CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS E DE DISTRIBUIÇÃO DE
ÁGUA POR MICROASPERSORES

ADRIANA MENDES NOGUEIRA
Engenheiro Sanitarista

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Lordelo Olitta

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Irrigação e Drenagem

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL
FEVEREIRO-1989

N778c Nogueira, Adriana Mendes
Características hidráulicas e de distribuição de
água por microaspersores. Piracicaba, 1989.
57p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Água de irrigação - Distribuição 2. Irriga-
ção por microaspersão 3. Microaspersor - Hidráu-
lica I. Escola Superior de Agricultura Luiz de
Queiroz, Piracicaba

CDD 631.7

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS E DE DISTRIBUIÇÃO DE
ÁGUA POR MICROASPERSONES

ADRIANA MENDES NOGUEIRA

Aprovada em: 14.04.1989

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Antonio Fernando L. Olitta

ESALQ/USP

Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel

ESALQ/USP

Prof. Dr. José Renato Zanini

FCAVJ/UNESP

Prof. Dr. Antonio Fernando L. Olitta
Orientador

À minha mãe *Cleusa*,
à memória de meu pai *Paulo*,
ao *Sídney*,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", por intermédio do Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade oferecida.

Ao Prof. Antonio Fernando Lordelo Olitta, pela orientação e apoio recebidos no decorrer do curso e na realização deste trabalho.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Engenharia Rural, pelo apoio e sugestões recebidos durante a fase experimental.

Aos Prof. Tarlei Arriel Botrel e José Renato Zanini, pelas oportunas questões levantadas durante a defesa e que muito contribuíram para o enriquecimento deste trabalho.

Aos meus tios Cleide de Lourdes Mendes Engler e Joaquim José de Camargo Engler, pela acolhida, carinho e amizade dispensadas em todos os momentos.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Irrigação por microaspersão	4
2.2. Hidráulica de microaspersores	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Teste para obtenção da curva característica vazão- pressão e da uniformidade de vazão	15
3.2. Teste para determinação do perfil de distribuição da água	19
3.3. Teste para avaliação da uniformidade de distribuição da água	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Equação Característica e Coeficiente de Variação de Vazão	25
4.2. Perfil de Distribuição da Água	36
4.3. Uniformidade de Distribuição da Água	48
5. CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE QUADROS

Quadro nº		Página
1	Vazão média observada para o microaspersor DANTAS MA-70 a diferentes pressões e respectivos Coeficientes de Variação de Vazão	28
2	Vazão média observada para o microaspersor DANTAS MA-120 a diferentes pressões e respectivos Coeficientes de Variação de Vazão	28
3	Vazão média observada para o microaspersor DUTOFLEX a diferentes pressões e respectivos Coeficientes de Variação de Vazão	29
4	Vazão média observada para o microaspersor ASBRASIL com asa giratória a diferentes pressões, e respectivos Coeficientes de Variação de Vazão	29
5	Vazão média observada para o microaspersor ASBRASIL com difusor a diferentes pressões, e respectivos Coeficientes de Variação de Vazão	30
6	Valores da precipitação (mm/h) obtidos em função da distância, a diferentes pressões, para o microaspersor DANTAS MA-70	37
7	Valores da precipitação (mm/h) obtidos em função da distância, a diferentes pressões, para o microaspersor DANTAS MA-120	38

Quadro nº

Página

8	Valores da precipitação (mm/h) obtidos em função da distância, a diferentes pressões, para o microaspersor DUTOFLEX	39
9	Valores da precipitação (mm/h) obtidos em função da distância, a diferentes pressões, para o microaspersor ASBRASIL (com asa giratória	40
10	Valores da precipitação (mm/h) obtidos em função da distância, a diferentes pressões, para o microaspersor ASBRASIL com difusor	41
11	Diâmetros médios de cobertura, em metros, para os microaspersores a diferentes pressões	48
12	Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) para o microaspersor DANTAS MA-70	49
13	Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) para o microaspersor DANTAS MA-120	50
14	Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) para o microaspersor DUTOFLEX	50
15	Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) para o microaspersor ASBRASIL com asa giratória	51
16	Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) para o microaspersor ASBRASIL com difusor	51

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1	Microaspersor DANTAS MA-70	12
2	Microaspersor DANTAS MA-120	12
3	Microaspersor DUTOFLEX	13
4	Microaspersor ASBRASIL com asa giratória	13
5	Microaspersor ASBRASIL com difusor	14
6	Cuba interceptora de água, recipiente volumétrico e suporte para sustentação do microaspersor	17
7	Esquema de montagem da bancada de testes	18
8	Suprimento de água e controle de pressão	23
9	Montagem do reticulado de pluviômetros e realização de um ensaio	24
10	Equação característica vazão-pressão para o micro- aspersor DANTAS MA-70	31
11	Equação característica vazão-pressão para o micro- aspersor DANTAS MA-120	32
12	Equação característica vazão-pressão para o micro- aspersor DUTOFLEX	33
13	Equação característica vazão-pressão para o micro- aspersor ASBRASIL com asa giratória	34

14	Equação característica vazão-pressão para o micro-aspersador ASBRASIL com difusor	35
15	Perfil de distribuição da precipitação em função da distância para o microaspersador DANTAS MA-70, às pressões de 10, 15 e 20mca	42
16	Perfil de distribuição da precipitação em função da distância para o microaspersador DANTAS MA-120, às pressões de 10, 15 e 20mca	43
17	Perfil de distribuição da precipitação em função da distância para o microaspersador DUTOFLEX, às pressões de 10, 15 e 20mca	44
18	Perfil de distribuição da precipitação em função da distância para o microaspersador ASBRASIL com asa giratória, às pressões de 10, 15 e 20mca	45
19	Perfil de distribuição da precipitação em função da distância para o microaspersador ASBRASIL com difusor, às pressões de 10, 15 e 20mca	46

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS E DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POR MICROASPERSORES

Autora: Adriana Mendes Nogueira

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Lordelo Olitta

RESUMO

Com o objetivo de fornecer subsídios ao correto dimensionamento de projetos de irrigação por microaspersão, desenvolveu-se um trabalho nos Laboratórios de Hidráulica e Mecânica Agrícola do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, com o fim de avaliar as características hidráulicas de cinco modelos de microaspersores de fabricação brasileira.

Os microaspersores estudados foram DANTAS MA-70, DANTAS MA-120, DUTOFLEX, ASBRASIL com asa giratória e ASBRASIL com difusor.

Os testes visaram a determinação das seguintes características: equação característica vazão-pressão, coeficiente de variação de vazão, perfil de distribuição da água e uniformidade de distribuição da água.

As equações vazão-pressão e os coeficientes de variação de vazão (C.V.) obtidos, para os microaspersores acima citados, são as seguintes:

. DANTAS MA-70:

$$q = 18,47 H^{0,5315}$$

$$C.V. = 3,25\%$$

. DANTAS MA-120:

$$q = 23,42 H^{0,5346}$$

$$C.V. = 4,85\%$$

. DUTOFLEX:

$$q = 20,72 H^{0,2656}$$

$$C.V. = 14,76\%$$

. ASBRASIL com asa giratória:

$$q = 28,86 H^{0,2431}$$

$$C.V. = 10,57\%$$

. ASBRASIL com difusor:

$$q = 30,53 H^{0,2648}$$

$$C.V. = 5,32\%$$

onde:

q = vazão do microaspersor, em ℓ/h

H = pressão na entrada do microaspersor, em mca*

$C.V.$ = coeficiente de variação de vazão

* 1mca = 10 kPa

De acordo com o projeto de norma PNB 12:02.08-022, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, quanto ao valor do coeficiente de variação de vazão, os microaspersores DANTAS MA-70, DANTAS MA-120 e ASBRASIL com difusor são classificados como bons, enquanto que os microaspersores DUTOFLEX e ASBRASIL com asa giratória são classificados como médios.

Os perfis de distribuição da precipitação obtidos, foram bastante variados especialmente para os microaspersores DUTOFLEX e ASBRASIL com asa giratória. Tais variações são devidas a diferenças ocorridas no processo de fabricação.

Quanto à uniformidade de distribuição da precipitação, os valores obtidos foram muito baixos, inviabilizando a utilização dos microaspersores em sobreposição.

HYDRAULIC CHARACTERISTICS AND OF WATER DISTRIBUTION BY MICROSPRINKLERS

Author: Adriana Mendes Nogueira

Adviser: Prof. Dr. Antonio Fernando Lordelo Olitta

SUMMARY

In order to determine the hydraulic characteristics of water distribution by microsprinklers, a study was conducted at the Laboratório de Hidráulica of the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Brazil.

The characteristics studied were the discharge-pressure equation, the manufacturing variation coefficient and the profile and the uniformity of the water distribution.

The discharge-pressure equation and the manufacturing variation coefficient (C.V.) obtained are:

. DANTAS MA-70:

$$q = 18,47 H^{0,5315}$$

$$C.V. = 3.25\%$$

. DANTAS MA-120:

$$q = 23,42 H^{0,5346}$$

$$C.V. = 4.85\%$$

. DUTOFLEX:

$$q = 20,72 H^{0,2656}$$

$$C.V. = 14.76\%$$

. ASBRASIL I:

$$q = 28,86 H^{0,2431}$$

$$C.V. = 10.57\%$$

. ASBRASIL II:

$$q = 30,53 H^{0,2648}$$

$$C.V. = 5.32\%$$

where q is the discharge in ℓ/h and H is the pressure of operation.

The profiles of the water distribution varied very much. Such variations are due to the manufacturing process.

The values of the water distribution uniformity were very low and made unviable the use of these microsprinklers with overlapping.

1. INTRODUÇÃO

O método de irrigação localizada é aquele em que a água é aplicada ao solo diretamente sobre a região radicular, com pequena intensidade e alta frequência, de modo a manter a umidade do solo na zona radicular próximo à capacidade de campo.

A microaspersão é um dos sistemas de irrigação localizada, desenvolvido a partir de outro já existente, o gotejamento, que fornece água às plantas através de fontes pontuais por meio de dispositivos denominados gotejadores.

A microaspersão é efetuada através dos microaspersores, que são nada mais que pequenos aspersores que fazem uma irrigação localizada, exigindo baixa pressão e com economia de água.

A irrigação por microaspersão tem sido bastante desenvolvido nos últimos anos, estendendo-se sua aplicação à irrigação em pomares, hortaliças, viveiros e estufas. Teve sua origem em Israel, na década de 70, sendo que seu uso está se difundindo pelo mundo inteiro.

O elevado grau de desenvolvimento que o sistema tem atingido nos últimos anos, se deve principalmente às seguintes vantagens, mencionadas por FISHER (1977) e KOEKEMOER (1979):

- economia de água e energia;
- elevada eficiência do sistema;
- uniformidade de aplicação de água;
- possibilidade de emprego de água mais salina que os outros métodos;
- filtragem de baixo custo;
- possibilita a fertirrigação;
- independe da topografia e tipo de solo;
- elimina perigos de erosão;
- fácil localização de microaspersores entupidos;
- não interfere no tratamento fitossanitário;
- exige pouca mão-de-obra.

Ségundo ARMONI (1986), na irrigação por aspersão uma determinada disposição de aspersores pode não atingir o nível desejado de uniformidade. Tal situação pode ser alterada pela mudança do espaçamento ou pelo acréscimo de um segundo bocal ao aspersor. Já na microaspersão a situação é totalmente diferente, pois a água é aplicada diretamente ao solo com praticamente nenhum recobrimento.

Diante desses fatos, e para que os projetos sejam executados corretamente, e os custos do equipamento e operação sejam econômicos, é imprescindível o conhecimento das características hidráulicas e desempenho dos componentes do sistema.

Para tanto, o presente trabalho tem por objetivos:

- a) Estabelecer uma relação entre pressão e vazão, para cinco modelos de microaspersores de fabricação nacional.
- b) Estudar o perfil e a uniformidade de distribuição de água.
- c) Determinar espaçamentos que otimizem o método para trabalhar com sobreposição, visando sua utilização no campo e a viabilidade da utilização em estufas e viveiros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Irrigação por microaspersão

A irrigação por microaspersão, segundo HOWELL & HILLER (1974) é um método de irrigação localizada em que a água é aplicada às plantas com grande frequência e em quantidades que se aproximam de seu uso consuntivo, minimizando assim as perdas por percolação profunda, escoamento superficial e evaporação. Este método de irrigação utiliza tubulações plásticas de pequeno diâmetro com emissores denominados microaspersores, espaçados de maneira a depositar água na superfície do solo diretamente sobre o sistema radicular da planta.

Segundo VERMEIREN & JOBLING (1980), as vantagens da irrigação por microaspersão são as seguintes: fácil manejo, utiliza pouca mão-de-obra, maior controle da água aplicada, possibilita o uso de água salina e utiliza baixas vazões.

PUEYA & FORCADA (1982) observam que entre os sistemas de irrigação localizada ficam bem diferenciados o gotejamento e a microaspersão, sendo que as diferenças fundamentais são:

- o gotejamento aplica água em pontos, ao passo que a microaspersão molha regiões circulares;

- o gotejamento utiliza vazões mais baixas que a microaspersão, logo as tubulações são de menores diâmetros em gotejamento que em microaspersão.

(FISHER, 1977 e PUEYA & FORCADA, 1982) observaram que os filtros utilizados em microaspersão são mais simples do que os utilizados em gotejamento devido à maior seção de saída da água dos emissores, além do que, a maior velocidade da água reduz a sedimentação das partículas coloidais nas paredes dos tubos, diminuindo o entupimento do sistema.

FURUTA *et alii* (1974), analisando sistemas de irrigação por aspersão, gotejamento e microaspersão, para plantas em vasos, concluíram que o sistema de aspersão provocou uma salinidade baixa na superfície e elevada no fundo; o sistema de gotejamento resultou em uma salinidade concentrada na superfície, enquanto que a microaspersão resultou numa salinidade distribuída da superfície ao fundo. Os mesmos autores observaram também que os sistemas de gotejamento e microaspersão resultaram em melhor eficiência no uso da água e na aplicação de fertilizantes, quando comparados com o sistema de aspersão.

Bredell e Barnard, citados por FISHER (1977) concluíram que, inversamente ao gotejamento, a distribuição lateral da umidade no solo independe das características do solo quando da utilização de microaspersores.

FOUCHÉ *et alii* (1979), comparando sistemas de irrigação por

aspersão, tubos perfurados, gotejamento e microaspersão, em cultura de laranja, concluíram que o gotejamento e a microaspersão levaram a uma maior produtividade por volume de água aplicado.

Os mesmos autores concluíram ainda que a irrigação por microaspersão é um dos mais eficientes métodos de irrigação, especialmente sob condições de escassez de água.

2.2. Hidráulica de microaspersores

No sistema de irrigação por microaspersão, os microaspersores podem ser inseridos diretamente nas linhas laterais, geralmente de polietileno flexível, ou ainda utilizando-se tubos prolongadores.

Ao serem conectados à linha lateral, os microaspersores dissipam a energia da água, aspergindo-a sobre o solo na forma de gotas de pequeno diâmetro.

As características hidráulicas de um microaspersor são as seguintes: relação entre a vazão e a pressão na entrada do microaspersor, perda de carga localizada na inserção com a lateral, tamanho e forma da seção de passagem de água e a distribuição da água.

Segundo MYERS & BUCKS (1972), a vazão dos emissores em um sistema de irrigação por microaspersão varia das vazões nominais por três motivos: imperfeições no processo de fabricação, entupimento e variações de pressão que ocorrem ao longo da tubulação.

Gilaad *et alii*, citados por PAES (1985), observam que as características hidráulicas dos microaspersores são influenciadas pela geo

metria, pelo material, pelo processo de fabricação e pelo método de instalação do microaspersor na linha lateral. Ainda, segundo os mesmos autores, essas características podem ser determinadas em laboratório e devem estar sempre disponíveis aos projetistas e usuários desse método de irrigação.

NAKAYAMA & BUCKS (1986) apontam que muitos fatores contribuem para a precisão com que a água é aplicada às plantas no sistema de irrigação por microaspersão, sendo que o componente mais crítico do sistema é provavelmente o emissor.

VERMEIREN & JOBLING (1980) consideram que, em um sistema de irrigação localizada, os emissores devem satisfazer três requisitos básicos:

- descarga baixa, uniforme e constante;
- abertura suficiente para prevenir entupimento;
- baixo custo, robustez e homogeneidade.

Os dois principais métodos de dissipação de energia de pressão nos emissores são o de percurso longo e de orifícios. Em qualquer um, a descarga de um emissor pode ser caracterizada, de acordo com (KELLER & KARMELI, 1975 e VERMEIREN & JOBLING, 1980), pela seguinte equação:

$$q = K H^x$$

onde:

q = vazão do emissor

K = coeficiente específico de cada emissor

H = pressão de operação do emissor

x = expoente que depende do regime de fluxo.

OLITTA (1984) cita que quanto menor o valor de x menos a vazão será afetada pela variação de pressão.

BOTREL (1984) e PAES (1985), ao determinarem as características hidráulicas de dois modelos de microaspersores também otiveram equações de vazão na forma exponencial.

Segundo SOLOMON & KELLER (1978), é impossível se fabricar um lote de emissores apresentando todos o mesmo valor de K . As variações resultantes do processo de fabricação tendem a ser normalmente distribuídas pelo valor médio. Assim, as variações na vazão do emissor a uma determinada pressão, representam uma distribuição normal caracterizada por

$$C.V. = \frac{s}{\bar{q}}$$

onde:

$C.V.$ = coeficiente de variação de vazão

s = desvio padrão

$\bar{q}$ = vazão média para uma amostra de emissores

NAKAYAMA & BUCKS (1986) indicam, como principais causas da variação na fabricação, a falta de habilidade para admitir tolerâncias dimensionais devido à pressão e temperatura de fabricação, variações no material utilizado, projeto do emissor e o molde utilizado.

O PNB 12:02.08-022, da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (1986), apresenta a seguinte classificação para os emissores, de acordo com o valor do coeficiente de variação de vazão.

C.V.	Classificação
$< 0,10$	bom
$0,10-0,20$	médio
$0,20-0,30$	marginal
$> 0,30$	inaceitável

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba.

Os modelos estudados foram DANTAS MA-70, DANTAS MA-120, DUTOFLEX, ASBRASIL com asa giratória e ASBRASIL com difusor, todos de fabricação nacional. As características de cada um são descritas a seguir.

Microaspersor DANTAS MA-70 - feito em plástico de alta resistência mecânica e aos raios solares, pode ser utilizado diretamente sobre o tubo de polietileno ou acoplado a uma haste de 26cm, que o sustenta a 15cm do solo. Quando da utilização da haste, sua ligação à linha é feita através de um tubo flexível de 4mm de diâmetro e 60cm de comprimento. A conexão na linha é feita por meio de encaixe de pressão. Apresenta uma vazão nominal de 70 litros por hora a uma pressão de 15mca (Figura 1).

Microaspersor DANTAS MA-120 - suas características físicas são idênticas ao modelo anterior, apresentando uma vazão nominal de 120 litros por hora a uma pressão de 15mca (Figura 2).

Microaspersor DUTOFLEX - fabricado em plástico de alta resistência mecânica e aos raios solares, é fornecido acompanhado de uma haste de 28cm, sendo conectado à linha lateral através de um tubo flexível de 4mm de diâmetro e 60cm de comprimento. Sua vazão nominal é de 36 litros por hora quando submetido a uma pressão de 10mca. Possui em seu interior um dispositivo compensador de pressão (Figura 3).

Microaspersor ASBRASIL com asa giratória - distribui a água através de entalhes com movimentos rotacionais, sendo fornecido com suporte de 40cm e tubo de conexão em PVC flexível, com 4mm de diâmetro e 60cm de comprimento, apresentando também em seu interior um dispositivo compensador de pressão (Figura 4).

Microaspersor ASBRASIL com difusor - apresenta características idênticas ao modelo anterior, com a diferença de a água ser distribuída através de um difusor (Figura 5).

Figura 1. Microaspersor DANTAS MA-70

1 - microaspersor; 2 - base do microaspersor; 3 - haste;
4 - tubo prolongador com conector

Figura 2. Microaspersor DANTAS MA-120

1 - microaspersor; 2 - base do microaspersor; 3 - haste;
4 - tubo prolongador com conector

Figura 3. Microaspersor DUTOFLEX

- 1 - microaspersor com dispositivo compensador de pressão;
2 - haste; 3 - tubo prolongador com conector

Figura 4. Microaspersor ASBRASIL com asa giratória

- 1 - microaspersor com asa giratória; 2 - dispositivo compensador de pressão; 3 - haste; 4 - tubo prolongador com conector

Figura 5. Microaspersor ASBRASIL com difusor

1 - microaspersor com difusor; 2 - dispositivo compensador de pressão; 3 - haste; 4 - tubo prolongador com conector

3.1. Teste para obtenção da curva característica vazão-pressão e da uniformidade de vazão

A amostra utiliza neste teste foi constituída de 20 unidades de cada modelo, obtidas aleatoriamente da linha de produção.

Este teste teve como objetivos determinar uma equação que relacione a vazão com a pressão na entrada do microaspersor e avaliar as diferenças que ocorrem na vazão entre os microaspersores em virtude de diferenças inerentes ao processo de fabricação.

O teste foi realizado no Laboratório de Hidráulica, sendo que o suprimento de água foi obtido através de dois reservatórios existentes no referido laboratório, um superior, fornecendo carga hidráulica de 15m com relação ao nível do piso, e outro inferior.

O abastecimento do reservatório superior é feito através de 2 conjuntos moto-bomba, que retiram água do reservatório inferior, alimentando-o. O nível d'água se mantém sempre constante, independente das condições de funcionamento do sistema, devido a um conjunto de calhas em nível que funcionam como vertedores.

O suprimento de água, para realização dos testes, foi obtido através de uma derivação feita na tubulação de recalque de uma das bombas, o que permitiu a utilização de ambos os reservatórios.

Para os testes realizados com pressões de até 10mca utilizou-se o reservatório superior, e para pressões maiores bombeou-se a água diretamente do reservatório inferior.

A pressão foi lida através de um manômetro tipo BOURDON, previamente calibrado. O controle da pressão foi conseguido através de uma válvula reguladora de pressão manual, situada entre uma câmara estabilizadora de fluxo e um manômetro.

Para determinação da vazão, o microaspersor foi conectado à linha de alimentação e colocado sob uma cuba de acrílico que interceptava o jato d'água, o qual era coletado em um balde com capacidade para 18 litros, graduado a cada 100ml, previamente calibrado (Figura 6).

Para a coleta da água o microaspersor ficou permanentemente ligado, colocando-se o balde em baixo da cuba interceptora ao mesmo tempo em que se acionava o cronômetro.

A leitura da pressão foi realizada em um ponto junto à conexão do microaspersor com a linha de alimentação.

O tempo de coleta foi de 5 minutos, cronometrados com precisão de décimos de segundo e os resultados de vazão apresentados referem-se a média de 3 determinações.

A Figura 7 mostra o esquema de montagem da bancada de testes.

A curva característica vazão-pressão foi obtida através de análise de regressão a partir dos dados obtidos nos testes, sendo os valores de vazão a média das 20 unidades ensaiadas.

A desuniformidade de vazão, representada pelo coeficiente de variação de vazão, foi a média dos coeficientes de variação de vazão obtidos a cada pressão ensaiada.

Figura 6. Cuba interceptora de água, recipiente volumétrico e suporte para sustentação do microaspersor

Figura 7. Esquema de montagem da bancada de testes

3.2. Teste para determinação do perfil de distribuição da água

Este teste foi realizado no Laboratório de Mecânica do Departamento de Engenharia Rural, na ausência de vento.

O objetivo foi a determinação do perfil de distribuição da água para os diversos modelos testados, quando submetidos a diferentes pressões.

O perfil de distribuição foi obtido com o auxílio de 2 linhas de pluviômetros dispostas ortogonalmente entre si no círculo de abrangência da água, com os pluviômetros espaçados equidistantemente entre si a cada 10cm, entre eixos, para os microaspersores com raio de alcance de até 2,50 m, e a cada 20cm para os demais.

Como pluviômetros utilizaram-se recipientes cilíndricos metálicos de 12cm de altura e 6,60cm de diâmetro.

Este teste foi realizado com 2 unidades de cada modelo de microaspersor, submetidos às pressões de 10, 15 e 20mca, e colocados em funcionamento por um período de 1 hora.

Os volumes de água contidos nos pluviômetros foram medidos utilizando-se 2 provetas, uma com capacidade para 100ml, graduada a cada 1ml, e outra com capacidade para 10ml, graduada a cada 0,2ml, e convertidos em altura de precipitação.

Os valores de precipitação para cada ponto foram obtidos através da média dos valores dos quatro pluviômetros situados a uma mesma distância do microaspersor, sendo que para o traçado do perfil de distribuição a cada pressão testada, utilizou-se a média dos valores dos 2 microaspersores.

Os microaspersores DANTAS MA-70, DANTAS MA-120 e DUTOFLEX foram ensaiados 15cm acima da superfície dos pluviômetros, sendo esta altura de 20cm para os microaspersores da ASBRASIL, alturas estas que correspondem à altura das hastes que acompanham os microaspersores.

O suprimento de água foi obtido através de um conjunto moto-bomba elétrico com as seguintes características:

Vazão: $5\text{m}^3/\text{h}$

Altura manométrica: 35mca

A água foi recalçada de uma caixa d'água com capacidade para 500 litros para uma linha alimentadora de polietileno com diâmetro de 1/2 polegada.

A leitura da pressão na saída da bomba foi feita em um manômetro tipo BOURDON, com capacidade de leitura de até 40mca, e na inserção do microaspersor com o tubo de polietileno, através de um manômetro em "U" para leituras diferenciais de até 1.000mm, graduado a cada 1mm, tendo o mercúrio como líquido manométrico.

O controle de pressão foi feito através de uma válvula reguladora de pressão manual, com regulagem variando de 10 a 30mca.

Também foi feito um acompanhamento da temperatura da água no reservatório para que esta não ultrapassasse $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.

3.3. Teste para avaliação da uniformidade de distribuição da água

Este teste foi realizado simultaneamente ao teste anterior, visando a determinação de espaçamentos ótimos entre os microaspersores para sobreposição.

Assim, o microaspersor foi colocado no centro geométrico de um reticulado de pluviômetros espaçados equidistantemente entre si, de maneira a formar quadrículas. O espaçamento entre pluviômetros foi de 20cm para os microaspersores com raio de alcance de até 2,50m e 40cm para os demais.

Os microaspersores foram colocados para funcionar pelo período de 1 hora. O procedimento para leitura foi o mesmo que o descrito anteriormente, sendo que os resultados apresentados referem-se à média de dois microaspersores ensaiados.

Para verificar a uniformidade de distribuição da água, foram utilizados dois parâmetros estatísticos tradicionalmente usados na aspersão convencional: o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição de Criddle (U.D.), tal como apresentados por Olitta (1984):

$$C.U. = 100 \left(1 - \frac{d}{M} \right)$$

onde:

C.U. = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen

d = desvio médio da taxa média coletada

M = taxa média coletada

$$U.D. = \frac{\text{taxa mínima coletada}}{\text{taxa média coletada}} \times 100$$

onde:

U.D. = Uniformidade de Distribuição

taxa mínima coletada = média de 1/4 dos menores valores observados

A análise da uniformidade de distribuição da água foi feita para um sistema de irrigação por microaspersão em linha, com diferentes espaçamentos entre microaspersores, de acordo com o diâmetro molhado, para cada uma das pressões testadas.

A Figura 8 mostra a montagem dos equipamentos para suprimento de água e controle de pressão, e a Figura 9 apresenta a montagem do reticulado de pluviômetros para coleta de água distribuída.

Figura 8. Montagem dos equipamentos para suprimento de água e para controle e medidas de pressão

Figura 9. Montagem do reticulado de pluviômetros para coleta de água distribuída

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Equação Característica e Coeficiente de Variação de Vazão

Os valores médios de vazão obtidos a cada pressão testada e os respectivos coeficientes de variação de vazão podem ser observados nos Quadros 1 a 5.

A partir destes dados, através de análise de regressão, ajustou-se as equações características para os microaspersores, obtendo-se assim as seguintes equações e coeficientes de determinação, respectivamente para os microaspersores DANTAS MA-70, DANTAS MA-120, DUTOFLEX, ASBRASIL com asa giratória e ASBRASIL com difusor:

$$q = 18,47 H^{0,5315} \quad (1)$$
$$r^2 = 0,9971$$

$$q = 23,42 H^{0,5346} \quad (2)$$
$$r^2 = 0,9989$$

$$q = 20,72 H^{0,2656} \quad (3)$$

$$r^2 = 0,7542$$

$$q = 28,86 H^{0,2431} \quad (4)$$

$$r^2 = 0,7726$$

$$q = 30,53 H^{0,2648} \quad (5)$$

$$r^2 = 0,8794$$

onde:

q = vazão do microaspersor, em ℓ/h

H = pressão na entrada do microaspersor, em mca.

Os testes t , usados para verificar a significância da regressão, foram significativos ao nível de 1% de probabilidade.

De acordo com a revisão de literatura a equação característica dos microaspersores deve ser uma equação de potência na forma $q = KH^x$, embora os melhores coeficientes de determinação obtidos tenham sido com as seguintes equações, na forma polinomial:

$$q = 18,15 + 5,90 H - 0,17 H^2 + 2,65 \times 10^{-3} H^3 \quad (6)$$

$$r^2 = 0,9989$$

$$q = 29,16 + 5,89 H - 0,10 H^2 + 1,21 \times 10^{-3} H^3 \quad (7)$$

$$r^2 = 0,9998$$

$$q = 12,09 + 4,07 H - 0,12 H^2 + 3,03 \times 10^{-4} H^3 \quad (8)$$

$$r^2 = 0,9988$$

$$q = 5,56 + 8,77 H - 0,45 H^2 + 7,31 \times 10^{-3} H^3 \quad (9)$$

$$r^2 = 0,9849$$

$$q = 15,10 + 7,10 H - 0,31 H^2 + 4,39 \times 10^{-3} H^3 \quad (10)$$

$$r^2 = 0,9973$$

BOTREL (1984) e PAES (1985), ao determinarem as equações características de dois modelos de microaspersores, encontraram equações na forma $q = K H^x$.

Com os microaspersores DANTAS, as diferenças entre os coeficientes de determinação com as equações na forma de potência e polinomial foram pequenas, sendo tais valores maiores para os demais microaspersores.

Embora o melhor ajuste tenha sido obtido através da regressão polinomial, considerou-se como equações características dos microaspersores os polinômios das equações (1) a (5).

Nas equações (3), (4) e (5), o baixo valor do expoente x evidencia a pouca influência exercida pela pressão nestes modelos de microaspersores, fato este devido à presença de um dispositivo compensador de pressão em seu interior.

Nas Figuras 10 a 14 estão apresentadas graficamente as equações características dos microaspersores.

Quadro 1. Vazão média observada para o microaspersor DANTAS MA-70 a diferentes pressões, e respectivos Coeficientes de Variação de Vazão

Pressão mca	Vazão ℓ/h	C.V. %
5	43,23	5,53
10	64,60	3,59
15	76,15	2,92
20	89,20	2,54
25	102,60	2,80
30	114,08	2,12
C.V. médio = 3,25%		

Quadro 2. Vazão média observada para o microaspersor DANTAS MA-120 a diferentes pressões, e respectivos Coeficientes de Variação de Vazão

Pressão mca	Vazão ℓ/h	C.V. %
5	56,00	5,88
10	79,61	3,34
15	98,30	4,98
20	115,00	4,64
25	132,00	5,04
30	146,00	5,22
C.V. médio = 4,85%		

Quadro 3. Vazão média observada para o microaspersor DUTOFLEX a diferentes pressões, e respectivos Coeficientes de Variação de Vazão

Pressão mca	Vazão ℓ/h	C.V. %
5	29,52	7,79
10	40,63	10,78
15	47,43	12,18
20	47,15	19,93
25	43,04	23,13
C.V. médio = 14,76%		

Quadro 4. Vazão média observada para o microaspersor ASBRASIL com asa giratória a diferentes pressões, e respectivos Coeficientes de Variação de Vazão

Pressão mca	Vazão ℓ/h	C.V. %
5	38,48	11,75
10	38,06	4,98
15	58,70	14,43
20	60,64	10,32
25	60,04	11,21
30	62,64	10,75
C.V. médio = 10,57%		

Quadro 5. Vazão média observada para o microaspersor ASBRASIL com difusor a diferentes pressões, e respectivos Coeficientes de Variação de Vazão

Pressão mca	Vazão ℓ/h	C.V. %
5	43,68	3,97
10	59,06	5,16
15	68,64	5,55
20	68,64	6,54
25	69,64	5,37
30	70,40	5,31
		C.V. médio = 5,32%

Levando-se em conta o fato de que as condições de teste foram iguais para todas as unidades ensaiadas, as diferenças de vazão ocorridas, conforme indicam os valores de C.V., são devidas ao processo de fabricação.

De acordo com a classificação da ABNT, quanto ao valor do Coeficiente de Variação de Vazão (CV), é a seguinte a classificação dos microaspersores ensaiados.

DANTAS MA-70	- bom
DANTAS MA-120	- bom
DUTOFLEX	- médio
ASBRASIL com asa giratória	- médio
ASBRASIL com difusor	- bom

Figura 10. Equação característica vazão-pressão para o microaspersor DANTAS MA-70

Figura 11. Equação característica vazão-pressão para o microaspersor DANTAS MA-120

Figura 12. Equação característica vazão-pressão para o microaspersor DUTOFLEX

Figura 13. Equação característica vazão-pressão para o microaspersor ASBRASIL com asa giratória

Figura 14. Equação característica vazão-pressão para o microaspersor ASBRASIL com difusor

4.2. Perfil de Distribuição da Água

O perfil de distribuição da água foi bastante variado entre os microaspersores.

BOTREL (1984), ensaiando dois modelos de microaspersores também encontrou problemas similares.

BRUWER *et alii* (1979), estudando microaspersores norte-americanos, e também observando tais diferenças, atribuiu-as a processos de fabricação deficientes ou à diferenças no ângulo de inclinação do jato contra a superfície de ensaio.

Durante os testes foram observadas distorções no ângulo de inclinação do jato d'água, nos microaspersores DUTOFLEX, ASBRASIL com asa giratória e ASBRASIL com difusor.

Os Quadros 6 a 10 apresentam os valores da precipitação obtidos em função da distância para diferentes pressões, sendo tais valores a média aritmética de duas determinações.

As Figuras 15 a 19 representam graficamente os perfis de distribuição da água obtidos.

Quadro 6. Valores da precipitação (mm/h) obtidos em função da distância, a diferentes pressões, para o microaspersor DANTAS MA-70

Dist. (cm)	Pressão (mca)		
	10	15	20
10	9,13	6,07	6,43
20	11,29	6,72	6,45
30	14,76	7,27	8,09
40	14,91	8,13	9,10
50	16,61	8,60	9,19
60	17,36	9,77	8,48
70	14,32	10,21	8,71
80	11,03	10,41	8,22
90	7,71	10,34	6,87
100	5,37	9,65	5,88
110	4,35	8,77	5,61
120	3,32	8,09	5,88
130	2,37	7,11	5,96
140	1,68	5,99	5,63
150	0,73	4,59	4,90
160	0,29	3,07	3,76
170	0,07	1,72	2,63
180		0,69	1,50
190		0,29	0,91
200		0,04	0,26
Média	7,96	6,38	5,72

Quadro 7. Valores da precipitação (mm/h) obtidos em função da distância, a diferentes pressões, para o microaspersor DANTAS MA-120

Dist. (cm)	Pressão (mca)		
	10	15	20
10	5,70	4,02	6,80
20	5,41	5,26	5,55
30	8,33	7,67	8,11
40	14,32	9,57	10,81
50	23,90	10,96	13,59
60	31,35	13,37	17,61
70	32,59	14,91	20,02
80	26,75	14,47	19,66
90	17,17	14,40	18,49
100	10,74	13,52	16,22
110	6,58	11,98	13,88
120	4,97	9,94	11,18
130	4,97	7,67	9,35
140	4,53	5,04	7,82
150	3,29	3,58	6,07
160	1,10	2,48	4,31
170	0,44	1,90	3,00
180	0,15	1,53	1,90
190		1,10	1,24
200		0,73	0,95
210		0,44	0,73
220		0,15	0,44
230			0,22
240			0,15
Média	11,24	7,03	8,25

Quadro 8. Valores da precipitação (mm/h) obtidos em função da distância, a diferentes pressões para o microaspersor DUTOFLEX

Dist. (cm)	Pressão (mca)		
	10	15	20
10	10,63	61,97	82,50
20	13,92	43,19	72,05
30	17,83	33,69	46,26
40	19,47	28,79	31,79
50	18,20	25,20	25,65
60	14,47	20,46	19,88
70	10,38	14,55	13,96
80	6,69	9,50	8,86
90	4,68	6,61	4,98
100	3,32	4,51	2,78
110	2,16	2,87	1,49
120	1,57	1,79	0,79
130	0,73	0,95	0,47
140	0,22	0,42	
150		0,18	
Média	8,88	16,98	23,96

Quadro 9. Valores da precipitação (mm/h) obtidos em função da distância, a diferentes pressões, para o microaspersor ASBRASIL com asa giratória

Dist. (cm)	Pressão (mca)		
	10	15	20
20	5,26	5,96	8,73
40	7,45	3,47	4,24
60	1,18	1,75	3,69
80	0,85	0,88	3,54
100	0,86	0,92	2,63
120	0,86	0,94	2,53
140	0,96	0,88	2,47
160	0,90	0,85	2,19
180	0,92	0,77	1,80
200	0,94	0,73	1,40
220	0,89	0,59	1,04
240	0,83	0,48	0,86
260	1,03	0,50	0,77
280	1,35	0,62	0,88
300	1,39	0,68	1,02
320	0,79	0,55	1,15
340	0,16	0,31	1,01
360		0,15	0,79
380			0,28
Média	1,57	1,17	2,16

Quadro 10. Valores da precipitação (mm/h) obtidos em função da distância, a diferentes pressões, para o microaspersor ASBRASIL com difusor

Dist. (cm)	Pressão (mca)		
	10	15	20
10	4,06	3,26	3,73
20	4,83	3,73	4,06
30	6,28	5,19	5,22
40	7,09	6,39	6,72
50	7,67	8,15	8,66
60	8,22	9,54	11,51
70	8,37	10,74	13,04
80	8,18	10,67	13,52
90	7,71	10,45	12,64
100	6,94	9,32	11,03
110	5,92	8,62	9,32
120	4,94	7,20	7,45
130	3,99	6,03	,621
140	3,24	4,58	4,60
150	2,26	3,53	3,65
160	0,59	2,34	2,67
170	1,15	1,60	1,81
180	0,73	0,94	1,24
190	0,23	0,65	0,75
200		0,34	0,43
210		0,22	0,23
220			0,16
Média	4,86	5,40	5,85

Figura 15. Perfil de distribuição da precipitação em função da distância para o microaspersor DANTAS MA-70 às pressões de 10, 15 e 20mca.

Figura 16. Perfil de distribuição da precipitação em função da distância para o microaspersor DANTAS MA-120, às pressões de 10, 15 e 20mca.

Figura 17. Perfil de distribuição da precipitação em função da distância para o microaspersor DUTOFLEX, às pressões de 10, 15 e 20mca.

Figura 18. Perfil de distribuição da precipitação em função da distância para o microaspersor ASBRASIL com asa giratória, às pressões de 10, 15 e 20mca.

Figura 19. Perfil de distribuição da precipitação em função da distância para o microaspersor ASBRASIL com difusor, às pressões de 10, 15 e 20mca.

Nos ensaios realizados à pressão de 20mca ocorreu pulverização excessiva da água para o microaspersor DUTOFLEX, o que levou à uma maior concentração da água próximo ao microaspersor.

Para os microaspersores DANTAS e ASBRASIL com difusor, os perfis de distribuição da precipitação obtidos indicam uma precipitação crescente a partir do microaspersor, evidenciando uma concentração na parte intermediária do raio de alcance.

Já para o microaspersor DUTOFLEX, a precipitação concentrou-se próxima à haste, apresentando um raio de alcance muito pequeno, com os primeiros 0,50m do raio recebendo a maior parte da precipitação, a qual decresce rapidamente.

O microaspersor ASBRASIL com asa giratória também apresentou concentração da precipitação próxima à haste, a qual decresce até aproximadamente 0,80m, mantendo-se, partir daí, praticamente constante até o final.

4.3. Uniformidade de Distribuição da Água

Para avaliação da uniformidade de distribuição da água, considerou-se como diâmetro médio de cobertura do microaspersor, às várias pressões, duas vezes a distância do microaspersor ao coletor mais distante que acumulou 10% da quantidade de água média coletada durante a duração do ensaio, de acordo com ARMONI (1986).

O Quadro 11 apresenta os diâmetros médios de cobertura para os microaspersores a diferentes pressões.

Quadro 11. Diâmetro médios de cobertura, em metros, para os microaspersores a diferentes pressões

Microaspersor	Pressão (mca)		
	10	15	20
DANTAS MA-70	3,0	3,6	3,9
DANTAS MA-120	3,2	4,0	4,1
DUTOFLEX	2,6	2,4	2,0
ASBRASIL com asa giratória	6,8	7,2	7,6
ASBRASIL com difusor	3,7	3,9	3,9

Observando-se o Quadro 11 nota-se que para o microaspersor DUTOFLEX ocorreu uma redução no diâmetro molhado com o aumento da pressão. Tal fato é devido ao excesso de pulverização da água ocorrido. Já com os demais microaspersores houve sempre acréscimo no diâmetro molhado com o aumento da pressão.

Os valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) foram determinados para vários espaçamentos através de tentativas, de acordo com o diâmetro médio de cobertura, sendo que os valores obtidos, encontram-se nos Quadros 12 a 16.

Quadro 12. Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) para o microaspersor DANTAS MA-70

Espaçamento (m)	Pressão (mca)					
	10		15		20	
	C.U.(%)	U.D.(%)	C.U.(%)	U.D.(%)	C.U.(%)	U.D.(%)
2,00 x 2,00	17,39	8,51	41,22	10,75	48,27	26,29
1,60 x 1,60	20,69	7,97	39,02	7,69	50,65	24,46
1,20 x 1,20	23,11	6,66	41,24	7,69	46,30	20,75

Quadro 13. Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) para o microaspersor DANTAS MA-120

Espaçamento (m)	Pressão (mca)					
	10		15		20	
	C.U. (%)	U.D. (%)	C.U. (%)	U.D. (%)	C.U. (%)	U.D. (%)
2,00 x 2,00	32,43	13,29	43,28	12,98	48,32	16,87
1,60 x 1,60	33,89	14,37	44,47	13,29	47,36	17,21
1,20 x 1,20	34,24	15,73	45,39	13,83	45,85	17,86

Quadro 14. Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) para o microaspersor DUTOFLEX

Espaçamento (m)	Pressão (mca)					
	10		15		20	
	C.U. (%)	U.D. (%)	C.U. (%)	U.D. (%)	C.U. (%)	U.D. (%)
1,00 x 1,00	42,29	15,24	21,45	9,21	17,25	8,77
0,80 x 0,80	43,40	16,23	23,32	9,49	18,93	8,96
0,60 x 0,60	43,77	17,74	26,29	9,56	20,10	9,02

Quadro 15. Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) para o microaspersor ASBRASIL com asa giratória

Espaçamento (m)	Pressão (mca)					
	10		15		20	
	C.U.(%)	U.D.(%)	C.U.(%)	U.D.(%)	C.U.(%)	U.D.(%)
3,60 x 3,60	61,28	41,30	43,28	31,07	50,21	30,43
2,80 x 2,80	67,97	47,07	47,61	33,28	53,41	33,27
2,00 x 2,00	71,43	50,31	50,64	39,46	54,94	38,91

Quadro 16. Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.) e Uniformidade de Distribuição (U.D.) para o microaspersor ASBRASIL com difusor

Espaçamento (m)	Pressão (mca)					
	10		15		20	
	C.U.(%)	U.D.(%)	C.U.(%)	U.D.(%)	C.U.(%)	U.D.(%)
2,00 x 2,00	40,12	16,37	25,69	10,46	30,42	13,56
1,60 x 1,60	33,89	11,49	25,98	10,41	30,58	12,81
1,20 x 1,20	37,96	11,23	26,13	9,95	31,19	15,16

Observando-se os quadros apresentados nota-se os valores baixos obtidos para uniformidade de distribuição utilizando-se a metodologia normalmente adotada para aspersão convencional.

Os perfis de distribuição de água que se obtém na aspersão convencional são diferentes que os obtidos para microaspersão, o que levou à baixa uniformidade obtida com a utilização da mesma metodologia de ensaio.

Isso induz a necessidade de desenvolvimento de metodologia própria para microaspersão.

A única metodologia encontrada foi a proposta por Sadan e Shani, citados por ARMONI (1986), mas que também não se adaptou a esse estudo devido ao tipo de microaspersor utilizado, levando a valores ainda mais discrepantes.

Valores baixos como os obtidos são devidos à forma não circular de distribuição da precipitação que os microaspersores apresentaram, assim como à concentração de água ocorrida em alguns pontos.

Os resultados obtidos evidenciam a inviabilidade de utilização de microaspersores com sobreposição.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos e com base nos métodos e condições de ensaio, conclui-se que:

a) As equações características vazão-pressão, obtidas através de análise de regressão são as seguintes:

- microaspersor DANTAS MA-70

$$q = 18,47 H^{0,5315} \quad (1)$$

- microaspersor DANTAS MA-120

$$q = 23,42 H^{0,5346} \quad (2)$$

- microaspersor DUTOFLEX

$$q = 20,72 H^{0,2656} \quad (3)$$

- microaspersor ASBRASIL com asa giratória

$$q = 28,86 H^{0,2431} \quad (4)$$

- microaspersor ASBRASIL com difusor

$$q = 30,53 H^{0,2648} \quad (5)$$

b) Os coeficientes de variação de vazão obtidos classificam os microaspersores ensaiados da seguinte forma, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

DANTAS MA-70	- bom
DANTAS MA-120	- bom
DUTOFLEX	- médio
ASBRASIL com asa giratória	- médio
ASBRASIL com difusor	- bom

c) Os diâmetros médios de cobertura variaram de 3,0 a 4,1m para os microaspersores DANTA MA-70 e DANTAS MA-120; 2,0 a 2,6m para o microaspersor DUTOFLEX; 6,8 a 7,6m para o microaspersor ASBRASIL com asa giratória e 3,7 a 3,9m para o microaspersor ASBRASIL com difusor.

d) Os coeficientes de uniformidade de distribuição obtidos apresentaram-se extremamente baixos, o que inviabiliza a recomendação de utilização desses microaspersores com sobreposição, para uma aplicação uniforme de água. Tal ocorrência confirma a utilização desses microaspersores apenas como fontes pontuais de aplicação de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMONI, S. *Micro-sprinkler irrigation*. 1. ed. Israel, DAN Sprinklers, 1986. 92p.

* ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Requisitos mínimos para elaboração de projeto de sistema de irrigação localizada; PNBR 12:02.08-022, São Paulo, 1986, 8p.

BOTREL, T.A. Hidráulica de Microaspersores e Linhas Laterais para Irrigação Localizada. Piracicaba, 1984. 78p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

FISHER, J. Irrigation. *The Citrus Industry*. Pampa, 58(9):30-42, set. 1977.

- FOUCHÉ, P.S.; BESTER, D.H. & VELDMAN, G.H. A comparison of different methods to increase productivity of navel trees. *The Citrus and Subtropical Fruit Journal*, Johansburg, 542:4-6, jan. 1979.
- FURUTA, T.; BRANDSON, R.; JONES, W.C.; STROHMAN, R.; MOCK, T. & FAMADAN, I. Irrigation for container growing. In: SECOND INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS: *Proceedings*. Riverside, 1974. p.155-58.
- KELLER, J. & KARMELI, D. *Trickle irrigation design*. Glendora, Rain Bird Sprinkler manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- KOEKEMOER, W. Successful micro-irrigation in Zululand. *The Citrus and Subtropical Fruit Journal*, Johansburg, 549:14-15, Ago. 1979.
- MYERS, L.E. & BUCKS, D.A. Uniform irrigation with low-pressure trickle systems. *Journal of the American Society of Civil Engineers*. ASCE, 98(IR3):341-346, set. 1972.
- NAKAYAMA, F.S. & BUCKS, D.A. *Trickle Irrigation for Crop Production*. Phoenix, Elsevier, 1986. 383p.
- OLITTA, A.F.L. 1.^a ed. *Os métodos de Irrigação*. São Paulo, Nobel, 1984. 267p.

PAES, L.A.D. Características Hidráulicas dos microaspersores DANTAS MA-120 e IRTEC e das Linhas Laterais em Sistemas de Irrigação por Microaspersão. Viçosa, 1985. 85p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).

PUEYA, L.A.N. & FORCADA, J.M.G. Irrigação por microaspersão em bananeiras. *ITEM*, Brasília, 11:30-34, 1982.

SOLOMON, K. & KELLER, J. Trickle irrigation uniformity and efficiency. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, ASCE, 115(IR3):293-306, sept. 1978.

VERMEIREN, I. & JOBLING, G.A. *Localized Irrigation*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1980. 203p.