABELA DE NOTAÇÕES

A	- Amplitude de uniformidade.
A_l	- Amplitude de uniformidade linear.
A_{la}	- Amplitude de uniformidade do bico individual quando associado.
ASA	- American Standard Association.
A_v	- Amplitude de uniformidade volumétrica.
A_{va}	- Amplitude de uniformidade volumétrica do bico individual quando associado.
B	- Bico.
C	- Celsius.
CD	- Curva de deposição.
cm	- Centímetro.
cm^3/min	- Centímetro cúbico por minuto.
CV	- Cavalo vapor.
C.V.	- Coeficiente de variação.
c	- Largura da calha.
d	- Dentro.
dms	- Diferença mínima significativa.
E	- Designação usada pelo fabricante do bico, para faixa de deposição contínua.
E%	- Eficácia de distribuição.
$E_l\%$	- Eficácia de distribuição linear.
$E_{la}\%$	- Eficácia de distribuição linear do bico individual, quando associado.
$E_v\%$	- Eficácia de distribuição volumétrica.
$E_{va}\%$	- Eficácia de distribuição volumétrica do bico individual, quando associado.
F	- Designação do teste estatístico.
FD	- Faixa de deposição.
G.L.	- Grau de liberdade.
H	- Altura do bico.
I.V.	- Intervalo de variação.
kgf/cm^2	- Quilograma-fôrça por centímetro quadrado.
km/h	- Quilômetro por hora.

- L - Largura da faixa de deposição.
- lb/pol² - Libra por polegada quadrada.
- \hat{m} - Média do volume de líquido coletado por calha.
- \hat{m}_e - Média da eficácia de distribuição volumétrica do experimento.
- mm - Milímetro.
- N - Número de calhas que coletaram o líquido pulverizado.
- N_a - Número de calhas onde as vazões parciais dos bicos associados, são consideradas uniformes.
- N_u - Número de calhas onde as vazões parciais dos bicos individuais, são consideradas uniformes.
- Obs. - Observação.
- P - Pressão de trabalho do bico.
- % - Porcentagem.
- rpm - Rotações por minuto.
- s - Desvio padrão.
- s_e - Desvio padrão do experimento.
- Σ - Soma.
- T - Quantidade total de líquido coletado.
- Θ - Ângulo do jato produzido pelo bico.
- V - Volt.
- vs - Versus.
- X - Volume de líquido coletado em qualquer calha.
- X_a - Volume médio de líquido coletado por calha, na amplitude de uniformidade linear do bico individual quando associado.
- X_u - Volume médio de líquido coletado por calha, no trecho uniforme da faixa de deposição de bicos individuais.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de produtos químicos por via líquida, através de pulverizadores, constitui uma das formas mais comumente utilizadas de combate à pragas e moléstias. A eficácia dessa aplicação é de considerável importância econômica, pois de acordo com Carleton et al (1960), o custo dos produtos químicos utilizados anualmente nos Estados Unidos foi estimado em mais de 500.000.000 de dólares. Entretanto, o controle mais acurado das dosagens e da uniformidade de aplicação, através de melhores equipamentos, podem, segundo aqueles autores, reduzir de 5 a 10% a quantidade de defensivo necessária, resultando uma economia de 25.000.000 a 50.000.000 de dólares anuais.

Essa economia nas aplicações de defensivos por via líquida, através de pulverizadores, pode em grande parte ser conseguida por meio de critérios adequados na seleção do equipamento e sua utilização no campo.

A tendência atual de se fazer pulverizações a baixo e ultrabaixo volumes, torna a seleção desses equipamentos ainda mais crítica, e, segundo Bode et al (1963), a uniformidade de aplicação, o tamanho das gotas e as perdas por deriva são fatores que precisam ser considerados. Esses fatores dependem em grande parte do desempenho do órgão emissor de gotas, que no caso de pulverizadores é o bico de pulverização; dependem ainda das características do líquido pulverizado e das condições do meio ambiente, sob as quais as gotas formadas deverão atingir a superfície alvo de tratamento.

Considerando-se o sistema bico de pulverização*, líquido, superfície a ser tratada e meio ambiente, os três primeiros elementos são passíveis de maior controle. Em condições de campo, as variações do meio ambiente que interferem no desempenho do sistema, dentre as quais se inclui o vento, exigem na maioria das vezes uma adaptação da técnica de aplicação a elas, dado a impraticabilidade de se atentar para o seu controle. Isso não ocorre com os elementos bico e líquido cujas características poderão ser pré-estabelecidas de modo a proporcionar uma análise mais segura do seu desempenho.

Cabe ainda salientar a discutível importância do tamanho de gotas como um fator a ser considerado no desempenho geral de sistemas de pulverização, não obstante o fato de ele ser representativo, no caso de pulverizações muito particularizadas em que as superfícies de deposição constituem-se de planos dispostos ao acaso no espaço considerado.

Em condições de campo, os ventos e outros fatores interferentes relacionados com variações do meio ambiente, exigem na maioria das vezes uma conciliação das técnicas de aplicação às condições vigentes, dado a impossibilidade de controlá-los.

(*) Doravante designado simplesmente por bico.

Admitindo-se que as variações do meio ambiente e da superfície sejam constantes, a uniformidade de aplicação se evidencia como o fator representativo e íntimamente relacionado com o desempenho dos elementos bico e líquido.

O objetivo dêste trabalho é procurar individualmente e em condições de laboratório, estabelecer parâmetros representativos da uniformidade de aplicação de determinados bicos, utilizando-se água como elemento líquido, sob o efeito de diferentes pressões e distâncias da superfície a ser tratada. Para os bicos que possuírem características de desempenho iguais, será examinada a maneira de associá-los numa barra de pulverização, para obtenção de uma faixa de deposição uniforme, de características conhecidas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os métodos de análise do comportamento funcional de bicos são vários. Segundo Shanks & Paterson (1952), o primeiro trabalho nêsse sentido foi executado por Riley, em 1909, que construiu um equipamento onde uma fôlha de papel era colocada sob uma cortina móvel provida de fenda, através da qual passava o jato do bico. As gôtas formadas a partir de um líquido colorido eram coletadas sôbre o papel, formando figuras representativas de sua distribuição. A partir dêste trabalho, inúmeros outros foram realizados empregando diferentes métodos de ensaios.

French (1942), num estudo sôbre pulverizadores, realizou vários ensaios de bicos utilizados em pistolas para pulverização de pomares. Seu objetivo era verificar o efeito da pressão sôbre o alcance e a distribuição do jato. A pistola de pulverização, montada horizontalmente, dirigia o jato sôbre um conjunto de recipientes, igualmente afastados entre si. Os

pontos onde a maior quantidade de líquido foi coletada em cada ensaio, o autor denominou de ponto de máxima quantidade. Para duas condições de regulagem do bico e variações de pressão desde 200 até 1.000 lb/pol², a distância entre o bico e os pontos de máxima quantidade variou de cêrca de 2,40 a 10,50 metros, respectivamente.

Barger et al (1948) ao estudarem a aplicação de 2,4 D no contrôle de ervas daninhas em milho e sorgo, observaram que o perfeito contrôle da dosagem constitui um dos principais problemas. Para ensaiar os bicos utilizaram uma chapa corrugada, de 4 x 6 pés com calhas de 2,7 polegadas de largura, montada em posição inclinada, permitindo dividir o jato do bico em faixas estreitas e coletar o líquido em provetas graduadas. Os bicos foram dispostos de maneira que seus jatos, fossem interceptados pelas calhas a alturas variáveis desde 12 até 48 polegadas. Os ensaios incluíram variações de ângulo do leque, de ângulo do bico e de espaçamento entre êles, na barra de pulverização. O posicionamento ideal foi encontrado para aplicação de 2,4 D em milho e sorgo para um conjunto de dois bicos de jato em leque de 80°, espaçados de 40 polegadas, a uma altura de 14 polegadas.

Segundo Akesson & Harvey (1948), os bicos de jato em leque, são os que oferecem as melhores condições para uma cobertura uniforme da área a ser tratada e não requerem pressões elevadas para um bom desempenho. Pressões máximas de 100 a 125 lb/pol² são mais adequadas que pressões mais altas e apresentam certas vantagens, tais como menor custo dos pulverizadores e menor efeito de deriva, cuja ocorrência está associada ao tamanho das gôtas. A penetração e a distribuição das gôtas, para um dado bico, dependem da pressão. Os autores demonstraram, através de um diagrama de distribuição, que a altura do bico sôbre a superfície a ser tratada, depende do ângulo do jato e do espaçamento entre os bicos, para se obter cobertu

ra simples uniforme e o dôbro daquela altura, para obtenção de cobertura dupla uniforme, através da sobreposição de metade da faixa de deposição de cada bico. O diagrama representando as duas situações descritas pode ser observado na Figura 1.

Fairbanks (1951) para estudar a distribuição das gô-tas de pulverizações produzidas por bicos, construiu um equipa

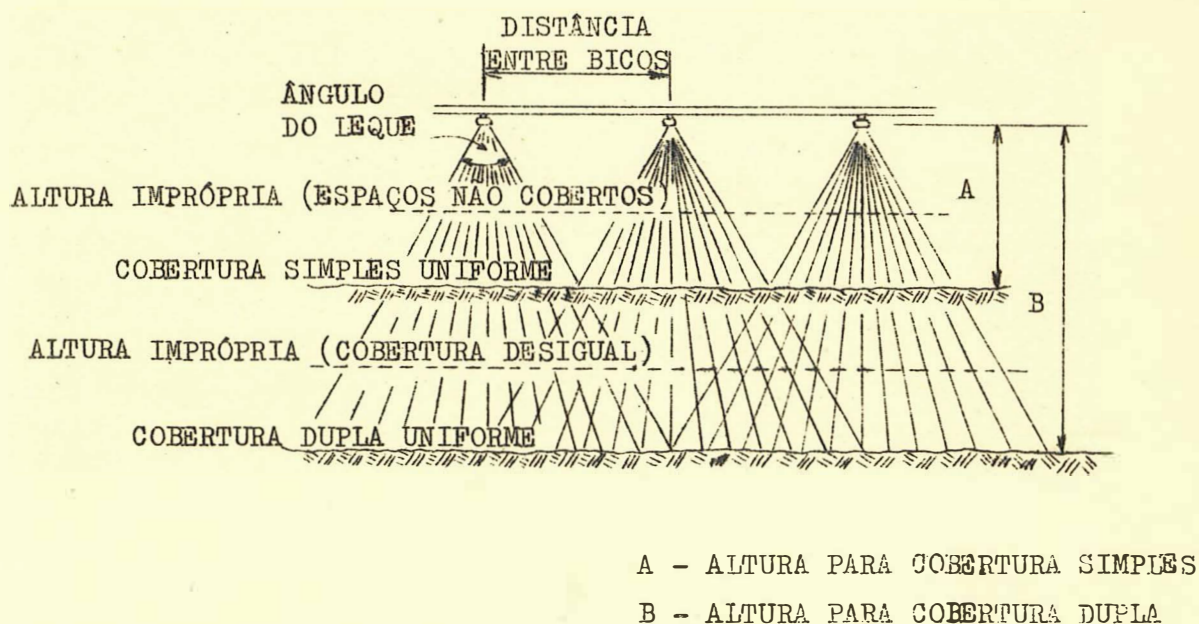


Figura 1. Diagrama de distribuição de bicos pulverizadores com jato em forma de leque, mostrando espaçamento e altura dos bicos na barra, para obtenção de uma cobertura uniforme. Segundo Akesson & Harvey (1948).

mento de ensaio constituído por uma bomba convencional, acionada por motor elétrico, e um circuito de distribuição de líquido colorido sob pressão a quatro bicos. As faixas de deposição dos bicos eram registradas sobre folhas de papel branco fixadas numa plataforma móvel. Os bicos situavam-se numa altu-

ra de 20 polegadas e a velocidade de deslocamento da plataforma era de 3,48 milhas por hora. O espaçamento utilizado, julgado padrão, foi de 20 polegadas. Os resultados obtidos mostraram que o aumento de pressão provocou um acréscimo na largura da faixa de deposição e na dosagem de aplicação, expressa em termos de quantidade de líquido colorido aplicado por unidade de área. Das alturas ensaiadas, o autor recomenda a de 20 polegadas, bem como rodas estabilizadoras para barra de pulverização longas. Outros fatores considerados importantes são os ventos, as oscilações da barra de pulverização, a velocidade de deslocamento e a desuniformidade na mistura do princípio ativo com o veículo utilizado.

Brittain et al (1955) desenvolveram um método de titulação para avaliação quantitativa dos depósitos de inseticidas que continham cobre, sobre as folhas das plantas. O método provou ser rápido, barato e simples. Sua desvantagem além de versatilidade e sensibilidade limitadas, era a não obtenção de informações sobre a uniformidade de cobertura.

Holly citado por Nordby (1968) verificou que bicos com jato em leque, de mesma vazão, apresentam diferenças de distribuição para uma mesma pressão de trabalho. Através de um dispositivo de chapa corrugada, semelhante ao de Barger et al (1948), o autor determinou para bicos de jato em leque, as vazões parciais da seção média do jato cuja soma abrangia cerca de 80% da vazão total. Esses dados foram utilizados para o cálculo da estimativa da variância da média entre as repetições e de seu coeficiente de variação, para cada ponto considerado da seção do jato. O autor, colocando num gráfico os coeficientes de variação em função da posição onde as medidas das vazões parciais foram tomadas, pôde comparar a variação na distribuição do líquido pulverizado por bicos individuais. Para bicos de latão com jato em leque, de mesma fabricação e tipo, encontrou coeficientes de variação de 17,0 a 24,2% com

pressão de 30 lb/pol², altura de 45 centímetros e vazão total 0,32 litros/minuto. Para bicos de cerâmica, com jato em leque, os resultados foram mais desfavoráveis.

Liljedahl & Strait (1959) consideraram que na aplicação de ervicidas, os maiores esforços foram dirigidos para a uniformidade na faixa transversal, desde que para o sucesso na utilização de herbicidas sistêmicos era suficiente que as plantas recebessem a mesma quantidade de material pulverizado. Os autores sugeriram um método de avaliação da uniformidade de aplicação, que utiliza um produto fluorescente adicionado ao líquido pulverizado sobre placas de papel. Estas quando analisadas através de instrumental com luz ultravioleta, revelaram que há uma proporcionalidade linear entre a quantidade de fluorescência observada e a quantidade de produto pulverizado.

De acordo com citações de Carleton et al (1960), Weick desenvolveu um sistema constituído de balanças de alta sensibilidade, para estudar os fatores que afetam o comportamento funcional dos bicos, em aplicações de campo; Davis & Elliott propuseram um método de estimativa visual, a partir da deposição recolhida no campo, em cartões especiais; Miller & Isler desenvolveram um método que emprega placas que contém corante solúvel no líquido a ser pulverizado e, através da densidade ótica do líquido empregado para lavar as placas vindas do campo, são obtidos dados sobre a distribuição do líquido pulverizado. Ban & Carleton demonstraram que técnicas polarográficas podem ser convenientemente empregadas em estudos de deposição.

Bengtsson (1960) estudou a distribuição do tamanho de gotas de bicos com jato em leque, fabricados pela Spraying Systems Co. e designados por 3001 E e 3004 E que são altamente aconselháveis para julgamento em laboratório, uma vez que dão uma distribuição uniforme na maior parte da largura da faixa de deposição, em contraste com outros bicos ensaiados. A pressão de trabalho utilizada foi de 70 lb/pol² e o método de de-

terminação do tamanho de gôtas incluía a coleta das mesmas em uma mistura de óleo e vaselina sôbre placas de vidro, as quais eram fotografadas e analisadas. O diâmetro médio de gôtas em contrado foi de 216 micras para o bico 8001 E e 337 micras para o bico 8004 E. O autor afirmou que a eleição de diferentes tamanhos de gôtas varia de caso para caso, sendo impossível uma recomendação de um diâmetro particular de utilidade geral.

Hedden (1961) estudou o tamanho de gôtas e distribuição das mesmas, através de uma solução de água e traçador. As gôtas eram recolhidas em placas de vidro de 2 x 3 polegadas e deixadas secar, as manchas resultantes eram medidas e contadas, fazendo-se posteriormente uma correção dos diâmetros. Foram ensaiadas dois bicos, um dos quais com jato em leque de 65°. Para êste bico, mais de 90% das gôtas produzidas com uma pressão de 100 lb/pol², estavam abaixo de 20 micras de diâmetro, equivalendo a 1% do volume pulverizado; entre os limites de 300 a 500 micras estavam contidas 0,5% a 0,1% das gôtas produzidas, correspondendo a 45% daquele volume. O autor estabeleceu uma relação entre pressão e tamanho de gôtas dada pela seguinte expressão:

$$P = 3.116,4. e^{-0,129 D}$$

onde P é a pressão de trabalho e D o diâmetro das gôtas produzidas.

Wilkes (1961) estudou, através do contrôle de produção e infestação, a eficácia de bicos no contrôle de Heliothis zea Bod. e Antonomus grandis Boh. em culturas de algodão. A faixa de deposição dos bicos mostrou ser bastante constante em condições de laboratório, porém, foi bastante afetada por ventos cruzados, sob condições de campo.

Yates (1962) desenvolveu um método que considerou rápido e preciso, para análise de faixas de deposição e determinação matemática da sua eficiência total. O método utilizado

incluía a análise espectrofotométrica da solução obtida pela lavagem dos pratos de coleta. Para interpretar e determinar o espaçamento ideal de faixas de deposição, o autor considerou ser o desvio padrão, um excelente valor numérico para expressar o desvio total de sua média. Na análise de uma única faixa de deposição, o desvio padrão da deposição total pode ser calculado para várias larguras de faixas. Desde que, mudando-se o espaçamento das faixas muda-se a magnitude da concentração média, a comparação de valores de desvio padrão requer que eles sejam baseados em algum valor médio. Por esse motivo, foi utilizado o coeficiente de variação para comparar diferentes eficiências de distribuição. O autor encontrou a distância ótima entre duas faixas para aplicações com helicópteros, utilizando-se do coeficiente de variação dos dados de distribuição obtidos em cada uma. Os respectivos coeficientes de variação encontrados foram de 10% e 14%.

Wilson et al (1963) estudaram a influência do tamanho de gotas no controle de pragas e moléstias de diversas culturas, com uma série de experimentos durante oito anos. Os mesmos chegaram à conclusão que gotas com 400 micras, formadas a pressões de 30 a 50 lb/pol² e dosagens de 20 a 40 galões por acre deram essencialmente resultados tão bons, quanto tratamentos com gotas de 100 micras, formadas com maiores pressões e dosagens.

Brazeo (1963) utilizou um método para análise de resíduos através da polarografia, o qual foi considerado como sendo de valor para avaliações rápidas da deposição de produtos pulverizados.

Isler (1963) utilizou o método de Maksymiuk para determinação de faixas de deposição produzidas por pulverizadores aéreos. A técnica utilizada consistia na pulverização de um produto marcador de cor preta, sobre papel especial branco. Essa técnica permitia maior acuracidade, uma vez que, o contorno das gotas produzidas era mais distinto e gotas menores, de

até 7 micras, podem ser vistas no papel branco.

Yates & Akesson (1963) utilizaram um produto marcador fluorescente e placas amostradoras de Mylar, para avaliação de deriva em aplicações de produtos químicos por avião. Através de uma regressão linear entre a quantidade de marcador aplicado e a recolhida pelas placas estabeleceu-se a correspondência entre a quantidade de produto químico aplicado e a perda por deriva. O objetivo principal de seu trabalho, foi selecionar um marcador adequado para êsse tipo de estudo.

Wilkes & Brusse (1963) estudaram a possibilidade de se avaliar faixas de deposição produzidas por pulverizadores através da análise por ativação, fazendo-se uso de energia atômica. O processo envolvia a exposição do material à isótopos radioativos e posterior medição da distribuição através de um espectrômetro de raios gama. As informações obtidas podem ser programadas para computadores eletrônicos, para avaliação da aplicação realizada.

Cunningham (1963) estudou a variabilidade de distribuição de granuladoras através do coeficiente de variação. Segundo aquêle autor, êste parâmetro tem sido utilizado para avaliar o desempenho de muitos sistemas de distribuição, como por exemplo sistemas de irrigação por aspersão, onde um valor de 20% ou menos é considerável aceitável.

O aumento na intensidade de ação, no grau de seletividade e o alto custo dos defensivos, têm requerido bicos que apresentem vazão precisa e uniforme. Em geral, os fabricantes de bicos mantêm um contrôle de qualidade que, segundo Schafer & Lovely (1965), resulta em uma tolerância de até 5% sôbre os valores pré-estabelecidos de vazão. Todavia é muito comum encontrar-se bicos que apresentam variações de 15-20% além dos limites estabelecidos. Para condições de laboratório, êsses autores verificaram que ensaios conduzidos segundo técnicas de determinações manuais apresentam êrros. Utilizando um circuito elétrico de interrupção do jato em sincronia com um cronômetro

tro, também elétrico, observaram não haver diferenças significativas, entre vazões obtidas em determinações realizadas a intervalos de um minuto.

Roth & Porterfield (1966) utilizaram uma aparelhagem para obtenção de amostras de pulverizações, que constava de uma máquina fotográfica com dispositivo de aumento, uma fonte de luz e uma câmara de pulverização. A câmara e a fonte de luz são arranjadas de lados opostos à máquina, permitindo obter-se fotografias de sombra, onde as gôtas aparecem como manchas brancas em um campo negro. Índices temporais e espaciais, foram sugeridos para avaliação da distribuição das gôtas produzidas.

Tate & Jansen (1966) desenvolveram uma técnica para determinação do tamanho de gôtas, que incluía a adição de um marcador e a imersão das mesmas em um hidrocarboneto solvente. As gôtas eram fotografadas no fundo do recipiente e as fotografias submetidas a um analisador eletrônico. A altura dos bicos foi de 10 polegadas e a pressão de 40 lb/pol². Bicos de jato em forma de feixe e jato cônico foram ensaiados, mostrando os primeiros um volume uniforme no centro da faixa, com a esperada redução de volume nas extremidades, devido a forma do orifício.

Nordby (1968) considera como características funcionais de um bico, a vazão, o tamanho das gôtas, o ângulo do jato e a distribuição do líquido pulverizado. Para determinar a distribuição de bicos individuais e barras de bicos múltiplos, utilizou uma chapa corrugada com calhas adjacentes de 50 mm de largura. Entre os melhores bicos ensaiados o autor cita o Teejet 8002 e 80015, fabricados pela Spraying Systems Co. que demonstraram uma boa distribuição com um espaçamento de 45 cm entre bicos. A uniformidade de distribuição de uma barra de pulverização com bicos Birchmeyer, espaçados 25 cm, foi estudada através do coeficiente de variação dos dados obtidos. Para alturas de 30, 40 e 50 cm os coeficientes de variação ob-

tidos foram, respectivamente: 7%, 10% e 12%. O autor verificou que aplicações com bicos com jato em leque de 87° para alturas de 40 e 50 cm e pressões de 40 a 80 lb/pol², espaçados de 45 cm, apresentaram uma distribuição que foi considerada muito boa. Os coeficientes de variação encontrados para essas condições foram de 5% e 15%, a diferentes velocidades de deslocamento, de 0 a 4 km/h, sendo a menor variação obtida para a altura de 50 cm.

Bode et al (1968) baseados em estudos de distribuição de sementes, desenvolveram um parâmetro para avaliação das características de bicos ao qual chamam coeficiente de uniformidade (C.U.) cuja expressão é:

$$C.U. = \frac{(S_{\text{máx.}} - S_d)}{S_{\text{máx.}}} \cdot 100$$

onde, $S_{\text{máx.}}$ é o desvio padrão máximo encontrado teoricamente, e S_d o desvio padrão dos dados. O valor do desvio padrão máximo é dado pela expressão $\frac{\bar{X}}{N}$, onde \bar{X} é a concentração média das amostras e N o número delas. Nos ensaios foram consideradas as seguintes variáveis: 5 tipos de bicos, 3 pressões de trabalho e 3 velocidades de deslocamento. Os resultados obtidos mostraram que a variação de velocidade não influi sobre a faixa de deposição dos bicos, nos níveis ensaiados de 3, 4 e 5 milhas por hora. Foi verificado um efeito significativo da pressão sobre a faixa de deposição dos bicos com jato em leque, evidenciando-se que uma pressão de 40 lb/pol² resulta em faixas de deposição muito melhores que a 25 ou 30 lb/pol². Os dados de distribuição, todavia, mostraram uma perda de 15 a 39% do líquido pulverizado, não se podendo considerar a porção coletada como uma amostra ao acaso, do que o bico produziu. Posteriormente, referindo-se ao seu trabalho, Bode (1970), reconheceu que a melhor maneira de se expressar a uniformidade de distribuição do líquido pulverizado, é o parâmetro estatís

tico conhecido universalmente por coeficiente de variação (C.V.).

Como se observa, a maioria dos autores são concordes em considerar a uniformidade da distribuição do defensivo como o mais importante fator a ser levado em conta na sua aplicação através de bicos.

Na análise da uniformidade de aplicação de bicos são feitas considerações em torno de faixa de deposição contínua e descontínua, entendendo-se por faixa contínua aquela, cuja superfície tratada recebe, em todos os pontos a mesma quantidade de líquido pulverizado e, faixa descontínua, em caso contrário.

Para avaliar a uniformidade de distribuição de líquido pulverizado, os métodos propostos podem ser agrupados em: a) métodos que levam em conta o volume de líquido coletado em vários pontos, ao longo do comprimento ou da largura da faixa de deposição dos bicos, b) métodos que levam em conta a distribuição das gôtas, por tamanhos, ao longo da faixa de deposição, o que é também denominado diâmetro médio das gôtas.

A importância do tamanho das gôtas é assunto bastante controvertido, e sua influência sobre a eficácia da pulverização, depende do tipo de tratamento a ser feito, das propriedades do defensivo utilizado, das condições atmosféricas, do projeto do bico e das suas condições operacionais. Desta forma, é impossível recomendar-se um tamanho de gôtas de emprêgo geral, visto que, cada caso deve ser considerado em particular. Ainda deve-se acrescentar o fato de que os métodos de avaliação do tamanho de gôtas envolvem critérios cuja validade é relativa.

Nessas condições depreende-se que em estudos de bicos, os métodos que levam em conta a distribuição volumétrica do líquido ao longo da faixa de deposição parecem ser fundamentais. Os demais baseados em tamanho de gôtas, apenas complementam os

primeiros. Todavia em casos específicos, como é o de deriva em aplicações por meio de aviões, a avaliação do tamanho de gota poderá assumir importância igual ou maior que a distribuição volumétrica do líquido pulverizado.

O volume de líquido aplicado por um único bico, varia em função do ponto onde o mesmo é coletado ao longo da faixa de deposição, diminuindo a medida que se aproxima das suas extremidades e sendo máximo sob o eixo do bico. No caso de bicos utilizados em barras, êsse fato deve ser cuidadosamente considerado.

As associações de bicos, consideradas na literatura, referem-se àquelas visando dar uma "cobertura simples uniforme", espaçando-se os bicos de uma distância igual ao comprimento da faixa de deposição de cada um dêles, ou uma "cobertura dupla uniforme", utilizando-se o mesmo espaçamento e elevando-se a barra o dôbro da altura anterior como ilustra a Figura 1. As denominações cobertura simples e cobertura dupla, serão doravante utilizadas no presente trabalho, com o mesmo significado, exceto o termo uniforme, uma vez que designa condição não necessariamente dependente do tipo de cobertura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O material empregado no presente trabalho abrange os bicos e os equipamentos de ensaio. Os métodos utilizados envolvem aqueles referentes aos ensaios dos bicos, visando estabelecer parâmetros de desempenho, e os de análise dos resultados obtidos.

3.1. Ensaio Preliminares

3.1.1 Material

Bicos

Suas principais características constam da Tabela 3.1 e a conformação dos seus respectivos orifícios de descarga poderá ser observada na Figura 2.

Tabela 3. 1. Características dos bicos utilizados nos ensaios preliminares.

	Bico 1*	Bico 2*	Bico 3*	Bico 4*
Fabricante	Spraying Systems Co U.S.A.	Spraying Systems Co. U.S.A.	Hatsuta Ind. Co.Ltd. Japão	Spraying Systems Co. U.S.A.
Tipo de jato	jato em leque	jato em leque	jato em leque	jato em leque
Material	latão	latão	latão	latão
Designação	6502	8002	não especificada	8002 E
Tela do filtro	50 mesh	50 mesh	50 mesh	50 mesh



Figura 2. Vista superior das pontas dos bicos B₁ (1), B₂ (2), B₃ (3) e B₄ (4) utilizados nos ensaios preliminares.

(*) Doravante, os bicos serão designados pelas letras B₁, B₂, B₃ e B₄, sempre que se referir a eles como variáveis.

Equipamentos de Ensaio

Os equipamentos de ensaio constam de uma unidade de bombeamento, uma unidade coletora, o suporte dos bicos e os instrumentos para medição de tempo, volume, temperatura e pressão.

Unidade de Bombeamento:- é constituída por uma bomba hidráulica acionada por motor elétrico, e o circuito hidráulico de pressão. Este conjunto posicionado sôbre uma bancada de alvenaria que contém o reservatório d'água, pode ser visto ilustrado na Figura 3.

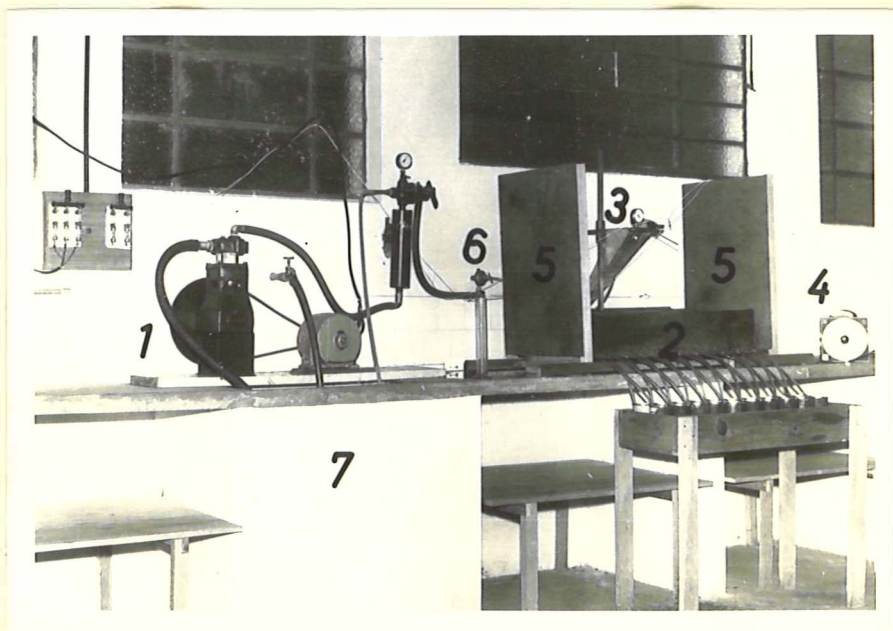


Figura 3. Vista frontal do conjunto formado pela unidade de bombeamento (1), unidade coletora (2), suporte dos bicos (3), cronômetro elétrico (4), anteparos de madeira (5), válvula reguladora de pressão (6) e reservatório (7).

As especificações da bomba hidráulica, são as seguintes:

marca:	John Bean*
modelo:	Royalette R-10 STD*
número de êmbolos	2
rotação de trabalho durante os ensaios	250 rpm

O motor elétrico para o acionamento da bomba hidráulica, apresenta as seguintes especificações:

marca:	General Eletric
modelo:	B5K 182AG627A
voltagem:	220/380V
rotação:	1.725 rpm
potência:	1 CV

O circuito hidráulico de pressão se constitui de mangueiras e câmara de ar provida de válvula reguladora de pressão. Entre o bico a ser ensaiado e a câmara de ar, intercala-se outra válvula reguladora de pressão de diafragma de borraça, marca Willy.

Unidade Coletora:- é constituída por uma bandeja de fundo corrugado, cujas dobras formam triângulos equiláteros de 52 mm de lado. Ela é construída de chapa galvanizada nº 26, montada sobre estrutura de ferro cantoneira que contém uma coluna de ferro trefilado, de secção quadrada, à qual se adapta o suporte para os bicos. A Figura 4 mostra a unidade coletora, disposta sobre a bancada de alvenaria, com anteparos de madeira situados lateralmente a fim de evitar os efeitos de possíveis correntes do ar ambiente, sobre a direção do jato dos bicos.

(*) Doravante a citação de fabricantes, marcas e modelos no presente trabalho, não representa endosso ou recomendação de seus produtos, e tem por fim apenas facilitar a designação do material utilizado.

A água captada nas calhas é conduzida aos recipientes de coleta por meio de mangueiras de polietileno, adaptadas na extremidade inferior de cada calha, através de tubos de cobre.

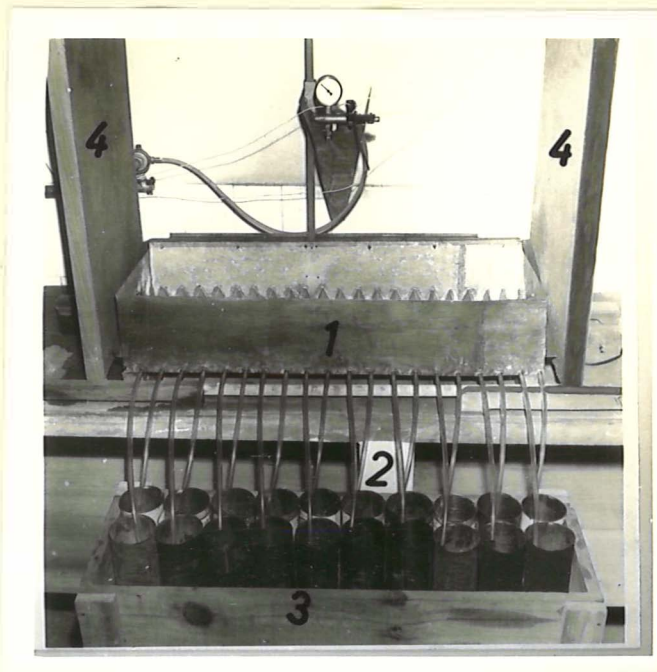
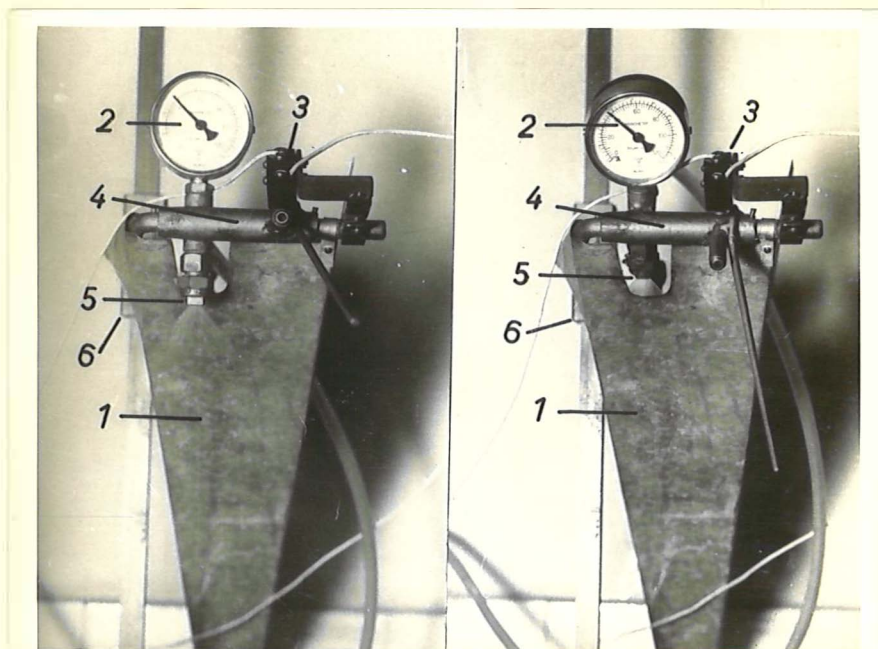


Figura 4. Vista frontal da unidade coletora formada pela bandeja coletora (1), mangueiras de polietileno (2), recipientes de coleta (3), e anteparos de madeira (4).

Suporte dos Bicos e Instrumentos:- o suporte utilizado nos ensaios de bicos individuais consta de um mecanismo de orientação do jato produzido, uma chapa defletora, um cursor móvel e um interruptor de corrente elétrica, como mostra a Figura 5.

O mecanismo de orientação do jato direciona o bico para as calhas coletoras ou para a chapa defletora, respectivamente quando se inicia e termina a contagem de tempo, acionando concomitantemente o interruptor da corrente que aciona um cronômetro elétrico. O cursor móvel desliza sobre a coluna

de sustentação de seção quadrada, possibilitando a variação da altura do bico sobre a bandeja coletora, sem ocorrência de erro no seu posicionamento. O conjunto formado pelos componentes do suporte pode ser observado na Figura 5.



II

I

Figura 5. Vista frontal do suporte dos bicos mostrando em I o jato orientado para a chapa defletora (1) e em II, orientado para a bandeja coletora. São mostrados o manômetro (2), o interruptor da corrente elétrica (3), o mecanismo de orientação do jato (4), o bico (5) e o cursor móvel (6).

Na contagem de tempo utiliza-se um cronômetro elétrico em sincronia com o desviador do jato, de acordo com as recomendações de Schafer & Lovely (1965), a fim de se evitar erros sistemáticos devidos ao operador. O cronômetro elétrico utilizado é o de marca "GraLab" que permite leitura de até um segundo, para um intervalo de 0 - 60 minutos.

Na medida do volume de água coletado em cada calha utiliza-se uma proveta de 500 cm³, graduada de 5 em 5 cm³. Por ocasião da leitura atenta-se para uma interpolação dentro dessa graduação.

Um termômetro de marca "Schaar" permitindo leitura de grau Celsius numa gama de -20 a 50 °C, foi colocado no reservatório para fornecer a temperatura do líquido.

Um manômetro marca Willy, permitindo leitura de até 0,2 kgf/cm² numa escala de 0 a 3,4 kgf/cm², foi instalado no circuito hidráulico precedendo imediatamente o bico.

3.1.2 Métodos

Para o desenvolvimento de um método de ensaio, levando-se em conta o objetivo visado por este trabalho, é necessária a eleição de características funcionais, para a avaliação, comparação e julgamento do desempenho dos bicos através do jato produzido.

Na literatura especializada a análise do desempenho de bicos é feita em função da faixa de deposição, da curva de deposição e do coeficiente de variação. Para atingir o objetivo deste trabalho há necessidade de se estabelecer outras características funcionais que reunidas às demais mencionadas pela literatura, permitem uma análise mais completa do desempenho de bicos. Dessa forma as características funcionais utilizadas para a análise do desempenho de bicos são:

- . Faixa de deposição (FD)
- . Curva de deposição (CD)
- . Coeficiente de variação (C.V.)
- . Amplitude de uniformidade (A)
- . Eficácia de distribuição (E%)

Faixa de Deposição

Designa-se por faixa de deposição (FD) a superfície paralela ao nível do solo, que contém as gôtas produzidas pelo bico, quando êste se desloca horizontalmente, numa direção normal ao plano médio de seu jato. Portanto a FD apresenta duas dimensões lineares: uma perpendicular e outra paralela à direção de deslocamento do bico.

A primeira denominada largura da FD e designada por L , é função do ângulo do jato, a uma dada pressão e altura do bico. Entende-se por altura do bico (H) ao comprimento da perpendicular baixada pelo centro do orifício do bico ao plano que contém a FD.

A outra dimensão, paralela à direção de deslocamento do bico é o comprimento da FD, isto é, o espaço percorrido pelo bico em um determinado tempo e a uma dada velocidade de deslocamento.

Curva de Deposição

A curva de deposição (CD) é o lugar geométrico dos pontos representativos das vazões de um bico demarcados em coordenadas retangulares, onde as vazões são tomadas no eixo das ordenadas, e as posições onde foram determinadas, ao longo da largura ou do comprimento da FD, no eixo das abcissas. Denomina-se curva de deposição transversal, quando o eixo das abcissas é paralelo à largura de FD, e curva de deposição longitudinal, quando é paralelo ao seu comprimento.

① Coeficiente de Variação

O coeficiente de variação (C.V.) dos valores de vazão tomados ao longo da L , será utilizado como critério de julga-

mento da uniformidade de distribuição de bicos. De acordo com a distribuição obtida do líquido pulverizado, o coeficiente de variação pode ser máximo ou mínimo. O coeficiente de variação será máximo, quando o desvio padrão dos dados em relação à sua média fôr máximo, e mínimo caso contrário. Tendo-se em vista êste fato, o seguinte desenvolvimento teórico elaborado por Bode et al (1968), foi adaptado ao presente trabalho:

Seja T a quantidade total de líquido coletado nas calhas em um minuto, N o número de calhas que coletaram o líquido pulverizado e X o volume de líquido coletado em qualquer calha.

Considerando-se que em condições de laboratório, as perdas por evaporação e deriva são desprezíveis, pode-se escrever que:

$$\sum X = T$$

A média do volume de líquido coletado por calha será:

$$\hat{m} = T/N \quad (1)$$

O desvio padrão $s = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}{N - 1}} \quad (2)$

Multiplicando-se o numerador e o denominador da fração sob o radical por N , obtém-se:

$$s = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N - 1)}} \quad (3)$$

O máximo valor de s ocorre quando $\sum X^2$ é máximo, o que se verifica quando cada X exceto um é zero, isto é, uma calha contém o volume total pulverizado (T), desta forma:

$$s_{\text{máximo}} = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N - 1)}}$$

sendo $\sum X = T$

$$s_{\text{máximo}} = \sqrt{\frac{N T^2 - T^2}{N (N - 1)}}$$

$$s_{\text{máximo}} = \sqrt{\frac{T^2 (N - 1)}{N (N - 1)}} = T \frac{1}{\sqrt{N}}$$

$$s_{\text{máximo}} = \frac{T}{\sqrt{N}}$$

desde que $\Sigma X = N \hat{m}$, e $\Sigma X = T$
 $T = N \hat{m}$

$$s_{\text{máximo}} = \hat{m} \sqrt{N} \quad (4)$$

O mínimo valor de s ocorre quando tôdas as calhas coletam o mesmo volume, sendo X constante para as mesmas, quando isso ocorre:

$$X = \hat{m} \text{ e } \Sigma X^2 = \Sigma \left(\frac{T}{N}\right)^2 = N \frac{T^2}{N^2} = \frac{T^2}{N}$$

de onde:

$$(\Sigma X)^2 = \left(\frac{N T}{N}\right)^2 = T^2$$

$$s_{\text{mínimo}} = \sqrt{\frac{N \frac{T^2}{N} - T^2}{N (N - 1)}} \quad (5)$$

O coeficiente de variação (C.V.) tem por expressão:

$$C.V. = \frac{s}{\hat{m}} \cdot 100 \quad (6)$$

O C.V. é máximo quando s é máximo, quando isto ocorre, substituindo-se (4) em (6) obtém-se:

$$C.V._{\text{máximo}} = \frac{\hat{m} \sqrt{N}}{\hat{m}} \cdot 100$$

$$C.V._{\text{máximo}} = \sqrt{N} \cdot 100 \quad (7)$$

O mínimo valor de C.V. ocorre quando s é mínimo, neste caso, substituindo-se (5) em (6) obtém-se:

$$C.V._{\text{mínimo}} = 0$$

Amplitude de Uniformidade

O critério de julgamento da uniformidade para o presente trabalho, de acordo com a literatura citada, se baseia no coeficiente de variação dos dados de vazão obtidos.

A uniformidade de distribuição, calculada através dos dados de vazões parciais, pode ser visualizada pela curva de deposição, a qual evidencia amplitudes de uniformidade, em termos linear e volumétrico.

Amplitude de uniformidade volumétrica (A_V):- entende-se por A_V a soma das vazões parciais adjacentes, compreendidas no trecho da FD considerado uniforme em relação a um limite pré-estabelecido do coeficiente de variação desses dados de vazão. Dessa forma A_V representa o volume de líquido pulverizado uniformemente pelo bico.

Amplitude de uniformidade linear:- entende-se por A_L a distância entre duas posições adjacentes e consecutivas, que limitam na curva de deposição, um trecho cujas vazões parciais são uniformes, isto é, o intervalo das abcissas cujas ordenadas não variam além de um limite pré-estabelecido.) A distância entre a mínima e a máxima ordenadas no trecho uniforme delimita um intervalo de variação (I.V.).

Eficácia de Distribuição

Desde que a uniformidade de distribuição do bico é obtida sobre um trecho da FD, sua habilidade em distribuir uniformemente uma quantidade de líquido pulverizado, constitui a

eficácia de distribuição, designada por E%. Ela é expressa pela relação percentual entre o termo uniforme e o termo total, distingue-se assim: eficácia de distribuição volumétrica ($E_v\%$) e eficácia de distribuição linear ($E_l\%$).

Tendo em vista as características funcionais eleitas para a avaliação do desempenho de bicos, para simplificação do método de ensaio, é necessário que se façam as seguintes hipóteses:

a) exclui-se do estudo individual dos bicos, sob condições de laboratório, a influência do fator velocidade de deslocamento e o resultante comprimento da FD, por estarem condicionados ao tipo de ensaio executado.

b) em decorrência da hipótese anterior, considera-se apenas as características funcionais associadas à largura (L) da FD dos bicos.

c) o jato em forma de leque delimita, no plano que o contém, um triângulo de base L, largura da FD; de altura H, altura do bico e de ângulo θ oposto à base, ângulo do leque. Como o ângulo varia de acordo com a pressão de trabalho, considera-se na presente investigação, a largura da FD dada pela seguinte expressão:

$$L = N \cdot c \quad (9)$$

onde, c é a largura de cada calha.

d) o número de calhas onde as vazões são consideradas uniformes é obtido pela supressão simétrica dos valores de vazões das calhas das extremidades da bandeja coletora, até que o coeficiente de variação dos dados restantes esteja abaixo de um valor pré-determinado.

e) a amplitude de uniformidade volumétrica é expressa por:

$$A_v = \Sigma X_u \quad (10)$$

onde, X_u é o volume médio de líquido coletado por calha no trecho uniforme.

f) a amplitude de uniformidade linear é dada pela expressão:

$$A_1 = N_u \cdot c \quad (11)$$

onde, N_u é o número de calhas onde as vazões parciais são consideradas uniformes. De acôrdo com as hipóteses feitas e a notação adotada, as seguintes equações podem ser obtidas:

$$E_v \% = \frac{A_v}{T} \cdot 100 \quad (12)$$

Substituindo-se (10) em (12) obtem-se:

$$E_v \% = \frac{\sum X_u}{T} \cdot 100 \quad (13)$$

A eficácia de distribuição linear (E_l %) é dada por:

$$E_l \% = \frac{A_1}{L} \cdot 100 \quad (14)$$

Substituindo-se (9) e (11) em (14) obtem-se:

$$E_l \% = \frac{N_u \cdot c}{N \cdot c} \cdot 100 = \frac{N_u}{N} \cdot 100 \quad (15)$$

Plano de Ensaio

O planejamento estatístico dos ensaios preliminares envolve um delineamento fatorial $4 \times 3 \times 4$, com quatro repetições. Com os dados de vazão obtidos, são estudados os coeficientes de variação (C.V.), para determinação da dimensão volumétrica (A_v) e linear (A_l) de cada bico.

Os cálculos efetuados no estudo do coeficiente de variação dos dados de vazão, bem como a análise dos valores de E_v %, são efetuados através do computador IBM - 1130 do Departamento de Matemática da Escola Superior de Agricultura "Luiz de

Queiroz".

A análise da variância inclui a comparação das médias de $E_v\%$ através do teste de Tukey.

Nos ensaios são consideradas as seguintes variáveis:

. quatro tipos de bicos, (B_1 , B_2 , B_3 e B_4), cujas especificações são dadas na Tabela 3.1;

. quatro pressões de trabalho, cujas designações e valores são: $P_1 = 1,4 \text{ kgf/cm}^2$, $P_2 = 2,8 \text{ kgf/cm}^2$, $P_3 = 4,2 \text{ kgf/cm}^2$ e $P_4 = 5,6 \text{ kgf/cm}^2$;

. três alturas de trabalho cujas designações e valores são: $H_1 = 300 \text{ mm}$, $H_2 = 400 \text{ mm}$ e $H_3 = 500 \text{ mm}$;

Estabelecidas as variáveis para um dado tratamento, o procedimento utilizado para os ensaios, é descrito a seguir:

. colocada a bomba hidráulica em funcionamento, aguarda-se que a pressão no circuito atinja um valor aproximado de 1 kgf/cm^2 superior ao estabelecido para o ensaio, o que é indicado pelo manômetro colocado sobre a válvula reguladora de pressão, da unidade de bombeamento;

. atingido aquêle valor, o contrôlc da válvula reguladora de pressão do líquido a ser introduzido no bico é acionado, até que o manômetro colocado no suporte do bico indique a pressão exata, especificada para o ensaio;

. regulada a pressão de ensaio, aciona-se o mecanismo de orientação do jato dirigindo-o contra as calhas da unidade coletora durante um intervalo de dois minutos;

. o volume de água coletado em cada calha é anotado e a vazão convertida em centímetros cúbicos por minuto.

3.2. Ensaios de Bicos Projetados para Faixa de Deposição Contínua.

3.2.1 Material

O material empregado nos ensaios de bicos projetados

para faixa de deposição contínua, abrange os bicos e os equipamentos de ensaio.

Bicos

Suas principais características constam da Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Características dos bicos projetados para faixa de deposição contínua, utilizados nos ensaios.

Fabricante	Spraying Systems Co. - U.S.A.
Tipo de jato	leque
Designação	
Bico 5*	8004 E
Bico 6*	8004 E
Bico 7*	8001 E
Bico 8*	8001 E
Tela do filtro	50 mesh
Material	latão

A conformação dos orifícios dos bicos B₅, B₆, B₇ e B₈ é semelhante ao do bico B₄, mostrado na Figura 2, guardadas as devidas proporções.

Equipamentos de Ensaio

Os equipamentos de ensaio constam de uma unidade de bombeamento, uma unidade coletora, o suporte dos bicos e os

(*) Doravante, os bicos serão designados pelas letras B₅, B₆, B₇ e B₈, sempre que se referir a eles como variáveis.

instrumentos para medição de tempo, volume, temperatura e pressão.

Unidade de Bombeamento:- a unidade de bombeamento utilizada é a mesma descrita em 3.1.1. A única modificação introduzida é a utilização das duas saídas da válvula reguladora de pressão que antecede o bico, como é mostrado na Figura 6, sendo que para estes ensaios foi utilizada apenas uma das conexões do bico.

Unidade Coletora:- a unidade coletora utilizada é constituída por uma bandeja de 2.200 mm x 560 mm, de fundo corugado e com dobras formando triângulos equiláteros de 52 mm

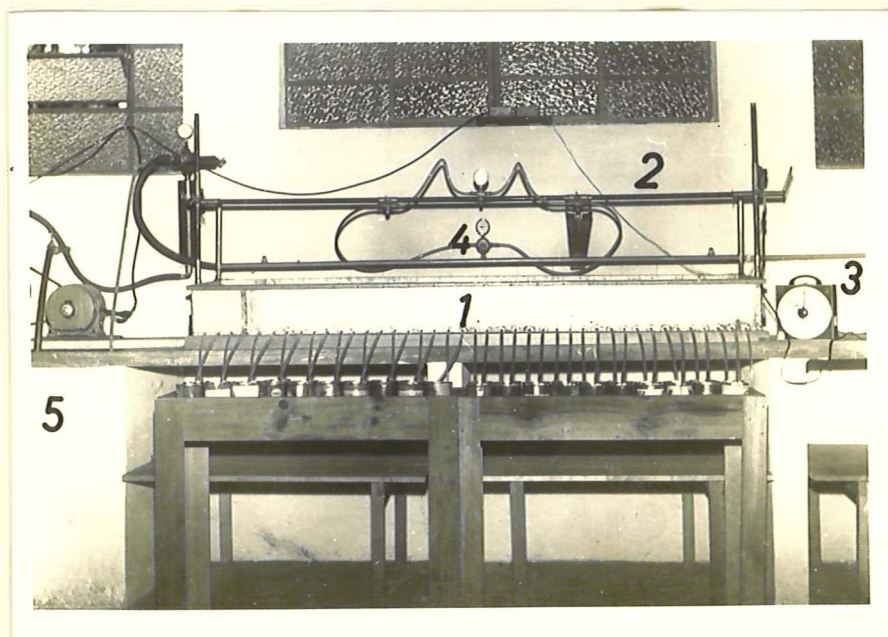


Figura 6. Vista frontal do conjunto formado pela unidade coletora (1), suporte dos bicos (2), cronômetro elétrico (3), válvula reguladora de pressão (4) e reservatório (5).

de lado. Esta é construída de chapa galvanizada nº 24 e montada em uma estrutura de ferro cantoneira que suporta em cada extremidade uma coluna redonda de conduíte de 21,0 mm de diâmetro externo, às quais se adapta o suporte dos bicos. Este conjunto está montado sobre a bancada de alvenaria já referida em 3.1.1 e pode ser observado através da Figura 6.

A água captada nas calhas, é conduzida aos recipientes de coleta de forma semelhante à descrita em 3.1.1.

Suporte dos Bicos e Instrumentos:-- o suporte utilizado para os ensaios de bicos projetados para faixa de deposição contínua, consta de uma barra horizontal de conduíte reforçado de 21,0 mm de diâmetro externo, um mecanismo de orientação do jato produzido, uma chapa defletora, dois cursores móveis tubulares e um interruptor da corrente elétrica, como ilustra a Figura 7. Na barra estão localizadas três conexões de ferro galvanizado em "T", de 15,4 mm de diâmetro interno, na primeira é montado o bico a ser ensaiado, na segunda o manômetro, e a última é obstruída.

Os componentes desse suporte têm as mesmas funções descritas em 3.1.1.

Os instrumentos utilizados para medição de tempo, volume, temperatura e pressão são os mesmos descritos em 3.1.1. A conexão que contém o manômetro foi intercalada entre as demais, como ilustra a Figura 7. Essa disposição tornou-se necessária, uma vez que, devido as perdas de carga que ocorrem nas tubulações do circuito hidráulico, se o manômetro estiver muito antes do bico, indicará uma pressão superior a de trabalho deste.

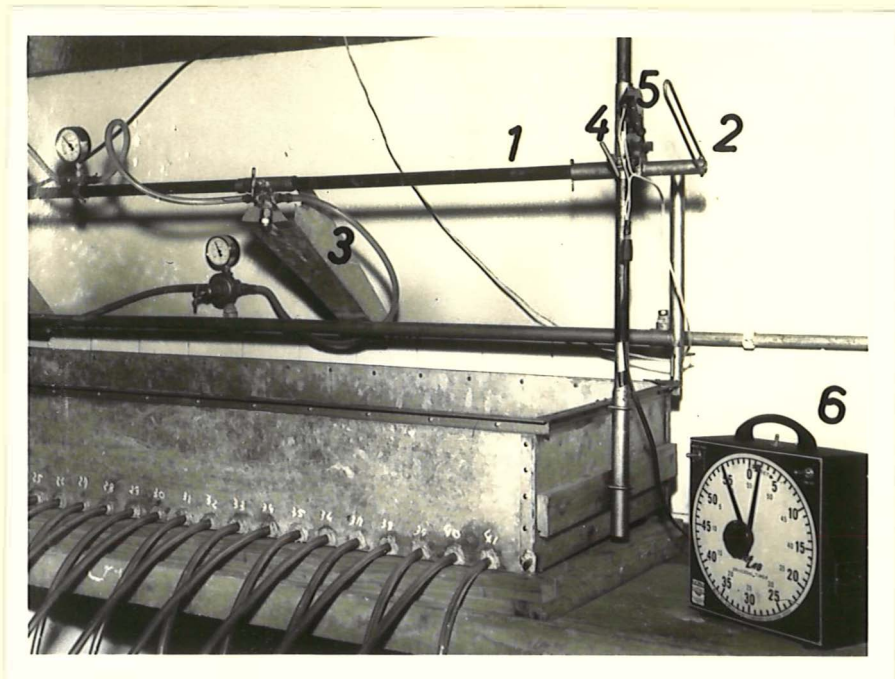


Figura 7. Vista lateral do suporte dos bicos mostrando a barra horizontal (1), mecanismo de orientação do jato (2), chapa defletora (3), cursor móvel (4), interruptor da corrente elétrica (5) e cronômetro elétrico (6).

3.2.2 Métodos

Os métodos utilizados para os ensaios de bicos projetados para faixa de deposição contínua, são os mesmos estabelecidos em 3.1.1. As únicas modificações introduzidas dizem respeito às variáveis bicos e ao número de repetições que, em virtude dos resultados apresentados nos ensaios preliminares, foram reduzidas a duas.

Será feita uma análise comparativa entre os bicos B_5 e B_6 vs B_7 e B_8 , B_5 vs B_6 e B_7 vs B_8 , com o fim de se verificar se os mesmos possuem características de desempenho iguais. Será utilizada a eficácia de distribuição volumétrica como pa-

râmetro comparativo, e o teste F para análise das comparações. O planejamento estatístico envolve inicialmente um fatorial $4 \times 3 \times 4$ e o seu posterior desdobramento em dois fatoriais $2 \times 3 \times 4$ para as comparações mencionadas.

3.3. Ensaio de Bicos Associados em Barra

3.3.1 Material

O material empregado nos ensaios de bicos associados em barra, abrange os bicos e os equipamentos de ensaio.

Bicos

Para o estudo de bicos associados em barra, utilizar-se-á dois entre aqueles cujas características constam da Tabela 3.2. A condição para que os bicos possam ser utilizados nas associações em barra, é que sejam iguais, isto é, que não apresentem diferenças estatisticamente significativas para o parâmetro $E_v\%$, escolhido como representativo de seu desempenho. Nos casos de associações, a designação da variável bico é feita pela letra B e os índices relativos a cada bico individual, separados por uma vírgula.

Equipamentos de Ensaio

Os equipamentos de ensaio constam de uma unidade de bombeamento, uma unidade coletora, o suporte dos bicos e os instrumentos para medição de tempo, volume, temperatura e pressão.

Unidade de Bombeamento:-- a unidade de bombeamento é a mesma descrita em 3.1.1 com a modificação introduzida em 3.2.1, originando um circuito hidráulico cujo diagrama consta da Figu

ra 8. Essa disposição tornou-se necessária, para fornecer a cada bico associado o líquido sob uma mesma pressão.

Unidade Coletora:- A unidade coletora usada nos ensaios de bicos associados em barra, é a mesma utilizada em 3.2.1.

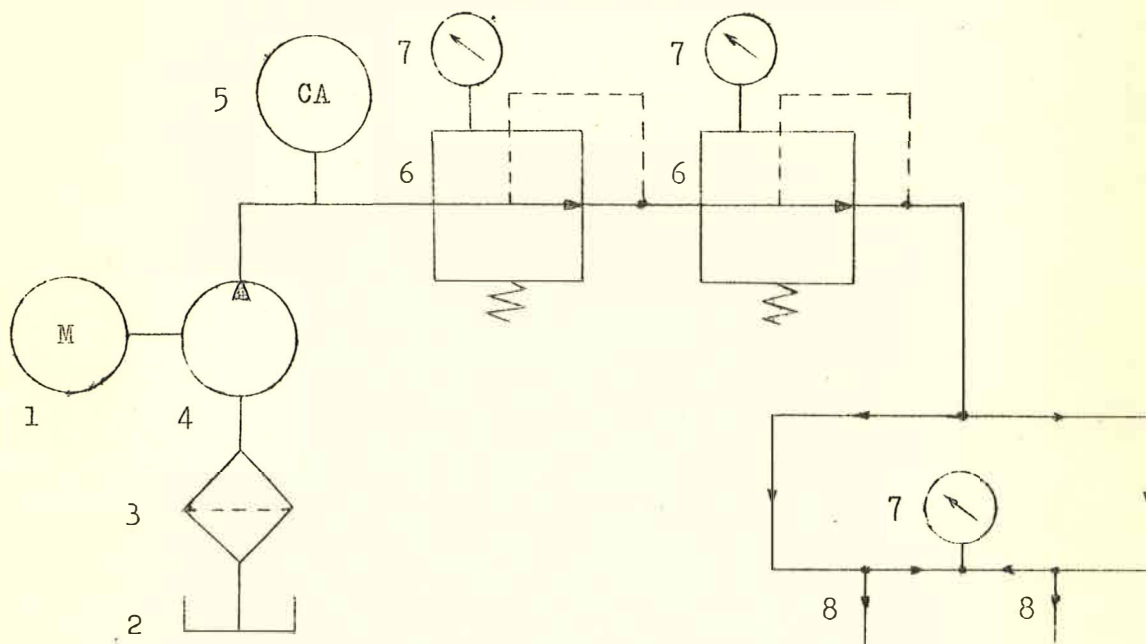


Figura 8. Diagrama do circuito hidráulico de pressão representando o motor elétrico (1), o reservatório (2), o filtro (3), a bomba (4), a câmara de ar (5), as válvulas reguladoras de pressão (6), os manômetros (7) e as conexões dos bicos (8). Símbolos segundo a ASA (1966).

Suporte dos Bicos e Instrumentos:- o suporte utilizado para os ensaios de bicos associados em barra, é o mesmo descrito em 3.2.1. As únicas modificações introduzidas se referem à colocação de um segundo bico e sua respectiva chapa defletora no suporte. Os instrumentos são aqueles utilizados em 3.1.1, com idênticas finalidades.

3.3.2. Métodos

Para o desenvolvimento de um método de ensaio de bicos associados em barra, levando-se em conta o objetivo deste trabalho e as características funcionais estabelecidas para bicos individuais, é necessário que se façam as seguintes hipóteses:

a) a uniformidade da faixa de deposição produzida pelos bicos associados, será julgada através do coeficiente de variação, calculado a partir dos dados de vazão obtidos na largura correspondente a distância entre eixos de dois bicos consecutivos. Este servirá como termo de comparação entre os diferentes métodos de associá-los em barra.

b) nos casos em que a sobreposição das extremidades dos jatos de bicos individuais, produzem valores de vazão muito acima da média do trecho uniforme de cada um, a amplitude de uniformidade linear do bico individual quando associado (A_{1a}), será utilizada para espaçamento entre os bicos na barra. Nêstes casos, A_{1a} poderá ser maior que o valor da A_1 dos bicos individuais e será dada pela expressão:

$$A_{1a} = N_a \cdot c \quad (16)$$

onde N_a é o número de calhas onde as vazões parciais dos bicos associados, são consideradas uniformes. Nos casos em que os valores de vazão obtidos pela sobreposição das extremidades dos jatos, se aproximam da média de vazão no trecho uniforme de cada bico, a A_{1a} será a sua própria A_1 .

A amplitude de uniformidade volumétrica do bico individual quando associado (A_{va}) será dada por:

$$A_{va} = \Sigma X_a \quad (17)$$

onde X_a é o volume médio coletado por calha na A_{1a} . Nos casos em que os valores dos dados de vazão obtidos pela sobreposição das extremidades do jato se aproximam da média, a A_{va} se

rá a própria A_v de cada bico.

Com base nas equações (13) e (17) pode-se deduzir que a eficácia de distribuição volumétrica do bico individual quando associado ($E_{va}\%$), será dada pela expressão:

$$E_{va}\% = \frac{\sum Y_a}{T} \cdot 100 \quad (18)$$

Com base nas equações (15) e (16) a eficácia de distribuição linear do bico individual quando associado ($E_{la}\%$), será dada pela expressão:

$$E_{la}\% = \frac{N_a}{N} \cdot 100 \quad (19)$$

c) as associações serão representadas através da colocação de dois bicos em uma barra horizontal, com seus eixos paralelos entre si e inclinados em direções opostas de aproximadamente 5° em relação ao plano vertical que contém a barra. Esta inclinação se destina a evitar o efeito de interferência entre as extremidades dos jatos produzidos pelos bicos. Estes serão espaçados na barra, segundo os métodos recomendados por Akesson (1948), para obtenção de cobertura simples e dupla. Propõe-se no presente trabalho a associação de bicos em barra, espaçados entre si de uma distância igual à amplitude de uniformidade linear do bico individual quando associado (A_{1a}), obtida com base na equação (16).

d) o método de associação para obtenção de cobertura simples, compreende a colocação dos dois bicos a serem ensaiados, espaçados de uma distância igual à largura das suas FD individuais, mantendo-se as alturas e pressões estabelecidas em 3.1.2.

e) o método de associação para obtenção de cobertura dupla, compreende a colocação dos dois bicos a serem ensaiados

dos, espaçados de uma distância igual a metade da largura das suas FD individuais, mantendo-se as alturas e pressões estabelecidas em 3.1.2.

f) serão considerados nas associações apenas os tratamentos nos quais a eficácia de distribuição linear dos bicos individuais, seja superior a 50%, uma vez que para um valor igual ou menor que o referido, a associação recai no método de cobertura dupla.

O procedimento para os ensaios destas associações, é o mesmo descrito para bicos individuais em 3.1.2.

4. RESULTADOS OBTIDOS

No desenvolvimento do presente trabalho, os resultados obtidos envolvem aquêles referentes aos ensaios preliminares, aos ensaios individuais de bicos projetados para FD contínua e aos ensaios de bicos associados em barra. As temperaturas registradas antes e após a realização de cada ensaio, variaram de um mínimo de 16 °C a um máximo de 29 °C.

4.1. Ensaio Preliminares

Os resultados de vazão obtidos dos ensaios preliminares e expressos em cm^3/min , constam do Apêndice I. As médias dos coeficientes de variação dos dados de vazão ao longo da L da FD, constam da Tabela 4.1 e as obtidas no trecho uniforme da FD, na Tabela 4.2. As eficácias de distribuição são encontradas nas Tabelas 4.3 e 4.4.

Tabela 4.1. Médias dos coeficientes de variação (%) dos dados de vazão, obtidos ao longo da L da FD dos bicos ensaiados.

ENSAIOS (*)	C.V.	ENSAIOS (*)	C.V.
B ₁ H ₁ P ₁	56,98	B ₃ H ₁ P ₁	55,11
P ₂	43,31	P ₂	57,39
P ₃	64,28	P ₃	55,56
P ₄	60,52	P ₄	73,08
B ₁ H ₂ P ₁	66,06	B ₃ H ₂ P ₁	64,69
P ₂	62,16	P ₂	56,74
P ₃	55,50	P ₃	64,75
P ₄	51,04	P ₄	63,48
B ₁ H ₃ P ₁	63,71	B ₃ H ₃ P ₁	58,19
P ₂	56,40	P ₂	53,33
P ₃	50,79	P ₃	66,97
P ₄	58,31	P ₄	65,07
B ₂ H ₁ P ₁	39,31	B ₄ H ₁ P ₁	56,21
P ₂	57,15	P ₂	51,74
P ₃	51,03	P ₃	49,07
P ₄	48,75	P ₄	53,97
B ₂ H ₂ P ₁	48,83	B ₄ H ₂ P ₁	51,74
P ₂	46,30	P ₂	43,97
P ₃	49,38	P ₃	39,29
P ₄	44,40	P ₄	50,53
B ₂ H ₃ P ₁	50,52	B ₄ H ₃ P ₁	47,54
P ₂	34,65	P ₂	47,76
P ₃	44,61	P ₃	35,35
P ₄	48,57	P ₄	43,74

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.1.2.

Tabela 4.2. Médias dos coeficientes de variação (%) dos dados de vazão no trecho uniforme da FD dos bicos ensaiados.

ENSAIOS (*)	C.V.	ENSAIOS (*)	C.V.
$B_1H_1P_1$	3,57	$B_3H_1P_1$	9,37
P_2	1,26	P_2	4,11
P_3	1,55	P_3	4,91
P_4	0,90	P_4	3,40
$B_1H_2P_1$	3,45	$B_3H_2P_1$	8,16
P_2	5,19	P_2	3,80
P_3	3,55	P_3	4,14
P_4	3,77	P_4	3,65
$B_1H_3P_1$	4,24	$B_3H_3P_1$	8,33
P_2	6,51	P_2	10,40
P_3	5,56	P_3	7,08
P_4	4,79	P_4	9,78
$B_2H_1P_1$	6,63	$B_4H_1P_1$	11,39
P_2	2,59	P_2	8,37
P_3	1,82	P_3	10,39
P_4	2,37	P_4	8,13
$B_2H_2P_1$	6,36	$B_4H_2P_1$	10,53
P_2	6,93	P_2	10,73
P_3	6,04	P_3	9,37
P_4	9,08	P_4	9,36
$B_2H_3P_1$	5,69	$B_4H_3P_1$	10,58
P_2	8,82	P_2	3,02
P_3	3,73	P_3	10,76
P_4	7,89	P_4	8,46

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.1.2.

Tabela 4.3. Valores médios de T (cm³), A_V (cm³) e E_V% obtidos para os bicos ensaiados.

ENSAIOS (*)	T	A _V	E _V %	ENSAIOS (*)	T	A _V	E _V %
B ₁ H ₁ P ₁	566,75	373,75	65,96	B ₃ H ₁ P ₁	1.600,37	745,25	45,56
P ₂	807,00	293,88	36,42	P ₂	2.328,12	1.012,00	43,46
P ₃	985,50	341,75	34,67	P ₃	2.855,37	1.254,00	43,92
P ₄	1.136,75	390,00	34,30	P ₄	3.277,75	1.430,75	43,65
B ₁ H ₂ P ₁	572,37	206,25	36,03	B ₃ H ₂ P ₁	1.646,12	565,75	34,34
P ₂	800,25	225,75	28,20	P ₂	2.285,87	521,62	22,82
P ₃	977,12	264,62	27,08	P ₃	2.859,25	624,25	21,85
P ₄	1.128,37	299,00	26,49	P ₄	3.273,75	724,62	22,13
B ₁ H ₃ P ₁	565,50	174,50	30,86	B ₃ H ₃ P ₁	1.648,37	1.042,87	63,26
P ₂	794,25	183,12	23,68	P ₂	2.330,50	1.392,37	59,75
P ₃	978,12	219,37	22,42	P ₃	2.883,75	1.037,00	35,95
P ₄	1.131,25	247,12	21,84	P ₄	3.293,35	1.634,37	49,61
B ₂ H ₁ P ₁	553,88	172,50	31,13	B ₄ H ₁ P ₁	538,12	155,37	28,87
P ₂	780,00	321,13	41,17	P ₂	750,00	269,95	35,93
P ₃	948,50	381,50	40,22	P ₃	919,37	607,50	66,07
P ₄	1.096,75	434,75	39,64	P ₄	1.057,00	925,12	93,19
B ₂ H ₂ P ₁	551,37	334,37	60,64	B ₄ H ₂ P ₁	538,87	116,87	21,71
P ₂	780,12	546,25	70,01	P ₂	761,62	263,00	34,53
P ₃	949,62	558,87	58,85	P ₃	927,12	336,50	41,68
P ₄	1.112,28	827,27	74,39	P ₄	1.070,00	912,62	85,13
B ₂ H ₃ P ₁	559,75	334,00	59,67	B ₄ H ₃ P ₁	535,12	121,00	22,60
P ₂	781,87	562,12	71,89	P ₂	761,25	126,75	16,65
P ₃	954,12	661,37	69,31	P ₃	930,87	604,50	64,93
P ₄	1.096,00	677,87	61,85	P ₄	1.078,62	937,25	86,89

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.1.2.

Tabela 4.4. Valores de N, N_u e E₁% obtidos para os bicos ensaiados.

ENSAIOS (*)	N	N _u	E ₁ %	ENSAIOS (*)	N	N _u	E ₁ %
B ₁ H ₁ P ₁	7	3	42,85	B ₂ H ₁ P ₁	8	2	25,00
P ₂	8	2	25,00	P ₂	11	3	27,27
P ₃	10	2	20,00	P ₃	11	3	27,27
P ₄	10	2	20,00	P ₄	11	3	27,27
B ₁ H ₂ P ₁	10	2	20,00	B ₂ H ₂ P ₁	11	5	45,45
P ₂	12	2	16,66	P ₂	13	7	53,84
P ₃	12	2	16,66	P ₃	14	6	42,85
P ₄	12	2	16,66	P ₄	14	8	57,14
B ₁ H ₃ P ₁	12	2	16,66	B ₂ H ₃ P ₁	14	6	42,85
P ₂	14	2	14,28	P ₂	15	9	60,00
P ₃	14	2	14,28	P ₃	17	9	52,94
P ₄	16	2	12,50	P ₄	18	8	44,44
B ₃ H ₁ P ₁	9	3	33,33	B ₄ H ₁ P ₁	11	3	27,27
P ₂	11	3	27,27	P ₂	12	4	33,33
P ₃	11	3	27,27	P ₃	13	7	53,84
P ₄	13	3	23,07	P ₄	14	10	71,42
B ₃ H ₂ P ₁	13	3	23,07	B ₄ H ₂ P ₁	13	3	23,07
P ₂	14	2	14,28	P ₂	15	5	33,33
P ₃	16	2	12,50	P ₃	16	6	37,50
P ₄	16	2	12,50	P ₄	18	12	66,66
B ₃ H ₃ P ₁	15	7	46,66	B ₄ H ₃ P ₁	16	4	25,00
P ₂	17	7	41,17	P ₂	19	3	15,78
P ₃	20	4	20,00	P ₃	19	11	57,89
P ₄	20	6	30,00	P ₄	21	15	71,42

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.1.2.

4.2. Ensaio dos Bicos Projetados para Faixa de Deposição Contínua.

Os resultados de vazão obtidos nos ensaios de bicos projetados para FD contínua, expressos em cm^3/min , constam do Apêndice 2. As médias dos coeficientes de variação dos dados de vazão ao longo da L da FD constam da Tabela 4.5 e as obtidas no trecho uniforme da FD na Tabela 4.6. As eficácias de distribuição são encontradas nas Tabelas 4.7 e 4.8.

Tabela 4.5. Médias dos coeficientes de variação (%) dos dados de vazão obtidos ao longo da L da FD dos bicos B₅, B₆, B₇ e B₈.

ENSAIOS (*)	C.V.	ENSAIOS (*)	C.V.
B ₅ H ₁ P ₁	56,03	B ₇ H ₁ P ₁	26,43
P ₂	58,88	P ₂	29,44
P ₃	58,41	P ₃	42,12
P ₄	64,70	P ₄	36,47
B ₅ H ₂ P ₁	46,90	B ₇ H ₂ P ₁	45,98
P ₂	49,01	P ₂	35,89
P ₃	50,12	P ₃	25,98
P ₄	44,37	P ₄	20,65
B ₅ H ₃ P ₁	41,45	B ₇ H ₃ P ₁	40,58
P ₂	45,93	P ₂	33,15
P ₃	42,59	P ₃	30,86
P ₄	38,67	P ₄	27,15
B ₆ H ₁ P ₁	51,96	B ₈ H ₁ P ₁	23,30
P ₂	64,47	P ₂	29,98
P ₃	60,58	P ₃	43,25
P ₄	64,59	P ₄	38,60
B ₆ H ₂ P ₁	42,91	B ₈ H ₂ P ₁	45,51
P ₂	50,50	P ₂	37,14
P ₃	52,99	P ₃	26,38
P ₄	48,66	P ₄	16,10
B ₆ H ₃ P ₁	44,86	B ₈ H ₃ P ₁	37,79
P ₂	46,15	P ₂	35,75
P ₃	43,76	P ₃	31,81
P ₄	41,04	P ₄	25,34

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.2.2.

Tabela 4.6. Médias dos coeficientes de variação (%) dos dados de vazão, obtidos no trecho uniforme da FD dos bicos B₅, B₆, B₇ e B₈.

ENSAIOS (*)	C.V.	ENSAIOS (*)	C.V.
B ₅ H ₁ P ₁	7,46	B ₇ H ₁ P ₁	7,44
P ₂	6,67	P ₂	6,16
P ₃	5,10	P ₃	5,20
P ₄	8,11	P ₄	10,79
B ₅ H ₂ P ₁	9,64	B ₇ H ₂ P ₁	8,04
P ₂	5,49	P ₂	7,23
P ₃	7,44	P ₃	8,33
P ₄	10,69	P ₄	8,04
B ₅ H ₃ P ₁	6,90	B ₇ H ₃ P ₁	8,54
P ₂	8,41	P ₂	7,09
P ₃	7,91	P ₃	7,74
P ₄	10,75	P ₄	8,23
B ₆ H ₁ P ₁	9,21	B ₈ H ₁ P ₁	3,65
P ₂	10,11	P ₂	9,43
P ₃	6,23	P ₃	9,01
P ₄	8,34	P ₄	9,63
B ₆ H ₂ P ₁	9,92	B ₈ H ₂ P ₁	8,34
P ₂	9,05	P ₂	7,38
P ₃	9,71	P ₃	7,32
P ₄	9,74	P ₄	9,45
B ₆ H ₃ P ₁	9,96	B ₈ H ₃ P ₁	5,22
P ₂	8,00	P ₂	7,16
P ₃	10,83	P ₃	9,92
P ₄	8,57	P ₄	10,64

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.2.2.

Tabela 4.7. Valores médios de T (cm^3), A_v (cm^3) e $E_v\%$, obtidos para os bicos B_5 , B_6 , B_7 e B_8 .

ENSAIOS (*)	T	A_v	$E_v\%$	ENSAIOS (*)	T	A_v	$E_v\%$
$B_5H_1P_1$	984,50	561,25	57,00	$B_7H_1P_1$	278,25	114,00	40,96
P_2	1.325,50	899,00	94,74	P_2	385,25	352,25	91,42
P_3	1.725,75	1.379,25	79,92	P_3	478,25	403,25	84,31
P_4	1.981,75	1.733,25	87,46	P_4	547,25	526,75	96,25
$B_5H_2P_1$	987,50	614,75	62,25	$B_7H_2P_1$	275,25	144,50	52,49
P_2	1.429,25	1.135,00	79,41	P_2	392,50	334,75	85,28
P_3	1.756,75	1.697,25	96,61	P_3	479,25	449,25	93,74
P_4	2.007,50	1.873,75	93,33	P_4	541,00	497,50	91,95
$B_5H_3P_1$	987,50	874,00	88,50	$B_7H_3P_1$	273,75	120,25	43,93
P_2	1.417,00	1.368,00	96,53	P_2	394,75	351,25	88,97
P_3	1.742,00	1.434,00	85,18	P_3	478,25	426,25	89,12
P_4	1.999,25	1.861,00	93,08	P_4	549,25	481,00	85,57
$B_6H_1P_1$	989,75	821,50	82,99	$B_8H_1P_1$	278,50	115,00	41,29
P_2	1.427,00	1.389,75	97,39	P_2	387,75	357,25	92,11
P_3	1.716,00	1.375,25	80,14	P_3	484,00	404,00	83,46
P_4	1.972,25	1.722,75	87,34	P_4	553,00	539,25	97,51
$B_6H_2P_1$	963,50	954,00	99,01	$B_8H_2P_1$	279,50	146,00	52,23
P_2	1.381,25	1.309,25	94,78	P_2	395,25	338,00	85,52
P_3	1.696,00	1.657,25	97,71	P_3	486,25	461,50	94,91
P_4	1.956,75	1.870,25	95,58	P_4	560,00	509,25	90,93
$B_6H_3P_1$	956,50	864,75	90,40	$B_8H_3P_1$	290,75	128,50	44,19
P_2	1.372,75	1.327,50	96,70	P_2	399,00	358,50	89,85
P_3	1.687,75	1.617,50	95,83	P_3	487,00	433,75	89,06
P_4	1.950,50	1.648,00	84,49	P_4	561,00	484,25	86,31

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.2.2.

Tabela 4.8. Valores de N, N_u e E₁% obtidos para os bicos B₅, B₆, B₇ e B₈.

ENSAIOS (*)	N	N _u	E ₁ %	ENSAIOS (*)	N	N _u	E ₁ %
B ₅ H ₁ P ₁	11	5	45,45	B ₇ H ₁ P ₁	9	3	33,33
P ₂	13	9	69,23	P ₂	11	9	81,81
P ₃	14	8	57,14	P ₃	13	9	69,23
P ₄	15	9	60,00	P ₄	13	11	84,61
B ₅ H ₂ P ₁	13	7	53,84	B ₇ H ₂ P ₁	13	5	38,46
P ₂	16	10	62,50	P ₂	15	11	73,33
P ₃	17	13	76,47	P ₃	15	13	86,66
P ₄	17	13	76,47	P ₄	15	13	86,66
B ₅ H ₃ P ₁	16	12	75,00	B ₇ H ₃ P ₁	15	5	33,33
P ₂	19	15	78,95	P ₂	18	14	77,77
P ₃	20	14	70,00	P ₃	19	15	78,94
P ₄	20	16	80,00	P ₄	19	15	78,94
B ₆ H ₁ P ₁	11	7	63,63	B ₈ H ₁ P ₁	9	3	33,33
P ₂	13	9	69,23	P ₂	11	9	81,81
P ₃	14	8	57,14	P ₃	13	9	69,23
P ₄	15	9	60,00	P ₄	13	11	84,61
B ₆ H ₂ P ₁	13	11	84,61	B ₈ H ₂ P ₁	13	5	38,46
P ₂	16	12	75,00	P ₂	15	11	73,33
P ₃	17	13	76,47	P ₃	15	13	86,66
P ₄	17	13	76,47	P ₄	15	13	86,66
B ₆ H ₃ P ₁	16	12	75,00	B ₈ H ₃ P ₁	15	5	33,33
P ₂	19	15	78,95	P ₂	18	14	77,77
P ₃	20	16	80,00	P ₃	19	15	78,94
P ₄	20	14	70,00	P ₄	19	15	78,94

(*)A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.2.2.

4.3. Ensaio dos Bicos Associados em Barra

Os resultados de vazão obtidos nos ensaios dos bicos B_7 e B_8 associados em barra segundo os métodos descritos em 3.3.2, expressos em cm^3/min , constam do Apêndice 3. Os coeficientes de variação relativos a êsses dados são encontrados nas Tabelas 4.9, 4.10 e 11. As eficácias de distribuição volumétricas e lineares dos bicos individuais quando associados ($E_{va}\%$) e ($E_{1a}\%$) constam da tabela 4.12.

Tabela 4.9. Médias dos coeficientes de variação (%) calculados a partir dos dados obtidos na associação para cobertura simples.

ENSAIOS (*)	C.V.
$B_{7,8}H_1P_2$	37,08
P_3	49,84
P_4	42,27
$B_{7,8}H_2P_2$	43,40
P_3	35,55
P_4	27,67
$B_{7,8}H_3P_2$	44,43
P_3	40,63
P_4	33,62

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.1.1.

Tabela 4.10. Médias dos coeficientes de variação (%) calculados a partir dos dados obtidos na associação para cobertura dupla.

ENSAIOS (*)	C.V.
$B_{7,8}H_1P_2$	18,52
P_3	28,46
P_4	22,69
$B_{7,8}H_2P_2$	25,60
P_3	13,00
P_4	9,19
$B_{7,8}H_3P_2$	24,70
P_3	20,44
P_4	12,97

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.3.1.

Tabela 4.11. Médias dos coeficientes de variação (%) calculados a partir dos dados obtidos na associação segundo o método proposto.

ENSAIOS (*)	C.V.
$B_{7,8}H_1P_2$	12,62
P_3	6,36
P_4	8,74
$B_{7,8}H_2P_2$	6,61
P_3	15,21
P_4	9,56
$B_{7,8}H_3P_2$	6,61
P_3	9,47
P_4	7,56

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.3.1.

Tabela 4.12. Valores da $E_{va}\%$ e $E_{la}\%$, calculados através das equações (18) e (19), para o método de associação proposto.

ENSAIOS (*)	$E_{va}\%$	N	N_a	$E_{la}\%$
$B_{7,8}^{H_1}P_2$	-----			-----
P_3	100,00	13	10	76,92
P_4	100,00	13	11	84,61
$B_{7,8}^{H_2}P_2$	100,00	15	12	80,00
P_3	-----			-----
P_4	100,00	15	13	86,66
$B_{7,8}^{H_3}P_2$	100,00	18	15	83,33
P_3	100,00	19	16	84,21
P_4	100,00	19	17	89,47

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.3.1.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise e discussão dos resultados obtidos nos ensaios de bicos, serão feitas em separado para os ensaios preliminares, os ensaios de bicos projetados para FD contínua e ensaios de bicos associados em barra.

5.1. Análise e Discussão dos Ensaios Preliminares

Tendo em vista os resultados obtidos nos ensaios preliminares, a análise e discussão dos aspectos relacionados com o desempenho funcional dos bicos, envolve considerações sobre as médias dos coeficientes de variação obtidos para os dados de vazão no trecho uniforme da FD, a análise da variância dos valores da $E_v\%$, a seleção dos tratamentos que apresentaram $E_v\%$ e $E_1\%$ superiores a 50% e a discussão através de gráficos dos valores da $E_v\%$ e $E_1\%$ dos bicos B_2 e B_4 .

Observando-se as médias dos coeficientes de variação

dos dados de vazão obtidos ao longo da L da FD, constantes da Tabela 4.1, verifica-se que embora o valor máximo do C.V. encontrado seja 73%, isto é, 6,3 vezes menor que o calculado pela equação (7), é um valor muito alto para expressar a uniformidade de distribuição, tendo-se em vista os valores obtidos por Yates (1962) e Nordby (1968). Por outro lado, para os bicos de projetos específicos ensaiados, os volumes coletados pelas calhas situadas sob as extremidades do jato, fogem muito da média. A hipótese feita em 3.1.2 admite o pré-estabelecimento de um valor limite para o coeficiente de variação do trecho uniforme da FD. O valor mínimo encontrado para esse limite, foi de 11,39%, isto é, prosseguindo-se na supressão dos dados de vazão ele não se reduz.

A análise da variância efetuada para os valores da $E_v\%$, apresentados na Tabela 4.3, após transformação em arco seno da raiz quadrada da $E_v\%$, é a que se segue:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
Bicos	3	5.885,36	1.961,79	7.786,74 **
Alturas	2	408,18	204,01	810,07 **
Pressões	3	2.047,07	682,36	2.708,42 **
BxH	6	6.125,45	1.020,91	4.052,19 **
BxP	9	12.243,76	1.360,42	5.399,78 **
HxP	6	154,32	25,72	102,09 **
BxHxP	18	1.379,03	76,61	304,09 **
Resíduo	144	36,28	0,25	
Total	191	28.279,45		

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade para o teste F, é indicada, respectivamente, por um (*) e dois (**) asteriscos.

A significância do teste F para todos os fatores considerados, indica que o comportamento da $E_v\%$ é uma consequência da interação dos fatores bico, altura e pressão.

A significância da interação tripla sugere a comparação de médias, através do teste de Tukey. Considerando-se o fato de que uma eficácia de distribuição volumétrica ($E_v\%$) e linear ($E_l\%$) menor que 50% não apresenta interesse do ponto de vista prático, aplicou-se o teste de Tukey apenas para os ensaios cujos valores da $E_v\%$ foram superiores a 50%, apresentados na Tabela 5.1. Os valores das diferenças mínimas significativas (dms), ao nível de 5% e 1% de probabilidade, são respectivamente:

$$dms = 0,22 \text{ e } dms = 0,25.$$

Tabela 5.1. Valores médios da $E_v\%$ superiores ao limite estabelecido e correspondentes valores da $E_l\%$.

ENSAIOS (*)	$E_v\%$	$E_l\%$
$B_4H_1P_4$	93,19	71,42
$B_4H_3P_4$	85,89	71,42
$B_4H_2P_4$	85,13	66,66
$B_2H_2P_4$	74,39	57,14
$B_2H_3P_2$	71,89	60,00
$B_2H_2P_2$	70,01	53,84
$B_2H_3P_3$	69,31	52,94
$B_4H_1P_3$	66,07	53,84
$B_4H_3P_3$	64,93	57,89

A comparação das médias da $E_v\%$ da Tabela 5.1, revela que todos os contrastes efetuados são significativos ao nível de 1% de probabilidade.

O C.V. do experimento é dado por:

$$C.V. = \frac{s_e}{\hat{m}_e} \cdot 100$$

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.1.2.

onde s_e é o desvio padrão e \hat{m}_e a média da $E_V\%$. Substituindo-se os valores obtidos da análise da variância tem-se:

$$C.V. = \frac{0,5}{42,03} \cdot 100 = 1,18\%$$

Levando-se em conta que não só a análise de variância mostrou-se significativa para a interação tripla, mas também o teste de Tukey, para a grande maioria dos contrastes efetuados, a visualização do efeito dos fatores pressão e altura sobre as características de desempenho dos bicos é feita através de gráficos.

O gráfico da Figura 9 construído de acordo com o estabelecido em 3.1.2, contém as CD do bico B_2 com pressão P_4 nas alturas H_1 , H_2 e H_3 , consideradas nos ensaios. Nêle, obser-

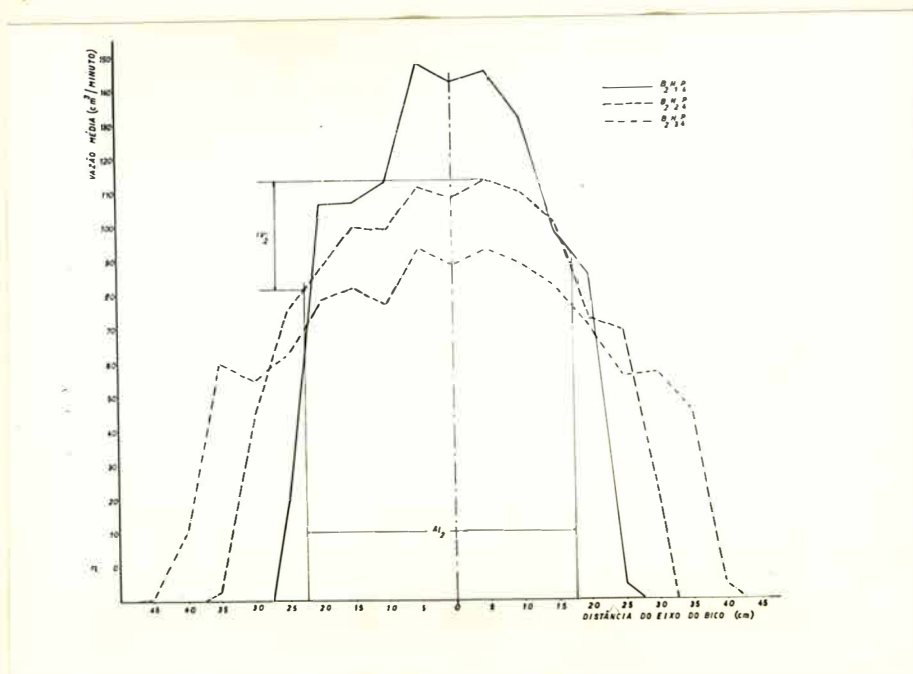


Figura 9. Gráfico contendo as curvas de deposição (CD) obtidas para o bico B_2 , com pressão P_4 , nas três alturas ensaiadas. I.V. intervalo de variação.

va-se que há uma proporcionalidade entre a largura da FD e altura do bico, fato que pode ser facilmente explicado considerando-se a forma do jato.

O valor da A_1 é representando apenas para a altura H_2 , pois neste caso a $E_1\%$ foi maior que 50%.

Outro aspecto evidenciado através da CD é a assimetria da largura da FD com relação ao eixo do bico. O intervalo de variação (I.V.), mostra as diferenças de vazão observadas no trecho uniforme da FD correspondentes a um C.V. igual a 9,08%.

O gráfico da Figura 10, construído de forma semelhante ao da Figura 9, contém as curvas de deposição (CD) obtidas para o bico B_4 , com pressão P_4 , nas alturas H_1 , H_2 e H_3 , consi

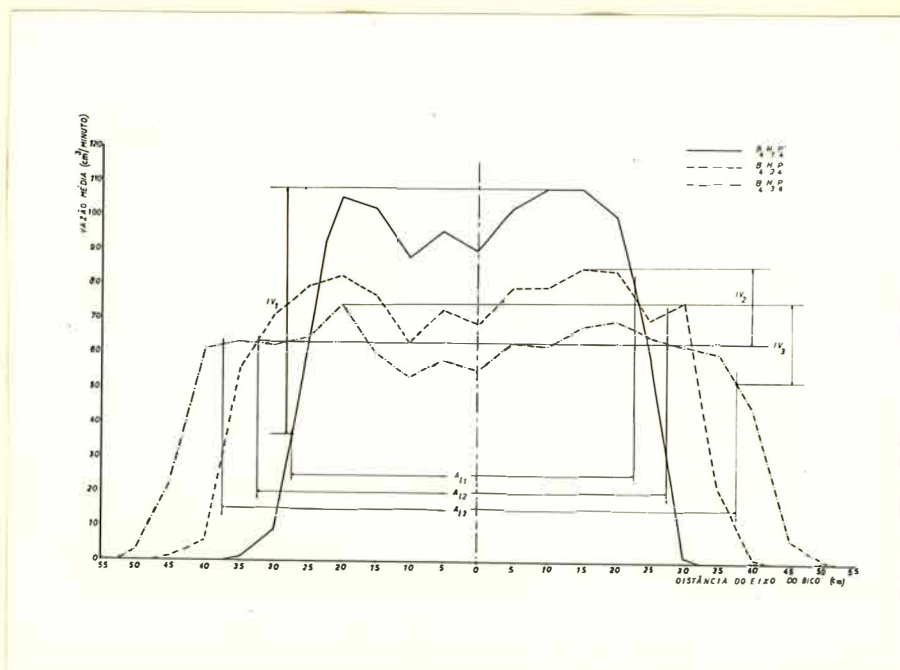


Figura 10. Gráfico contendo as curvas de deposição (CD) obtidas para o bico B_4 , com pressão P_4 nas três alturas ensaiadas. I.V.₁. intervalo de variação com a altura H_1 . I.V.₂. intervalo de variação com a altura H_2 . I.V.₃. intervalo de variação com a altura H_3 .

deradas nos ensaios. Comparando-se as CD obtidas, para os bicos B_2 e B_4 , observa-se o mesmo efeito já verificado, da altura sôbre a L da FD para ambos os bicos. Nota-se apenas para o tratamento $B_4H_3P_4$ uma simetria da L e A_1 da FD com relação ao eixo do bico. Os valores da A_1 são representados para as três alturas, pois nêstes casos os valores da $E_1\%$ são superiores a 50%. São demarcados ainda os três intervalos de variação para as alturas ensaiadas. Observa-se que o limite de variação de vazão para a altura H_1 é maior que os demais, embora as diferenças do C.V. entre os tratamentos sejam relativamente pequenas como mostra a Tabela 4.2.

O gráfico da Figura 11 mostra o efeito da variação de pressão, sôbre os valores da $E_v\%$ e $E_1\%$ para os bicos B_2 e B_4 , na altura H_3 . Pode-se notar um antagonismo de comportamento

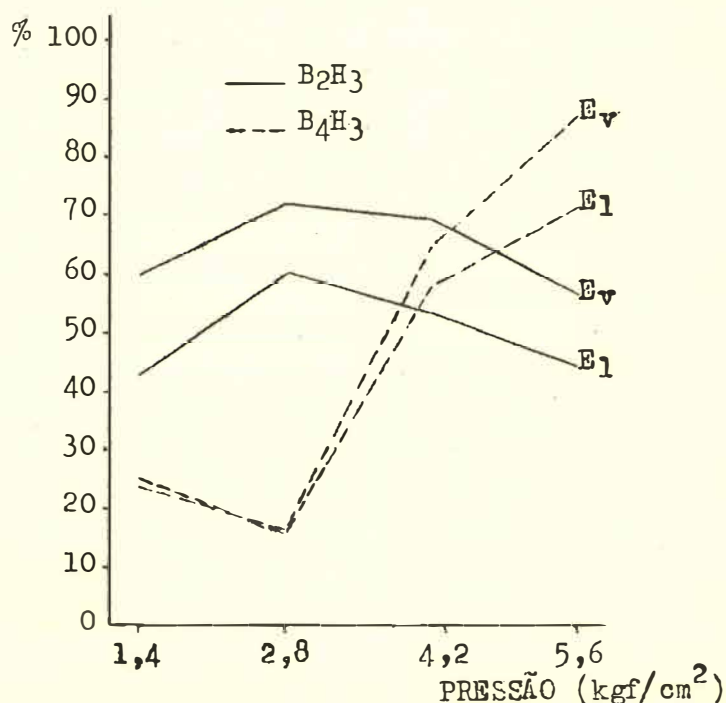


Figura 11. Gráfico mostrando o efeito da variação de pressão, sôbre os valores da $E_v\%$ e $E_1\%$ para os bicos B_2 e B_4 , com a altura H_3 .

entre os bicos com o acréscimo de pressão. Procurando-se explicar êsse antagonismo, é estudada a influência das alturas sôbre os valores da L e A_1 , componentes da $E_1\%$, através dos gráficos das Figuras 12 e 13. O gráfico da Figura 12 mostra

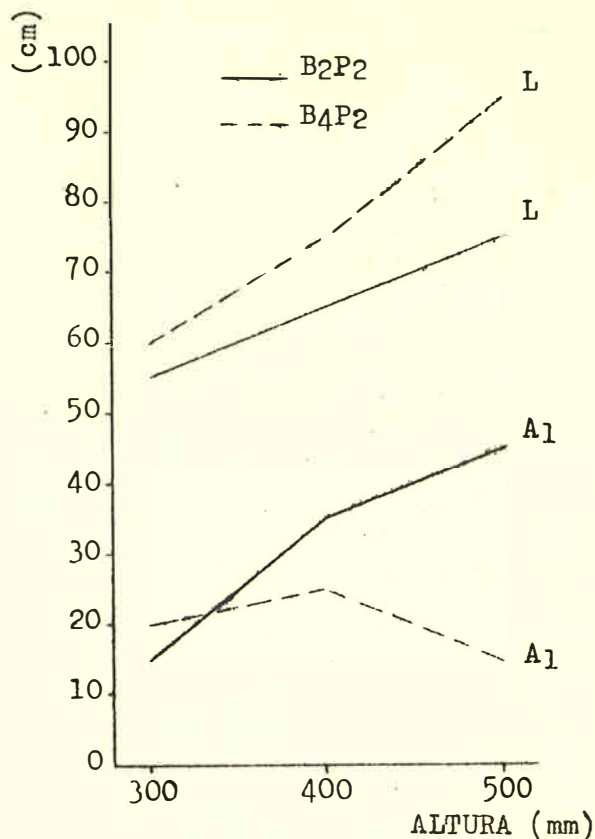


Figura 12. Gráfico mostrando as variações da A_1 e L com a pressão P_2 , para os bicos B_2 e B_4 .

as variações desses valores, em função da altura, para a pressão P_2 . O valor da A_1 , para o bico B_2 cresce proporcionalmente com o valor da L da FD , daí a razão pela qual o valor da $E_1\%$ (gráfico da Figura 11) é maior para o bico B_2 naquela pressão e altura. Para a pressão P_4 , o gráfico da Figura 13 mostra as variações da A_1 e L em função das alturas. Observa-se

que a L da FD dos bicos B_2 e B_4 aumenta a medida que se aumenta a altura. Por outro lado o valor da A_1 do bico B_4 cresce continuamente com a altura, enquanto que A_1 do bico B_2 , cresce até H_2 , mantendo-se constante até H_3 . Desde que os valores da L e A_1 variam de forma oposta, na altura H_3 com as pressões P_2 e P_4 , explica-se o antagonismo verificado para a $E_1\%$ dos bicos B_2 e B_4 , uma vez que de acôrdo com a equação (14) êsse valor é uma relação percentual dos outros dois mencionados. Verifica-se desta forma que o comportamento dos bicos em relação ao parâmetro mencionado, depende das características de sua construção, uma vez que, ambos diferem apenas pelo tipo de faixa de deposição para a qual foram projetados.

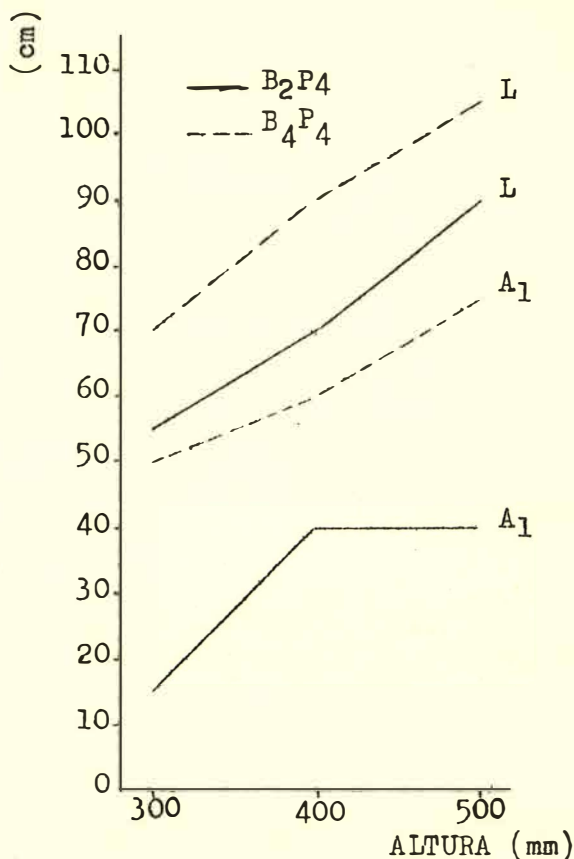


Figura 13. Gráfico mostrando as variações da A_1 e L em função das alturas ensaiadas, para os bicos B_2 e B_4 com a pressão P_4 .

Para se julgar o efeito da altura nas demais pressões, recorre-se aos gráficos das Figuras 14 e 15. Do gráfico da Figura 14, observa-se que o aumento de altura produz aumento no valor da A_1 do bico B_4 , para qualquer das pressões ensaiadas, com exceção de P_2 na altura H_3 e P_3 na altura H_2 . Do gráfico da Figura 15, observa-se que o aumento de altura, aumenta os valores da A_1 do bico B_2 com tôdas as pressões, exceto com P_4 , onde se mantém constante para as alturas H_2 e H_3 . Na altura H_3 nota-se que com as pressões P_2 e P_3 não há diferenças nos valores da A_1 , sendo êstes os maiores valores observados para o bico B_2 .

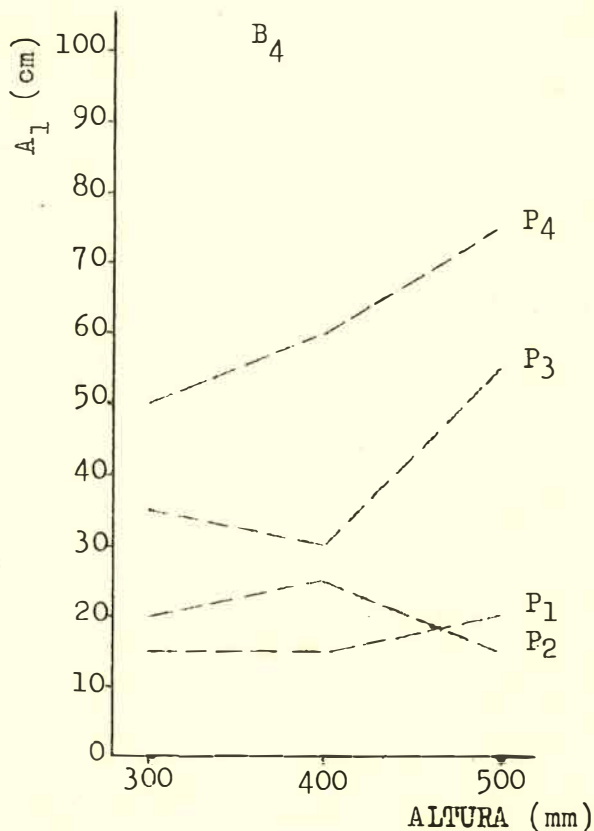


Figura 14. Gráfico mostrando o efeito das alturas sobre a A_1 do bico B_4 .

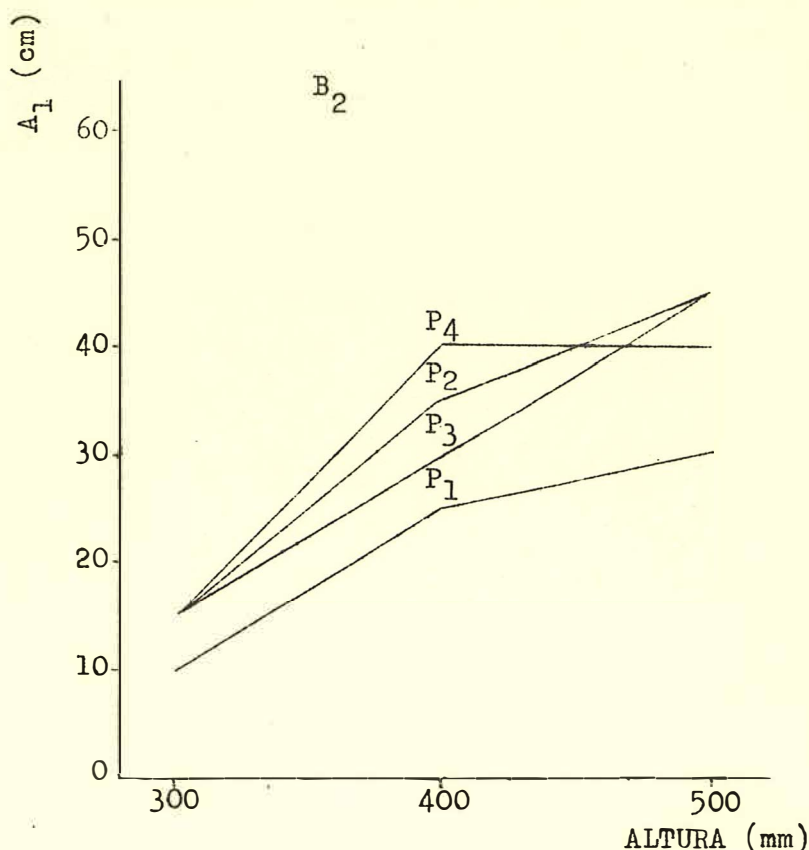


Figura 15. Gráfico mostrando o efeito das alturas sobre a A_1 do bico B_2 .

5.2. Análise e Discussão dos Ensaio de Bicos Projetados para Faixa de Deposição Contínua.

A análise dos resultados obtidos nos ensaios de bicos projetados para FD contínua, envolve considerações sobre as médias dos coeficientes de variação, dos dados de vazão obtidos ao longo da largura e no trecho uniforme da FD, as comparações entre os bicos ensaiados citadas em 3.2.2 e a eleição de dois bicos iguais, para os ensaios de associações.

Observando-se as médias dos coeficientes de variação dos dados de vazão, obtidos ao longo da largura da FD, constantes da Tabela 4.5, da mesma forma como ocorreu para os bicos

utilizados nos ensaios preliminares, verifica-se que embora o valor máximo encontrado seja 6,9 vezes menor que o calculado pela equação (7), é excessivo para expressar a uniformidade de distribuição do líquido pulverizado, tendo-se em vista os valores encontrados na literatura.

Como se pode observar da Tabela 4.6, os coeficientes de variação dos dados de vazão no trecho uniforme da FD, também estão abaixo do valor limite de 11,59%, pré-estabelecido nos ensaios preliminares, para aquele parâmetro.

A análise da variância dos valores da $E_v\%$ da Tabela 4.7, para os bicos B_5 , B_6 , B_7 e B_8 , após transformação em arco seno da raiz quadrada da $E_v\%$, é a que se segue:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
Bicos	3	1.639,25	546,41	796,90 **
Alturas	2	.225,90	.112,95	.164,72 **
Pressões	3	6.266,03	2.088,67	3.046,16 **
BxH	6	.544,35	92,39	134,74 **
BxP	9	2.749,19	305,46	445,49 **
HxP	6	1.239,11	206,51	301,19 **
BxHxP	18	626,61	34,81	50,77 **
Resíduo	48	32,91	0,68	
Total	95			

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade para o teste F, é indicada, respectivamente, por um (*) e dois (**) asteriscos.

A significância do teste F para todos os fatores considerados, indica que o comportamento da $E_v\%$ é uma consequência da interação dos fatores bico, altura e pressão.

Para se encontrar os bicos, cujas $E_v\%$ são iguais, o fatorial $4 \times 3 \times 4$, foi desdobrado em dois fatoriais $2 \times 3 \times 4$, um pa-

os bicos B_5 e B_6 , e outro para os bicos B_7 e B_8 .

A análise da variância dos valores da $E_v\%$ da Tabela 4.7, para os bicos B_5 e B_6 , após transformação em arco seno da raiz quadrada da $E_v\%$, é a que se segue:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
Bicos	1	485,62	485,62	464,08 **
Alturas	2	442,84	221,42	211,60 **
Pressões	3	687,24	229,08	218,92 **
BxH	2	273,93	136,96	130,89 **
BxP	3	542,18	180,72	172,71 **
HxP	6	895,50	149,25	142,63 **
BxHxP	6	419,54	69,92	66,82 **
Resíduo	24	25,11	1,04	
Total	47	3.772,00		

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade para o teste F, é indicada, respectivamente, por um (*) e dois (**) asteriscos.

A significância do teste F para todos os fatores considerados, indica que o comportamento da $E_v\%$ dos bicos B_5 e B_6 , é uma consequência da interação dos fatores bico, altura e pressão. Desta forma é impossível se separar os efeitos principais, que determinam o comportamento da $E_v\%$ daqueles bicos, não se podendo afirmar que estes sejam iguais, com relação àquela característica de desempenho. Da mesma forma como foi realizado para os bicos utilizados nos ensaios preliminares, a visualização do efeito dos fatores pressão e altura, é feita através de gráficos. Os gráficos das Figuras 16 e 17, foram construídos a partir dos valores da $E_v\%$ dos bicos B_5 e B_6 , constantes da Tabela 4.7. Os gráficos da Figura 16 mostram o

efeito de variação da altura sôbre os valores da $E_v\%$, nas pressões ensaiadas, enquanto os da Figura 17, mostram o efeito de variação da pressão sôbre os valores da $E_v\%$, nas alturas ensaiadas.

Dos gráficos da Figura 16 observa-se que as menores variações dos valores da $E_v\%$, determinados pela variação de pressão, ocorrem em alturas diferentes, embora os bicos B_5 e B_6 sejam do mesmo tipo e fabricação. Para o bico B_5 as menores variações da $E_v\%$ ocorrem na altura H_3 , enquanto para o bi-

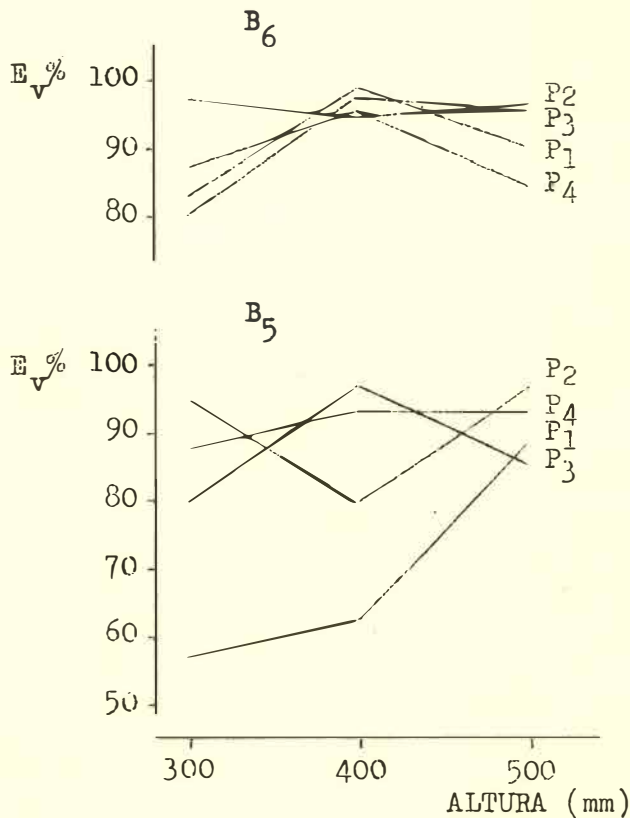


Figura 16. Gráfico mostrando o efeito de variação da altura sôbre os valores da $E_v\%$ dos bicos B_5 e B_6 , nas pressões ensaiadas.

co B_6 isso se verifica na altura H_2 . Mantendo-se constante a pressão e fazendo-se variar a altura, o comportamento dos bicos em termos da $E_v\%$ apresenta uma inesperada discrepância de comportamento, tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo.

Dos gráficos da Figura 17, pode-se observar o comportamento dos bicos B_5 e B_6 , expresso pela $E_v\%$ quando se faz variar a pressão mantendo-se constante a altura. O gráfico su-

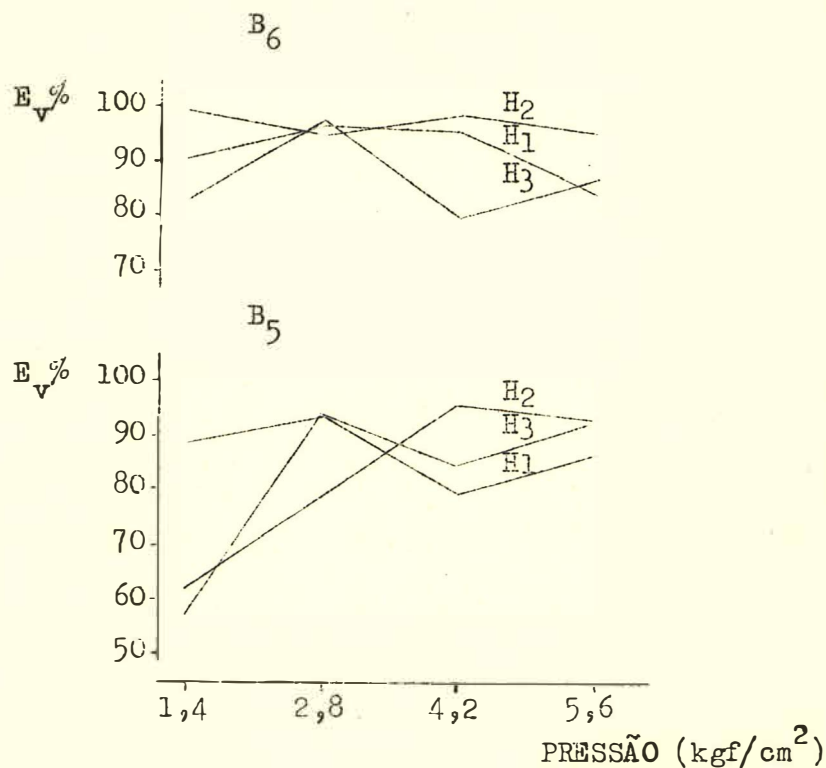


Figura 17. Gráfico mostrando o efeito de variação da pressão sobre os valores da $E_v\%$ dos bicos B_5 e B_6 , nas alturas ensaiadas.

gere uma maior discrepância de comportamento, nas três alturas consideradas, com as pressões P_1 e P_3 .

Assim evidencia-se que bicos de mesmo tipo e fabricação podem apresentar diferenças de comportamento, sob as mesmas condições de altura e pressão.

A análise da variância dos valores da $E_v\%$ dos bicos B_7 e B_8 , da Tabela 4.7, após transformação em arco seno da raiz quadrada da $E_v\%$, é a que se segue:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
Bicos	1	0,58	0,58	1,80
Alturas	2	62,62	31,31	96,32 **
Pressões	3	7.785,14	2.595,04	7.983,59 **
BxH	2	0,85	0,42	1,30
BxP	3	0,63	0,21	0,65
HxP	6	542,32	90,38	278,07 **
BxHxP	6	8,36	1,39	4,28 **
Resíduo	24	7,80	0,32	
Total	47	8.408,32		

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade para o teste F, é indicada, respectivamente, por um (*) e dois (**) asteriscos.

O fato de F não ser significativo para bicos, indica que há uma probabilidade inferior a 1% dos bicos B_7 e B_8 serem iguais por acaso, com relação ao valor da $E_v\%$. Desta forma estes poderão ser utilizados nos estudos de associações em barra, sem os riscos da introdução de variações devidas a diferenças em suas características de construção. A interação dupla HxP significativa, sugere a comparação das médias da $E_v\%$ pelo teste de Tukey, para avaliação do efeito dos fatores altura e pressão sobre aquela característica de desempenho. Os valores das diferenças mínimas significativas (dms), ao nível de 5% e 1% de probabilidade, são respectivamente:

$$dms = 1,94 \text{ e } dms = 2,28$$

O teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade, revela que são significativos todos os contrastes efetuados para a interação HdP, mostrando que a variação de altura provoca variações nos valores da $E_v\%$, em qualquer pressão de trabalho. Para as interações PdH são significativos os contrastes para as alturas H_1 e H_2 , na altura H_3 só são significativos os contrastes efetuados com P_1 , mostrando que na altura máxima ensaiada, na gama de 2,8 a 5,6 kgf/cm² não há influência da pressão sobre os valores da $E_v\%$. O coeficiente de variação do experimento é dado por:

$$C.V. = \frac{0,56}{64,56} \cdot 100 = 0,86\%$$

5.3. Análise e Discussão dos Ensaios de Bicos Associados em Barra

A análise dos resultados dos ensaios de bicos associados em barra envolve considerações sobre as médias dos coeficientes de variação, para os diferentes métodos de associação.

Da Tabela 4.9, pode-se observar que as médias dos coeficientes de variação para associação em cobertura simples são muito altos. Isso indica que a uniformidade da FD produzida pelos bicos associados segundo o critério de espaçá-los na barra de uma distância igual à largura da FD de cada bico individual, deixa muito a desejar para a eficiência de uma aplicação de defensivos agrícolas.

Da Tabela 4.10, pode-se verificar que as médias dos coeficientes de variação dos dados de vazão obtidos na associação para cobertura dupla, embora não atinjam valores tão altos quanto os obtidos para o método de espaçamento para cobertura simples, estão acima dos calculados para o trecho uniforme da FD dos bicos individuais, exceção feita ao tratamento $B_{7,8}H_2P_4$.

A largura da FD considerada é a metade da largura da FD dos bicos individuais.

Da Tabela 4.11, pode-se observar que o método de associação proposto resulta na obtenção de uma faixa de deposição cuja uniformidade é expressa por coeficientes de variação bastante baixos, exceção feita aos tratamentos $B_{7,8}^{H_1P_2}$ e $B_{7,8}^{H_2P_3}$ onde se verifica que, embora os valores encontrados situem-se abaixo dos obtidos pelos demais métodos, se encontram acima dos calculados no trecho uniforme para os bicos individuais.

Da Tabela 4.12, verifica-se que, quando o método proposto permite a obtenção de uma faixa de deposição com coeficiente de variação abaixo do limite estabelecido para o trecho uniforme da FD dos bicos individuais, $E_{va}\%$ satisfaz a equação (18) estabelecida em 3.3.2. Isso permite afirmar que, no método de associação proposto, cada bico distribui uniformemente todo o líquido pulverizado. Os valores da $E_{1a}\%$ provam que a hipótese b , estabelecida em 3.3.2 é válida. Nos casos em que a sobreposição das extremidades dos jatos produzem valores próximos da média, a A_{1a} é igual a A_1 . Nos casos contrários os valores da A_{1a} são superiores aos da A_1 . Isso evidencia que o método agora proposto permite um incremento da faixa uniforme individual dos bicos associados. O fato de não se obter em todos os tratamentos um valor da A_{1a} superior a A_1 parece ser devido ao tamanho das calhas. Estas por apresentarem uma largura excessiva provocam uma brusca redução das vazões parciais nas extremidades do jato produzido. Nesta Tabela não constam os valores da $E_{va}\%$ e $E_{1a}\%$ nos casos em que a uniformidade da faixa de deposição produzida pelo método de associação proposto, não satisfaz o limite pré-estabelecido para o coeficiente de variação, dos dados de vazão obtidos.

6. CONCLUSÕES

A análise e discussão dos resultados obtidos nos ensaios dos bicos, leva às seguintes conclusões:

6.1. O equipamento utilizado parece ser satisfatório para estudos das características de desempenho de bicos individuais, tendo-se em vista o baixo valor do coeficiente de variação do experimento, que evidencia a precisão dos ensaios.

6.2. O equipamento utilizado nos ensaios de bicos associados em barra parece ser satisfatório, considerando-se a precisão obtida, evidenciada pelo baixo valor do coeficiente de variação do experimento. Todavia a largura da calha utilizada parece ser excessiva, quando se pretende determinar a amplitude de uniformidade do bico individual quando associado.

6.3. As diferenças verificadas na eficácia de distribuição volumétrica, entre dois espécimes de bicos novos, designados por 8004 E, sugerem falhas de controle de qualidade ou falta de padronização dos processos de fabricação.

6.4. A comparação de bicos de jato em forma de leque de diferentes tipos e fabricação, poderá ser feita com base nas características de desempenho sugeridas no presente trabalho. Todavia, não se pode expressar em termos gerais, através de um único parâmetro as diferenças existentes entre bicos.

6.5. A avaliação da uniformidade de distribuição de bicos individuais e associados em barra, através do coeficiente de variação, mostrou-se satisfatória tendo em vista a versatilidade desse parâmetro estatístico, que permite a quantificação da uniformidade relativa de faixas de deposição obtidas de formas diferentes. Todavia há necessidade de se juntar à este parâmetro, outros que evidenciem as características de desempenho em termos de área coberta e de volume aplicado uniformemente, como são as eficácias de distribuição volumétrica e linear dos bicos.

6.6. O método de associação em barra proposto no presente trabalho, face aos baixos valores dos coeficientes de variação das faixas de deposição produzidas e ao aumento dos valores das eficácias de distribuição volumétrica e linear dos bicos, se mostrou superior aos propostos pela literatura.

6.7. Utilizando-se como termo de comparação os valores da eficácia de distribuição linear dos bicos 8002 e 8002 E, verificou-se que em qualquer altura ensaiada, os maiores valores são obtidos para o bico projetado para faixa de deposição contínua. Isso mostra a importância da seleção de bicos adequados, quando se deseja uma distribuição uniforme do líquido pulverizado.

6.8. Variações na altura de trabalho dos bicos 8001 E, produzem variações na eficácia de distribuição volumétrica, com qualquer pressão de trabalho.

6.9. Na altura de 500 mm, não foi verificada influência da pressão, na gama de variação de 2,8 a 5,6 kgf/cm² sobre a eficácia de distribuição volumétrica dos bicos 8001 E, evi-

denciando que a relação entre o volume pulverizado uniformemente e o volume total, independe das pressões naquela altura. Desta forma pode-se sugerir que em aplicações de defensivos no campo, a barra de pulverização deve ser mantida a uma altura do solo nunca inferior a 500 mm. Nessas condições, mesmo que ocorram variações de pressão entre os limites citados, não será prejudicada a uniformidade de aplicação.

6.10. Acréscimos na altura favorecem a eficácia de distribuição linear do bico 8002 E, sob condições de elevadas pressões de trabalho no circuito hidráulico. Contrariamente para o bico 8002, isto se verifica com pressões mais baixas.

6.11. Sob as condições estudadas, os espaçamentos recomendados pela literatura para associação em barras, de bicos projetados para fornecerem faixa de deposição contínua, parecem ser insuficientes. Com base no presente trabalho e em situações semelhantes às ensaiadas, êles poderão ser espaçados de uma distância igual ao parâmetro amplitude de uniformidade linear do bico individual quando associado.

7. RESUMO

O presente trabalho se refere, ao estudo da faixa de deposição de bicos utilizados em aplicações de defensivos agrícolas por via líquida, visando determinar suas características de desempenho funcional, possibilitando associá-los em barras de pulverização para obtenção de uma faixa de deposição uniforme, de características conhecidas.

Nos ensaios dos bicos foi utilizada uma bandeja de fundo corrugado, que coletava o líquido pulverizado durante dois minutos, marcados por um cronômetro elétrico em sincronia com um mecanismo de orientação do jato produzido.

O equipamento utilizado mostrou-se satisfatório para estudos da faixa de deposição de bicos pulverizadores, uma vez que, os coeficientes de variação dos experimentos foram de 1,18% e 0,86% evidenciando a precisão com que foram executados os ensaios.

As variáveis consideradas nos ensaios foram: a) oito

bicos de jato em forma de leque, ($B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7$ e B_8); b) três alturas dos bicos sôbre a bandeja coletora, (H_1, H_2 e H_3) e c) quatro pressões do líquido a ser pulverizado, (P_1, P_2, P_3 e P_4). O esquema de análise envolve dois fatoriais $4 \times 3 \times 4$, o primeiro com quatro repetições e o segundo com duas repetições, sendo êste desdobrado posteriormente em dois fatoriais $2 \times 3 \times 4$.

A uniformidade da faixa de deposição produzida por bicos individuais ou associados em barra de pulverização, foi julgada através da média dos coeficientes de variação (C.V.) dos dados de vazões obtidos ao longo de um dado comprimento. Além do coeficiente de variação, o método de ensaio sugere e define dois parâmetros de desempenho funcional dos bicos que são: a) eficácia de distribuição volumétrica ($E_V\%$) e b) eficácia de distribuição linear ($E_L\%$).

Os resultados obtidos nos ensaios preliminares dos bicos indicaram que os fatores bico, altura e pressão agem conjuntamente, sôbre as características da faixa de deposição, sugerindo seu estudo através de gráficos. Para bicos iguais foi possível a visualização dos efeitos de altura e pressão sôbre o parâmetro de desempenho $E_V\%$ sugerido.

O estudo das associações de bicos em barra, permitiu que um novo método de espaçamento de bicos fosse visualizado, o qual possibilita a obtenção de faixas de deposição, cuja uniformidade é expressa por baixos valores do coeficiente de variação, para as alturas e pressões consideradas.

Desde que as situações de operação dos bicos sejam semelhantes às estudadas, a escolha do tipo de bico, sua altura e pressão de trabalho pode ser feita, de maneira a obter-se faixas de deposição uniformes de características conhecidas.

8. SUMMARY

This paper deals with the study of spray patterns of nozzles, used for liquid agricultural chemical applications, to determine their functional performance, making possible the utilization on spray booms, to obtain uniform spray distribution.

For the nozzle tests a collecting tray was developed to collect the liquid spray during two minutes, indicated by an electric chronometer synchronized with a spray liquid deviation mechanism.

The equipment proved satisfactory for swath pattern studies of spray nozzles since the coefficient of variation of the experiment were 1,18% and 0,86% pointing out the precision of the tests.

The variables considered in the tests were: a) eight types of fan spray nozzles (B_1 , B_2 , B_3 , B_4 , B_5 , B_6 , B_7 and B_8); b) three nozzles height above collection tray (H_1 , H_2 and

H_3); c) four work pressures (P_1 , P_2 , P_3 and P_4). The statistical model used to analyse the data obtained from the spray nozzles involved two $4 \times 3 \times 4$ factorials, the former with four repetitions and the later with two repetitions.

The uniformity of the spray pattern produced by individual nozzles or spray booms was expressed by the mean coefficient of variation (C.V.) of flow data obtained through a given length. Beyond the coefficient of variation, the method involved suggests and defines two performance parameters: a) volumetric distribution efficiency ($E_v\%$); b) linear distribution efficiency ($E_l\%$).

The results obtained in the preliminary tests showed that nozzles, heights and pressures interact to determine the spray pattern characteristics. For this reason, a graphic method was utilized to analyse their influence. For equal nozzles, it was possible to visualize the effects of height and pressure above the parameter ($E_v\%$) suggested.

Three types of nozzle arrangements on a spray boom were considered for equal nozzles. It was verified that the arrangement suggested in this work permits to obtain uniform spray patterns with low coefficients of variation for the heights and pressures tested.

Whenever operating situations of the spray nozzles are similar to those studied, the choice of the type of nozzle its height and work pressure can be made, to obtain uniform spray patterns of known characteristics.

9. BIBLIOGRAFIA

9.1. Bibliografia Citada

- AKESSON, N.B. & HARVEY, W.A. Equipment for the Application of Herbicides. Agricultural Engineering. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 29(9):384-389. 1948.
- BARGER, E.L. et al. Problems in the Design of Chemical Weed-Control Equipment for Row Crops. Agricultural Engineering. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 29(9):381-383 1948.
- BENGTSSON, A. The influence of droplet size on the effect of weed killers. Boletim Técnico publicado pela Spraying Systems Co., Bellwood, Illinois, U.S.A. 30 p. 1960.
- BODE, L.E. et al. Spray Deposit Patterns and Droplet Sizes Obtained from Nozzles Used for Low-Volume Application. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michi

- gan, U.S.A. 11(6):754-756 1968.
- BODE, L.E. Correspondência pessoal. 1970.
- BRAZEE, R.D. Application of Polarography to Pesticide Deposit Analysis. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 6(2):163-166 1963.
- BRITAIN, R.W. et al. Evaluating Dusting and Spraying Efficiency. Agricultural Engineering. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 36(5):319-320 1955.
- CARLETON, W.M. et al. Progress and associated problems with the development of equipment in the application of agricultural chemicals. Symposium of the USDA. Beltsville, Maryland, U.S.A. 1960.
- CUNINGHAM, F.M. Performance Characteristics of Bulk Spreaders for Granular Fertilizer. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 6(2):108-114 1963.
- FAIRBANKS, G.E. Spraying equipment for weed control. Kansas State College, Kansas, U.S.A. Bulletin nº 66. 1951. 53 p.
- FRENCH, O.C. Spraying equipment for pest control. University of California, Berkeley, California, U.S.A. Bulletin nº 66 1942. 42 p.
- HEDDEN, O.H. Spray Drop Sizes and Size Distribution in Pesticide Sprays. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 4(2):158-159 1961.
- ISLER, D.A. Methods for Evaluating coverage and Drop Size in Forest Spraying. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 6(3):231-233 1963.
-
- Know your Fluid Power Symbols.
American Standard Association (ASA). Hydraulics & Pneumatics. Cleveland, Ohio, U.S.A. 19(8):127 1966.

- LILJEDAHL, L.A. & STRAIT, J. Spray Deposits Measured Rapidly. Agricultural Engineering. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 40(6):332-335 1959.
- NORDBY, A. Experimental Sprayers, Principles and Use. LandbruksTeknisk Institut, Vollebeck, Norway. 1968. 37 p.
- ROTH, L.O. & PORTERFIELD, J.G. A photographic Spray Sampling Apparatus and Technique. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 8(4):493-496 1965.
- ROTH, L.O. & PORTERFIELD, J.G. Liquid Atomization for Drift Control. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 9(4):553-555 1966.
- SCHAFER, R.L. & LOVELLY, W.G. Timing Device for Spray Nozzle Calibration. Agricultural Engineering. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 46(2):91 1965.
- SHANKS, G.L. & PATERSON, J.J. Technique for Spray Nozzle Testing. Agricultural Engineering. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 29(12):539-540 1948.
- SHANKS, G.L. & PATERSON, J.J. The Riley Sprayograph. Agricultural Engineering. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 33(7):428 1952.
- TATE, R.W. & JANSSEN, L.F. Droplet Size Data for Agricultural Nozzles. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 9(3): 303-305 1966.
- YATES, W.E. Spray Pattern Analysis and Evaluation of Deposits from Agricultural Aircraft. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 5(1):49-53 1962.

- YATES, W.E. & AKESSON, N.B. Fluorescent Tracers for Quantitative Microresidues Analysis. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan, U.S.A. 6(2):104-107 1963.
- WILKES, L.H. Effects of Nozzle Types and Spray Application Methods on Cotton Insect Control. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 4(2):166-169. 1961.
- WILKES, L.H. & BRUSSE, J.C. Activation Analysis Techniques for Pesticides Tracers. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers St. Joseph, Michigan, U.S.A. 6(2):102-103 1963.
- WILSON, J.D. et al. Spray Droplet Size as related to Disease and Insect Control on Row Crops. Ohio Agricultural Experiment Station, Wooster, Ohio. U.S.A. Research Bulletin 915. 1963. 50 p.

9.2. Bibliografia Consultada

- ANDERSON, E.D. Engineering Developments and Challenges in Chemical Weed Control. Agricultural Engineering. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 33(8):482-484 1952.
- AKESSON, N.B. & HARVEY, W.A. Chemical Weed Control Equipment. California Agricultural Experiment Station. University of California. Berkeley, California, U.S.A. Circular 339. 1948. 43 p.
- BAIHER, R. et al. Principles of Farm Machinery. John Wiley & Sons, New York. 3ª edição. 1963 571 p.

- BENAMI, A. & HORE, F.R. A New Irrigation Sprinkler Distribution Coefficient. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 7(2): 157-158 1964.
- EDWARDS, G.J. Optical Determination of Spray Coverage. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, U.S.A. 4(2):206-207 1961.
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 3ª edição. 1966 404 p.

APÊNDICE 1

Este Apêndice contém as vazões médias por calha, expressas em cm^3/min , obtidas para os bicos utilizados nos ensaios preliminares.

Tabela 1.A. Vazões médias por calha, obtidas para o bico P₁. (cm³/min)

NOME DAS CALHAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ENSAIOS (*)																						
P ₁ P ₁								49,7	62,2	125,0	128,7	120,0	75,0	5,8								
P ₂						25,3	81,2	94,3	148,0	145,8	137,0	114,6	60,5									
P ₃						1,7	49,7	112,1	172,5	169,2	166,5	121,5	88,1	7,2								
P ₄						3,8	66,3	106,7	125,3	194,7	195,2	187,7	136,5	99,2	20,8							
P ₁ P ₂ P ₁						1,7	34,5	49,1	64,0	105,2	101,0	100,1	62,2	53,0	2,3							
P ₂					1,5	23,1	58,3	79,1	87,3	117,0	108,7	111,8	97,5	79,5	44,6	1,5						
P ₃					3,1	42,1	73,1	93,3	100,6	135,6	129,0	130,2	114,3	82,5	62,7	10,2						
P ₄					9,6	51,8	83,5	107,2	113,7	153,5	145,5	147,6	129,3	93,1	67,8	25,3						
P ₁ P ₃ P ₁					1,2	20,2	43,0	46,0	60,8	89,8	84,6	81,5	60,7	40,8	34,7	1,7						
P ₂					1,5	21,2	43,3	60,2	74,6	98,7	89,7	89,6	71,2	67,6	54,5	35,6	1,7					
P ₃					9,2	30,0	53,3	71,5	86,7	86,0	114,0	105,3	104,8	95,1	80,2	63,6	52,6	17,3				
P ₄				1,7	20,0	42,5	61,2	80,8	98,6	98,0	127,7	119,3	119,6	107,5	90,2	71,7	56,8	33,1	2,0			

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.1.2.

Tabela 1.B. Varções médias por calha, obtidas para o bico B₂. (cm³/min)

NÚMERO DAS CALHAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ENSAIOS (*)																						
B ₂ H ₁ P ₁					9,7	67,5	69,3	75,5	90,2	82,2	92,3	80,3	54,0									
P ₂		1,0	67,5	86,8	85,5	108,0	105,8	107,2	95,1	85,3	36,5	1,0										
P ₃		9,7	96,0	91,7	98,7	129,3	125,5	126,6	111,3	88,6	69,5	1,2										
P ₄		19,0	106,3	106,8	112,6	147,5	142,1	145,1	131,3	97,6	85,0	3,1										
B ₂ H ₂ P ₁					6,3	56,3	58,1	64,7	68,0	63,5	68,1	70,0	52,0	42,8	1,2							
P ₂		6,2	58,5	65,8	77,3	72,2	83,6	80,2	82,5	80,5	69,7	60,7	41,5	1,0								
P ₃		1,1	21,8	74,7	89,3	84,3	97,3	93,5	98,0	96,2	83,7	63,1	63,8	7,8								
P ₄		2,5	43,7	75,2	87,5	99,1	98,1	111,3	108,0	113,0	109,5	100,6	74,7	68,5	20,2							
B ₂ H ₃ P ₁					1,5	11,7	44,1	39,0	54,0	51,7	59,3	56,2	57,2	55,1	47,7	39,0	39,7	2,8				
P ₂		20,0	50,5	51,0	57,7	61,8	57,1	68,6	67,3	69,3	64,3	60,6	55,0	46,7	45,8	5,6						
P ₃		4,1	43,2	55,1	55,8	67,6	74,3	68,3	80,0	77,7	81,3	77,5	71,0	63,3	50,0	58,1	25,2	1,0				
P ₄		1,0	10,0	59,7	54,6	62,5	77,6	81,8	76,5	90,6	88,1	93,0	83,5	81,6	69,6	55,1	56,2	45,2	4,0			

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.1.2.

Tabela 1.C. Varções médias por calha, obtidas para o bico B₃. (cm³/min)

NÚMERO DAS CALHAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
ENSAIOS (*)																							
B ₃ H ₃ P ₁						16,2	211,8	206,1	261,7	256,1	227,3	220,5	190,8	9,5									
P ₂				3,3	203,7	235,6	260,1	341,1	340,0	330,8	271,2	201,1	138,2	2,6									
P ₃				18,8	248,1	287,8	281,0	413,3	439,3	401,2	332,5	235,8	178,3	18,7									
P ₄				1,1	26,3	261,2	333,3	354,7	478,3	491,8	460,5	365,6	271,0	185,7	46,7	1,0							
B ₃ H ₃ P ₁																							
P ₂				1,1	16,7	186,3	183,1	218,7	203,2	254,0	287,6	245,8	240,0	198,1	149,5	130,2	11,1						
P ₃				1,0	4,0	170,2	218,0	261,7	245,0	305,2	319,0	311,8	289,0	238,3	181,7	157,7	60,8	1,2					
P ₄				1,0	4,8	149,6	159,0	283,1	289,2	276,6	353,1	371,5	358,1	326,2	270,2	216,3	124,0	106,0	3,8				
B ₃ H ₃ P ₁																							
P ₂				0,0	1,1	18,6	162,1	147,1	150,1	133,7	160,0	158,3	159,7	145,6	135,2	122,3	120,0	33,1	1,0				
P ₃				2,5	42,7	157,5	129,1	166,8	190,0	176,0	210,2	228,3	213,5	190,6	174,6	145,2	119,3	124,0	47,5	3,3			
P ₄				1,0	8,3	142,1	169,0	212,7	231,7	210,5	252,6	276,5	263,8	244,0	211,2	170,6	146,8	98,3	112,0	17,5	1,5	1,0	
P ₄				2,0	19,8	183,3	105,2	203,0	239,6	267,5	294,5	290,3	299,0	285,0	268,3	237,1	197,1	171,7	106,2	122,1	35,2	4,1	1,8

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.1.2.

Tabela 1.1. D. Varções médias por calha, obtidas para o bico B₄. (cm³/min)

NÚMERO DAS CALHAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
ENSAIOS (*)																							
B ₄ F ₁					1,0	60,0	79,0	57,7	51,7	46,0	57,6	79,6	71,8	32,5	1,0								
P ₂					1,0	34,7	102,7	78,3	62,7	69,2	63,5	74,0	83,0	89,3	84,3	6,8							
P ₃					3,5	78,3	97,1	89,2	73,6	84,1	78,2	89,3	97,5	95,3	96,5	35,5	1,0						
P ₄					1,0	8,8	92,5	105,1	100,2	85,6	95,6	90,0	100,5	107,7	100,0	60,2	1,7						
B ₄ F ₂ P ₁					5,6	56,1	60,2	55,6	39,0	38,7	35,1	43,0	51,5	61,5	52,3	38,1	1,2						
P ₂					5,6	57,2	74,1	67,1	57,3	45,5	52,1	49,3	56,8	59,1	67,1	68,7	69,3	10,8	1,0				
P ₃					2,0	38,0	71,0	70,0	72,7	66,2	55,2	63,7	60,6	70,0	76,1	71,0	64,6	67,2	7,8				
P ₄					1,0	5,6	55,0	71,2	79,6	82,5	77,2	63,5	72,8	68,6	79,0	79,1	84,8	84,0	70,0	75,2	21,5	1,0	
B ₄ F ₃ P ₁					1,0	14,0	47,6	46,0	50,0	38,1	27,7	30,1	28,7	34,3	40,5	50,6	47,1	40,0	36,2	2,8			
P ₂					1,2	18,6	62,2	56,5	51,5	50,6	44,0	36,2	40,6	40,0	46,1	47,7	52,1	54,7	53,1	55,8	42,3	6,5	1,0
P ₃					10,3	50,2	63,7	55,1	58,3	59,6	53,1	44,6	50,6	48,0	54,8	55,3	60,6	62,1	57,1	57,1	59,2	28,5	2,0
P ₄					2,7	22,7	61,2	64,0	62,5	65,0	69,2	60,1	50,6	58,1	55,5	63,2	62,5	68,7	69,6	65,2	60,2	46,7	6,7

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.1.2.

APÊNDICE 2

Este Apêndice contém as vazões médias por calha, expressas em cm^3/min , obtidas para os bicos projetados para faixa de deposição contínua.

Tabela 2.A. Varções médias por calha, obtidas para o bloco P₅. (cm³/min)

ENSAIOS (*)	NÚMERO DAS CALHAS																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
P ₁					1,0	75,0	134,2	118,7	111,2	102,5	106,2	122,5	149,5	61,2	2,2							
P ₂			1,0	45,0	158,0	132,5	141,5	148,2	142,5	146,2	152,2	140,5	163,7	25,5	2,0							
P ₃			2,5	106,2	157,5	156,2	170,7	177,5	174,0	176,2	185,0	167,0	170,5	74,5	3,7	2,0						
P ₄			1,0	61,7	137,5	163,7	176,2	195,0	203,0	196,5	203,0	213,7	200,0	180,0	96,7	5,0	1,5					
P ₅			2,5	75,0	110,0	96,2	66,7	83,2	78,0	80,5	88,7	101,2	116,2	67,0	2,0							
P ₆			6,7	97,7	110,2	102,0	113,5	113,5	114,7	112,0	113,7	119,5	115,7	105,7	124,7	74,0	4,5	1,0				
P ₇			1,7	37,5	143,0	112,0	122,5	134,0	136,0	139,5	135,0	134,5	139,5	135,7	124,0	113,0	126,5	16,2	2,0			
P ₈			3,2	64,7	117,5	123,0	144,0	156,2	153,7	161,5	156,2	154,2	158,2	149,0	137,7	121,5	130,7	61,7	4,0			
P ₉			15,7	73,2	70,0	73,7	75,5	72,0	71,2	65,7	66,5	70,7	76,5	79,5	73,2	79,2	17,2	1,2				
P ₁₀			1,0	19,0	80,2	97,2	87,5	94,7	98,0	96,7	93,7	83,2	87,5	90,7	93,7	92,5	89,2	92,5	27,0	2,0		
P ₁₁			8,7	75,7	92,5	98,0	111,2	118,2	115,7	112,2	105,5	105,0	109,0	111,2	109,5	101,2	95,2	99,2	71,2	6,0	1,7	
P ₁₂			23,7	91,7	92,5	102,5	116,2	130,0	131,2	131,2	123,7	123,7	120,5	121,0	115,0	104,5	105,0	98,7	21,2	1,5		

(*) A denominação das variáveis é a mesma adotada em 3.2.2.

Tabela 2.B. Vazões médias por calha, obtidas para o bico P₆. (cm³/min)

NÚMERO DAS CALHAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ENSAIOS (*)																						
B ₆ P ₁					1,0	76,7	131,7	120,5	117,5	107,5	105,5	111,2	127,5	88,7	1,7							
P ₂		1,0	13,7	177,0	150,7	161,2	146,7	150,0	140,5	146,2	143,0	174,2	20,7	1,7								
P ₃		1,0	60,0	179,2	167,0	185,2	183,2	174,5	168,7	170,0	160,0	160,5	95,0	4,5	1,0							
P ₄		1,0	2,0	101,2	178,7	190,0	210,5	216,7	200,5	190,0	190,0	178,7	167,5	133,7	10,0	1,5						
B ₆ P ₁					2,0	76,2	99,2	95,2	93,2	87,5	79,2	77,5	80,7	87,5	93,7	83,7	7,5					
P ₂		2,5	60,7	127,0	108,2	115,2	121,5	116,0	108,5	104,7	105,0	103,7	97,0	107,0	94,2	7,5	1,2					
P ₃		1,5	10,0	105,7	123,2	131,7	140,5	145,5	139,0	131,2	125,0	127,2	126,0	119,5	110,5	131,0	25,0	2,2				
P ₄		1,5	25,0	130,0	129,0	151,5	159,7	165,7	160,2	151,2	143,7	144,5	143,7	133,0	131,2	127,5	56,2	3,7				
B ₆ P ₁					5,2	68,0	84,0	79,5	77,5	74,7	70,5	65,7	63,5	63,5	65,2	71,2	68,2	80,0	16,7	1,7		
P ₂		1,0	13,0	90,7	89,2	77,5	90,5	97,7	98,2	94,5	91,7	85,5	85,0	85,0	85,0	77,5	83,0	96,2	28,7	2,5		
P ₃		4,0	53,7	106,5	89,5	102,0	108,7	116,2	114,5	112,0	106,7	102,7	103,0	101,2	101,7	94,2	85,7	96,2	76,2	10,0	2,5	
P ₄		11,5	87,0	99,5	99,0	119,0	123,2	132,2	130,5	127,7	122,0	116,7	119,2	117,0	120,0	113,7	103,7	103,7	85,7	16,2	2,5	

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.2.2.

Tabela 2.C. Vazões médias por calha, obtidas para o bico B₇. (cm³/min)

NÚMERO DAS CALHAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
ENSAIOS (°)																							
B ₇ ¹ P ₁						15,0	31,5	30,0	40,0	37,7	36,2	32,2	27,2	28,2									
P ₂						7,5	35,2	38,5	42,0	39,5	38,7	39,7	39,2	39,5	39,7	25,5							
P ₃		1,0				24,2	45,7	41,2	48,0	46,7	44,7	45,0	44,7	44,5	42,	41,2	8,5						
P ₄		1,2				35,5	48,7	47,5	54,2	52,5	50,7	51,0	49,2	48,7	43,5	45,0	19,2						
B ₇ ² P ₁						1,2	18,0	23,7	18,7	25,5	29,2	28,7	30,5	22,0	23,7	20,7	2,5						
P ₂		1,5	18,5			30,2	27,2	32,2	33,2	33,0	30,2	30,5	30,0	31,7	29,5	26,7	28,7	19,0					
P ₃		5,0	30,5			35,2	32,2	39,2	38,2	37,2	35,0	35,0	35,0	37,0	33,7	30,7	32,0	25,0					
P ₄		12,0	36,2			35,5	37,2	43,7	41,2	41,2	36,7	39,5	39,0	40,2	37,0	34,0	33,7	31,5					
B ₇ ⁵ P ₁						3,5	17,5	19,0	14,7	18,0	21,7	23,7	23,2	24,7	26,7	23,5	20,0	21,2	13,7	2,2			
P ₂		2,5	10,7			23,7	23,7	27,2	28,2	26,5	27,0	25,0	25,0	25,5	25,0	24,2	22,5	22,5	18,0	4,2			
P ₃		1,5	14,0			27,2	23,5	26,5	28,7	32,5	29,7	31,2	28,5	29,0	29,0	29,7	29,5	28,0	26,5	24,5	12,0		
P ₄		3,5	20,7			29,0	28,2	30,5	35,5	36,7	33,0	34,7	32,2	31,7	32,7	33,0	32,5	33,0	30,5	27,5	26,7	17,2	

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.2.2.

Tabela 2.D. Vazões médias por calha, obtidas para o bico Bg. (cm³/min)

EXSAIOS (*)	NÚMERO DAS CURVAS																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Pg ₁ P ₁						22,5	28,0	29,7	37,0	38,5	39,5	32,5	32,5	18,2							
P ₂					17,0	34,2	36,7	38,5	40,5	41,2	42,5	40,0	38,0	45,5	13,5						
P ₃				2,7	36,7	41,5	39,7	45,0	49,5	48,7	48,0	45,7	38,7	47,0	38,7	1,7					
P ₄				8,7	42,5	43,0	44,7	50,5	56,0	54,2	53,5	52,0	45,0	48,7	49,0	5,0					
Bg ₂ P ₁				2,5	22,0	22,7	20,5	26,7	30,0	30,5	31,7	27,0	20,7	26,0	18,0	1,0					
P ₂			4,2	25,7	27,2	27,2	30,0	31,0	33,0	31,7	32,5	33,2	31,0	28,7	32,2	25,0	2,2				
P ₃			13,5	33,2	33,2	32,5	35,7	35,7	38,2	37,5	37,5	38,7	36,2	31,2	33,7	37,7	11,2				
P ₄			27,2	33,2	34,5	36,0	40,0	40,5	43,2	41,7	42,5	44,5	41,2	36,2	35,5	40,0	23,5				
Bg ₃ P ₁			5,5	20,2	17,5	15,0	19,7	24,0	26,5	25,0	27,0	26,0	21,2	21,2	21,2	18,7	1,7				
P ₂		10,0	23,2	23,0	24,2	25,5	23,7	25,7	27,2	27,0	27,0	28,0	27,2	25,0	24,7	23,7	26,2	6,2	1,0		
P ₃		7,2	23,0	24,7	25,0	25,5	27,5	29,7	30,0	32,5	31,5	31,0	32,5	28,7	26,0	27,2	28,7	20,7	2,2		
P ₄		16,7	25,0	25,5	27,5	29,0	31,5	34,5	35,0	37,0	35,2	32,2	35,2	36,0	33,7	30,5	31,2	30,0	28,7	6,2	

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.2.2.

APÊNDICE 3

Este Apêndice contém as vazões médias por calha, expressas em cm^3/min , obtidas com os métodos estudados para associação de bicos em barra. As setas indicam as posições dos eixos dos bicos, em relação à bandeja coletora.

Tabela 3.A. Varções médias por calha, obtidas com o método de associação para cobertura simples. (cm³/min)

NÚMERO DAS CALHAS		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
P ₃	P _{7,8} ^H P ₂					↓	41,2	40,0	37,5	39,5	47,0	11,0	8,0	43,7	40,0	41,2	40,7						
				↓	47,2	50,0	45,0	38,7	48,7	31,2	1,5	1,0	18,7	52,5	43,7	51,2	48,7		↓				
				↓	53,2	55,0	52,5	44,5	51,2	43,7	2,5	3,7	43,7	47,5	47,0	53,7	53,7		↓				
				↓	32,0	33,0	34,2	32,5	31,5	33,5	20,0	1,7	1,0	16,5	30,0	29,0	33,7	34,5	33,2		↓		
P ₃	P _{7,8} ^H P ₂			↓	36,5	37,5	40,0	36,7	32,5	36,2	36,2	5,7	4,0	32,5	32,5	32,0	38,2	40,5	37,7				
				↓	41,5	42,7	44,2	41,2	36,2	38,7	42,5	20,0	7,5	36,2	36,2	37,5	43,7	43,7	42,5		↓		
				↓	26,2	26,7	27,5	27,2	26,2	29,5	10,0	1,0	1,0	7,0	27,5	25,5	27,0	28,2	26,2	24,5	25,0		
P ₃	P _{7,8} ^H P ₂		↓	30,7	31,2	31,7	29,0	27,5	29,2	32,5	15,0	2,0	1,0	10,0	29,7	30,0	28,7	31,2	32,5	30,5	31,2		
			↓	34,2	35,0	35,0	34,7	32,5	30,5	30,0	35,0	30,0	3,5	2,5	22,0	31,2	31,2	31,5	35,0	36,2	33,7	34,5	

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.3.1.

Tabela 3.B. Vazões médias por calha, obtidas com o método de associação para cobertura dupla. (cm³/min)

NÚMERO DAS CALHAS

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENSAIOS (*)																					
B _{7,6} ^H ₁ P ₂								↓	75,7	80,7	72,5	86,7	51,2								
P ₃							↓	53,7	96,0	86,2	94,7	78,7	45,0								
P ₄							↓	74,5	108,7	90,0	97,5	101,2	55,0								
B _{7,6} ^H ₂ P ₂							↓	35,5	62,5	62,5	58,7	67,0	56,7	33,2							
P ₃							↓	66,2	75,0	66,7	63,7	75,0	73,7	41,5							
P ₄							↓	74,2	81,2	77,5	75,0	78,7	80,5	61,2							
B _{7,6} ^H ₃ P ₂							↓	27,0	42,5	48,7	46,2	48,0	55,0	58,7	43,7	27,5					
P ₃							↓	35,0	56,5	55,0	52,0	52,2	58,7	62,5	53,2	32,5					
P ₄							↓	48,2	63,2	58,7	57,5	57,5	63,7	63,2	64,5	43,7					

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.3.1.

Tabela 3.C. Varções médias por calha, obtidas com o método de associação proposto. (cm³/min)

NÚMERO DAS CALHAS		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENSAIOS (°)																						
B _{7,6} H ₁ P ₂								↓	40,7	40,0	40,7	44,0	56,2	47,0	39,5	40,5	40,5					
P ₃							↓	50,5	50,0	43,7	47,5	51,7	50,0	47,0	46,2	48,7	46,2					
P ₄							↓	55,5	52,0	46,2	53,7	48,7	48,2	45,0	44,5	52,5	55,0					
B _{7,6} E ₂ P ₂							↓	33,2	34,5	32,2	33,2	35,0	35,2	33,7	33,7	35,0	30,7	29,5				
P ₃							↓	39,7	37,5	35,0	38,7	53,7	43,5	37,5	30,7	35,0	39,5	37,5				
P ₄							↓	44,2	46,0	45,0	37,5	40,5	33,2	33,7	38,7	41,2	42,0	40,5	40,0			
B _{7,6} H ₃ P ₂							↓	27,2	28,7	27,2	23,7	24,5	25,0	25,5	25,5	27,5	28,7	27,5	25,7			
P ₃							↓	33,2	34,0	33,7	28,7	25,2	26,7	34,2	32,0	29,5	28,7	31,2	30,0	30,0		
P ₄							↓	36,0	35,0	35,0	32,5	30,7	33,2	30,7	30,0	31,2	30,2	32,5	35,0	34,5		

(*) A designação das variáveis é a mesma adotada em 3.3.1.