

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PERFORMANCE DO MICROASPERSON NAAN 7110 EM CONDIÇÕES DE
CAMPO E LABORATÓRIO

MÔNICA GARCIA AGRA DE MEDEIROS

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
OUTUBRO - 1996

PERFORMANCE DO MICROASPERSONAL NAAN 7110 EM CONDIÇÕES DE
CAMPO E LABORATÓRIO

MÔNICA GARCIA AGRA DE MEDEIROS
AGRÔNOMA

PERFORMANCE DO MICROASPELADOR NAAN 7110 EM CONDIÇÕES DE
CAMPO E LABORATÓRIO

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado em Engenharia agrícola da
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Mestre .

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

JOSÉ DANTAS NETO
ORIENTADOR

HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO
Co-orientador

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
OUTUBRO - 1996



M488p Medeiros, Monica Garcia Agra de.
Performance do Microaspersor NAAN 7110 em Condições de Campo e Laboratório / Monica Garcia Agra de Medeiros. - Campina Grande, 1996.
75f. il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

1. Irrigação por Aspersão. 2. Microaspersor NAAN 7110 3. Dissertação I. Embirucu, Marcelo, Dr. II. Dantas Neto, José. Prof. Dr. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB)

CDU 626.845 (043)

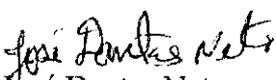
PARECER DE JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

MÔNICA GARCIA AGRA

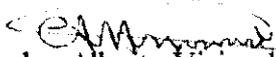
TÍTULO: "Performance do Microaspersor NAAN 7110 em Condições de Laboratório e de Campo"

COMISSÃO EXAMINADORA

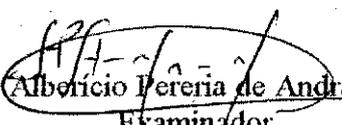
PARECER


Prof. José Dantas Neto
Orientador

APROVADA


Prof. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Examinador

APROVADA


Prof. Albenício Pereria de Andrade
Examinador

APROVADA

Campina Grande, 9 de outubro de 1996

Aos meus pais **Genival e Clemilda**,
na luta pelo desenvolvimento
Cultural e Moral de seus filhos.

Agradeço

Ao meu esposo **Jonas Romero** e
ao meu filho **Caio Lucas**, pelo
apoio, carinho e compreensão
recebidos durante este trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela fé e perseverança concedida em todos os momentos.

A empresa São Paulo Alpargatas S. A., especialmente ao setor da Engenharia Industrial, pelo apoio e incentivo durante a realização deste trabalho.

Ao professor José Dantas Neto, pela sua orientação, amizade, confiança e incentivo, na realização desse trabalho.

A estagiária Simone Mirtes, pela valiosa contribuição na fase experimental desse trabalho.

A todos os funcionários do Laboratório de Engenharia de Irrigação (DEAg/UFPB), especialmente ao funcionário Nelson pela valiosa contribuição, na fase de testes desse trabalho.

A coordenação e professores do curso de Pós-graduação, pela colaboração na formação profissional e científica.

Aos colegas do curso de Pós-graduação, pela convivência e companheirismo ao longo do curso.

Enfim, aos amigos, colegas, professores e funcionários, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTAS DE TABELAS.....	iv
LISTAS DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO.....	01
OBJETIVO GERAL.....	02
CAPÍTULO II	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
Considerações Gerais.....	03
Microaspersão.....	04
Emissores.....	08
Coeficiente de Variação de Fabricação.....	08
Relação Vazão-Pressão.....	11
Perfil de Distribuição da Água.....	12
Uniformidade de Distribuição.....	14
Eficiência de Aplicação.....	15
CAPÍTULO III	
MATERIAL E MÉTODOS.....	19
Equipamento.....	19
Determinações.....	21
Vazão.....	21
Pressão.....	23
Temperatura.....	23
Coeficiente de Variação de Fabricação.....	23
Equação Característica.....	24
Perfil de Distribuição.....	25
Uniformidade de Distribuição.....	28
Eficiência de Aplicação.....	32
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
Coeficiente de Variação de Fabricação.....	34
Equação Característica.....	37
Perfil de Distribuição.....	39
Uniformidade de Aplicação.....	45
Eficiência de Aplicação.....	49

CAPÍTULO V	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
APÊNDICE.....	60

LISTAS DE TABELAS

Página

1 Coeficientes de uniformidade para diferentes condições de cultivo e topografia do terreno zonas áridas (LOPEZ, 1987).....	17
2 Características hidráulicas do microaspersor NAAN 7110 fornecidas pelo fabricante.....	21
3 Fator de proporcionalidade conforme o número de anéis, necessários para os testes (ARMONI, 1986).....	31
4 Vazões médias obtidas com 20 microaspersores NAAN 7110, submetidos a pressão de 200 kPa.....	35
5 Coeficientes de variação de fabricação (CVF), em função das pressões testadas...	36
6 Valores de coeficientes de fabricação para diversos microaspersores, segundo diferentes pesquisadores.....	37
7 Valores médios de vazão (l/h) dos microaspersores obtidos a partir de pressões crescentes.....	38

8 Valores médios de precipitação (mm/h), coletados em laboratório, em cada semi-eixo para a pressão de 200 kPa.....	41
9 Valores médios de precipitação (mm/h) para uma pressão de 200 kPa, a diferentes velocidades de vento.....	43
10 Precipitações médias, coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) em laboratório e em campo.....	46
11 Valores de coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) para diversos microaspersores, segundo diferentes pesquisadores.....	47
12 Precipitações mínimas, desvio padrão e o coeficiente de variação de distribuição (CVD), para cada condições de laboratório e de campo.....	49
13 Precipitação (mm/h) e volume (l), por anel e total, em condições de laboratório.....	51
14 Precipitação (mm/h) e volume (l), por anel e total, em condições de campo.....	52
15 Eficiência de aplicação, em condições de laboratório e em condições de campo, considerando os limites de 10% da precipitação média (Pm) e limite de	

precipitação de 1 mm/h.....	53
-----------------------------	----

LISTAS DE FIGURAS

	Página
1 Componentes de um sistema típico de Irrigação Localizada (HOWELL et al., 1981).....	05
2 Bulbos úmidos formados em solo arenoso homogêneo por um gotejador e por um microaspersor (SOIL CONSERVATION SERVICE, 1978).....	07
3 Distribuição normal de vazão dos emissores (ABREU et al., 1987).....	10
4 Relação entre variação de vazão e mudanças de pressão para emissores com vários expoentes de descargas (KELLER & KARMELI, 1975).....	13
5 Componentes do microaspersor NAAN 7110.....	22
6 Disposição dos coletores em eixos ortogonais a partir do emissor.....	27
7 Anéis de distribuição do microaspersor.....	30
8 Curva característica do microaspersor NAAN 7110.....	39

9	Semi-perfil médio do microaspersor NAAN 7110, em condições de laboratório..	42
10	Semi-perfil médio do microaspersor NAAN 7110, em condições de campo, para as diferentes faixas de velocidades de vento.....	44

RESUMO

A realização de testes de desempenho de equipamentos novos e ou usados deve ser uma tarefa permanente e inadiável dos profissionais envolvidos com irrigação localizada. A principal finalidade de ensaios de equipamentos utilizados em sistemas de irrigação localizada consiste da determinação de suas características hidráulicas e análises de seu desempenho.

Com o objetivo de fornecer subsídios ao correto dimensionamento de projetos de irrigação por microaspersão, desenvolveu-se uma pesquisa em laboratório e em condições de campo, em área pertencente ao Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal da Paraíba, com o fim de avaliar a performance do microaspersor NAAN 7110. Em campo, trabalhou-se com velocidade do vento nas faixas de 0-2, 2-4, 4-6 e 6-8 km/h.

Os testes visaram a determinação dos seguintes parâmetros: Coeficiente de Variação de fabricação, equação característica da relação pressão - vazão, diâmetro efetivo médio molhado em laboratório e campo, uniformidade de distribuição de água em laboratório e campo, eficiência de aplicação de água em laboratório e campo.

O modelo do microaspersor avaliado, apresenta uma excelente uniformidade de fabricação, com um coeficiente de Uniformidade de Variação de Fabricação (CVF) igual a 0,049. O modelo que caracterizou a relação pressão - vazão do microaspersor NAAN 7110 foi do tipo potencial, cuja equação foi ($Q = 2,4854 * h^{0,5235}$), com coeficiente de determinação de 0,99.

Nas condições em que foram realizados os testes, não houve diferenciação entre o diâmetro médio molhado, em laboratório (5,7 m) e campo (5,7 m). Entretanto o diâmetro efetivo molhado foi maior em campo (5,7 m) que em laboratório (4,5 m). Os coeficientes de uniformidade obtidos apresentaram-se baixos, 32,8% para laboratório e

36,8; 41,9; 40,4 e 38,5% para campo, respectivamente. Não houve influencia do vento nos coeficientes de distribuição nas condições estudadas. A velocidade do vento e evaporação influenciaram na eficiência de aplicação de água por parte do emissor. O maior valor de eficiência encontrado 92% foi para a faixa de velocidades de vento de 0- 2 km/h, e o menor foi de 37 % para velocidade do vento na faixa de 6-8 Km/h.

ABSTRACT

The accomplishment of performance tests in new and/or equipment has to be a constant and undelayable work of professional involved in localized irrigation. The main purpose of equipments trials used in localized irrigation system consists of ordering its hydraulics characteristics and its performance analysis.

In order to provide subsidies to the proper measurement of microsprinkling irrigation plan, it was developed a search in laboratory and fieldwork circumstances, in area belonged to Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal da Paraíba, in order to appraise the performance of NAAN 7110 microsprinkler. In fieldwork, it was worked with the air speed in the strips 0 - 2, 2 - 4, 4 - 6 and 6 - 8 km/h.

The aim of the tests is to determine the following parameters: Coefficient of Fabrication Variation, equation which determines the rate pressure-flow, the real average wetted diameter in laboratory and fieldwork, uniformity of water distribution in laboratory and fieldwork, efficiency of water application in laboratory and fieldwork

The microsprinkler pattern appraised has an excellent manufacture uniformity, with a Coefficient of Fabrication Variation Uniformity (CVF) equal to 0,0049. The model that characterized the microsprinkler NAAN 7110 rate pressure-flow was the potential kind which equation was $(Q = 2,4854 * h^{0,5235})$ with 0,99 determination coefficient.

In the conditions that the tests were fulfilled, there were no difference between the average wetted diameter, in laboratory (5,7 m) and fieldwork (5,7 m). The real wetted diameter, however, was bigger in fieldwork (5,7 m) than in laboratory (4,5 m). The Coefficient of Uniformity gained seemed low, 32,8 for laboratory and 36,8 and 38,5 for fieldwork, respectively.

There were no wind influence in the coefficient of distribution in the studied conditions. The wind velocity and evaporation influenced in water application efficiency per

emitter. The higher efficiency value found 92% was to range of wind velocity of 0 - 2 km/h and the lower was 37% to wind velocity to range of 6 - 8 km/h.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Nas regiões áridas e semi-áridas onde há predominância de temperaturas médias anuais elevadas e constantes, apresentando baixos teores de umidade e escassez de chuvas anuais, a água se torna fator limitante ao desenvolvimento das culturas. Nesse contexto está algumas regiões do Nordeste do Brasil, onde o uso da irrigação torna-se indispensável.

A prática da irrigação, quando adequadamente utilizada, torna-se um eficiente instrumento na elevação da renda do produtor, além da geração de empregos e, conseqüentemente, aumento da oferta de produtos agrícolas. Um bom sistema de irrigação deve aplicar água no solo uniformemente, até determinada profundidade, proporcionando umidade necessária ao desenvolvimento normal das espécies vegetais.

Dentre os métodos de irrigação, a localizada vem sendo a mais utilizada nas regiões de maior escassez de água. O grande interesse despertado pelo sistema, deve-se ao fato da sua aplicação, molhando apenas uma fração do sistema radicular das plantas, favorecendo assim, a economia de água e o aumento na produção.

Segundo BERNARDO (1986) a irrigação localizada não deve ser considerada somente como uma nova técnica para suprir água as culturas, mas, como parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas nos cultivos de determinadas plantas, sob condições controladas de umidade de solo, adubação, salinidade, doença e variedades selecionadas, de modo que se obtenham efeitos significativos na produção tanto por área cultivada como por água consumida.

Os dois principais sistemas onde se emprega o método de irrigação localizada são a microaspersão e o gotejamento. Na microaspersão o ar é responsável pela difusão da água, como esta aplicação é sob a forma de pequenas gotículas, sua

distribuição é sensivelmente afetada pela velocidade do vento, resultando na desuniformidade do perfil de distribuição. A distribuição da água caracteriza todo o sistema de irrigação, e esta tem efeitos diretos tanto no projeto como no seu funcionamento.

A realização de testes de desempenho de equipamentos novos ou usados devem ser uma tarefa permanente e inadiável dos profissionais envolvidos com irrigação. A principal finalidade de ensaios de equipamentos utilizados em sistemas de irrigação consiste da determinação de suas características hidráulicas e análises de seu desempenho, de acordo com COLOMBO e SCALLOPI (1981).

OBJETIVO GERAL

Este estudo teve a finalidade de avaliar a performance do microaspersor NAAN 7110, através de suas características hidráulicas, quanto a eficiência de aplicação e uniformidade de distribuição da água, em condições de laboratório e campo.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

Considerações Gerais

A irrigação localizada de acordo com BERNARDO (1986), compreende um grupo de sistemas de irrigação nos quais a água é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades, porém com alta frequência, de modo que mantenha a umidade do solo na zona radicular próximo a capacidade de campo.

AZEVEDO (1986), afirma que a irrigação localizada consiste na aplicação da água molhando apenas uma fração do sistema radicular das plantas. A área máxima molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, enquanto que a área mínima molhada é de 20% nas regiões úmidas e de 30% nas regiões de clima semi-árido.

A principal característica desse sistema é a condução da água a baixas pressões. A distribuição da água é realizada por meio de emissores, tais como: gotejadores, pequenos orifícios na tubulação, tubos porosos, difusores e microaspersores localizados acima ou abaixo da superfície do solo.

Segundo MEDEIROS (1987), os sistemas de irrigação localizados podem ser facilmente automatizados onde a mão-de-obra é cara e/ou limitada. Além da economia obtida pela automação do sistema, os custos dos tratos culturais diminuem pelo fato de serem conduzidos enquanto as plantas estão sendo irrigadas. Fertilizantes,

herbicidas, inseticidas e outros aditivos podem ser aplicados através dos sistemas de irrigação.

Basicamente são dois os processos empregados na irrigação localizada: a microaspersão e o gotejamento. A microaspersão cobre uma área molhada por emissor maior que o gotejamento, operando normalmente com pressões entre 100 e 300 KPa, fornecendo vazões entre 40 e 120 l/h. Como o microaspersor possui um orifício de saída maior que o gotejador, estes são mais propensos ao entupimento (OLLITA, 1987).

Em geral os sistemas de irrigação localizados, são constituídos de: moto-bomba, cabeçal de controle (filtros, injetor de fertilizantes, etc.), tubulações e acessórios, emissores e outros equipamentos de controle e monitoramento, como reguladores de vazão e de pressão (Figura.1)

Microaspersão

Segundo o SOIL CONSERVATION SERVICE (1978), a irrigação por microaspersão consiste na aplicação de água por uma pulverização através de um jato sobre a superfície do solo, onde o ar se torna o meio principal para a aplicação da água. ABREU et al (1987) consideram que a irrigação por microaspersão, é o sistema que aplica água com vazão superior a 20 l/h e inferior a 120 l/h por ponto de emissão e que o emissor pode ser estacionário ou giratório.

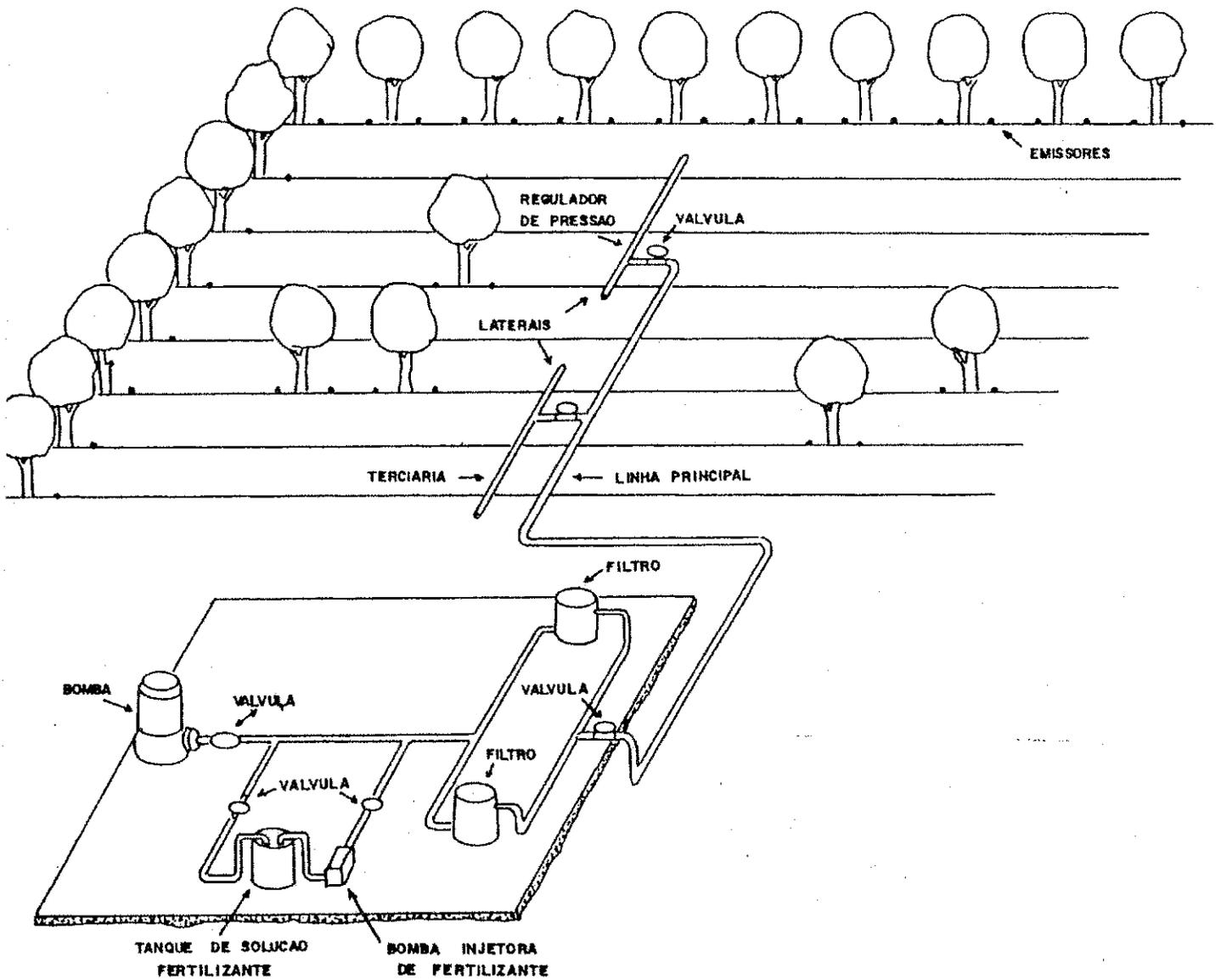


FIGURA 1 - Componentes de um sistema típico de irrigação localizada (HOWELL et al., 1981)

Segundo NOGUEIRA (1989), no sistema de irrigação por microaspersão, os microaspersores podem ser inseridos diretamente nas linhas laterais, geralmente de polietileno flexível, ou ainda utilizando-se tubos prolongados. Ao serem conectados a linha lateral, os microaspersores dissipam a energia da água, aspergindo-a sobre o solo na forma de gotas de pequenos diâmetros.

Para ABREU et al. (1987), este sistema de irrigação que utiliza o ar como meio de distribuição da água, apesar de trabalhar com emissores de pequenos diâmetros, exige menos rigor na filtragem da água e outros tipos de manutenção que o gotejamento. Afirma ainda o autor que a microaspersão é mais indicada para solos de textura grossa, do que a irrigação por gotejamento, já que para se obter a mesma área molhada seria necessário um grande número de gotejadores. A Figura 2 mostra a comparação entre padrões de molhamento e áreas molhadas sob um gotejador e um microaspersor.

Segundo OLITTA (1987), a microaspersão tem a grande vantagem da visualização fácil do funcionamento do sistema, além de cobrir uma área molhada maior que o gotejamento, indicada portanto, para solos de textura grossa e/ou plantas mais desenvolvidas. Por outro lado, o SOIL CONSERVATION SERVICE (1978) diz que para um solo homogêneo de textura muito grossa, pode-se supor que a taxa de aplicação na periferia da superfície da área molhada é normalmente muito baixa, portanto o movimento lateral não pode ser muito grande. Mas solos com leve estratificação horizontal promovem um movimento lateral, o que pode aumentar o volume de solo molhado.

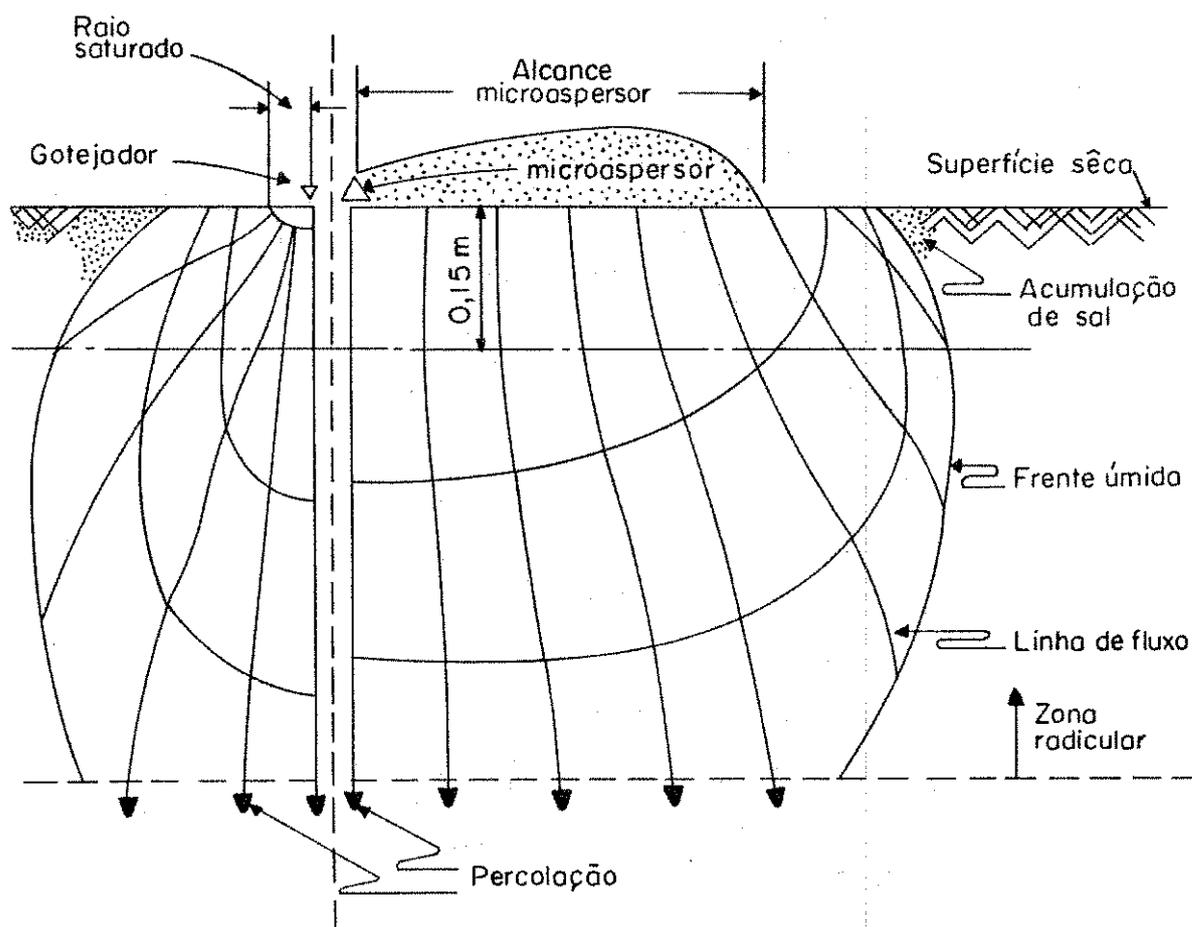


FIGURA 2 - Bulbos úmidos formados em solo arenoso homogêneo por um gotejador e um microaspersor. (SOIL CONSERVATION SERVICE, 1978)

Emissores

Segundo OLITTA (1987) o emissor é definido como sendo uma estrutura mecânica utilizada para dissipar a pressão da água nas tubulações laterais, de modo que possibilite a distribuição da vazão de forma uniforme e constante.

De acordo com ABREU (1987), as características fundamentais de um emissor que devem ser consideradas em sua seleção são: vazão uniforme, constante e pouco sensível às variações de pressão; pouca sensibilidade às obstruções; elevada uniformidade de fabricação; resistência as agressividades química e ambiental, assim como às operações agrícolas; baixo custo; estabilidade da relação vazão versus pressão ao longo do tempo; pouca sensibilidade às mudanças de temperatura; reduzidas perdas de cargas no sistema de conexão.

Os emissores denominados microaspersores, se constituem nos elementos de maior importância dos sistemas de irrigação por microaspersão.

Para VON BERNUTH & SOLOMON (1986), o desempenho hidráulico de um emissor, é determinado pelo expoente de emissão "x", que é uma medida da variação do fluxo de um emissor, devido às mudanças de pressão; pelo coeficiente de fabricação, que é uma medida de variação do fluxo causada pela variação no processo de fabricação; e, pela sensibilidade à temperatura.

Coefficiente de Variação de Fabricação

Para avaliação das diferenças individuais entre os emissores o melhor parâmetro indicado é o coeficiente de variação de fabricação (CVF). Por mais precisos

que sejam os processos de fabricação dos emissores é impossível fabricar duas peças exatamente iguais. As pequenas diferenças entre dois emissores, os quais aparentemente são idênticos, podem causar variações significativas na vazão do sistema. Segundo BEWRMUTH & SOLOMON (1986), essas variações são decorrentes dos vários processos envolvidos na fase de fabricação. Dentre as causas mais comuns estão: dificuldades devido a pressão e temperatura de moldagem que garantam confecção de dimensões críticas da passagem do fluxo; fabricação do molde, configuração e variação do material usado na fabricação do emissor.

Conforme ABREU et al (1987), as diferenças de vazão que resultam da variação de fabricação podem ser mais importantes que as resultantes das variações de pressão nas tubulações, principalmente, quando se tem valores baixos para o coeficiente de variação de fabricação. Os autores acrescentam ainda, que em geral pode-se dizer que o CVF é praticamente independente, sempre que esteja compreendida na faixa de funcionamento do emissor. Afirma o autor ainda que, as variações de vazão que resultam das distintas operações de fabricação tendem a seguir uma distribuição normal em torno da sua média aritmética (Figura 3).

Segundo a ASAE (1988), citado por KELLER & BLIESNCE (1990), os critérios de classificação dos emissores, em função do coeficiente de variação de fabricação (CVF), são os seguintes:

	$CVF \leq 0,05$	Excelente
0,05 <	$CVF \leq 0,07$	Médio
0,07 <	$CVF \leq 0,11$	Marginal
0,11 <	$CVF \leq 0,15$	Deficiente
	$CVF > 0,15$	Inaceitável

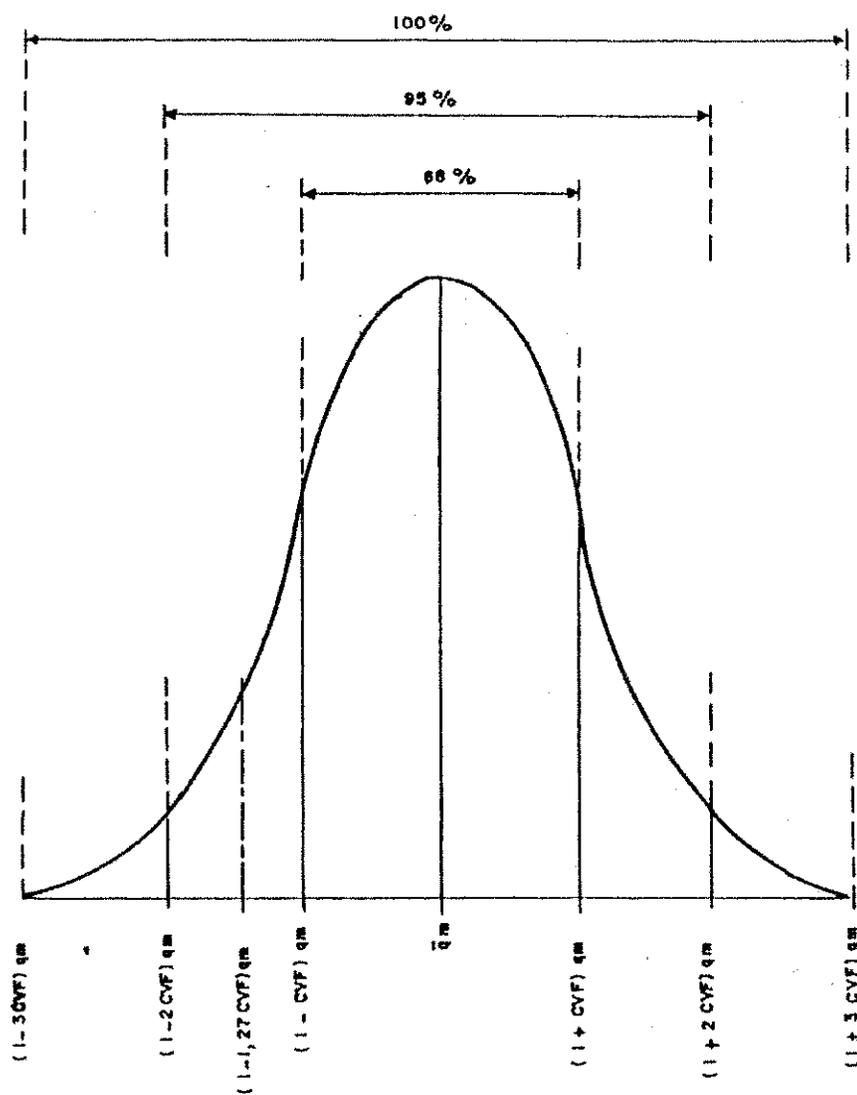


FIGURA 3 - Distribuição normal de vazão dos emissores (ABREU et al., 1987)

Relação Vazão - Pressão

KELLER & KARMELI (1975), BERMUTH & SOLOMON (1986) e ABREU et al (1987) sugerem a função potencial como a equação que descreve as características de vazão versus pressão do emissor, onde a vazão relaciona-se diretamente com a carga hidráulica atuante na entrada do emissor.

Segundo BRALTS et al. (1981) citado por FRIZONNE (1992), relatam que a constante de proporcionalidade “K” inclui fatores relacionados a fabricação do emissor, tais como coeficiente de vazão e área da seção transversal do orifício do emissor. Qualquer variação na vazão do emissor devido sua fabricação é representada pelo coeficiente “K”. Assumem ainda que a pressão “h” e o expoente “x” são variáveis independentes. Assim, qualquer variação da vazão do emissor devido a efeitos hidráulicos é representada pelos valores de “h” e “x”, sendo que “x” é constante para um tipo específico de emissor.

Para KELLER & KARMELI (1975), o expoente “x” caracteriza o regime de fluxo e a relação vazão versus pressão do emissor, de modo que:

$0 < x < 0,5 \Rightarrow$ O regime de escoamento varia de turbulento a totalmente turbulento, e a vazão sofre menos influência da variação da pressão.

$0,5 < x < 1,0 \Rightarrow$ O regime de escoamento varia de instável a laminar, verificando-se maior influência das variações de pressão sobre a vazão.

De acordo com AZEVEDO (1986) e ABREU et al. (1987), para x igual a zero a vazão é constante, ou seja, independente da variação de pressão, tornando o emissor auto-compensante, que é uma condição ideal por permitir grandes variações de carga nas laterais provocadas pela fricção e/ou pelo aclave do terreno.

A Figura 4 mostra a variação de vazão resultante de mudanças de pressão para emissores com diferentes expoentes de descarga. Verifica-se que para “x” igual a 1 a variação da vazão está na mesma proporção da variação de pressão, caracterizando

assim, o regime laminar, indesejável por favorecer a deposição no interior dos emissores de materiais em suspensão.

O desempenho hidráulico do emissor é determinado pelo expoente x , que é uma medida da variação do fluxo em resposta as variações de pressão; pelo coeficiente de variação de fabricação, que é uma medida da variação do fluxo causada pela variação no processo de fabricação; e pela sensibilidade a temperatura, que é dependente do tipo de fluxo do emissor (LIMA, 1991).

Perfil de Distribuição

Antes da elaboração dos projetos, é de grande importância o conhecimento da área molhada, raio de alcance efetivo, e uniformidade de precipitação dos emissores, porque esses parâmetros afetam as necessidades totais de água. Quando adequadamente dimensionado e operado, os sistemas de irrigação localizada revelam elevados níveis de uniformidade de distribuição e eficiência da aplicação.

O que caracteriza e determina o funcionamento do microaspersor sobre uma superfície irrigada é o ensaio de distribuição pluviométrica. As curvas pluviométricas nos indicam a precipitação horária que recebe o terreno, enquanto que as curvas isoietas delimitam a área molhada, por determinadas precipitações.

Sadan e Shani (1983), citados por ARMONI (1986), levantam a questão até que ponto pode uma área ser considerada irrigada ou simplesmente úmida, e propõem um índice de precipitação inferior a 1,0 mm/h, como área úmida (irrigada ineficientemente). No entanto, concordam que para emissores com precipitação maior que 7mm/h, um limite concreto seja inadequado, recomendado a definição de raio efetivo como sendo a distância entre o emissor e o pluviômetro que contenha 10% da pluviometria média com o emissor operando a 200 KPa, cuja definição também é dada por ABREU et al. (1987).

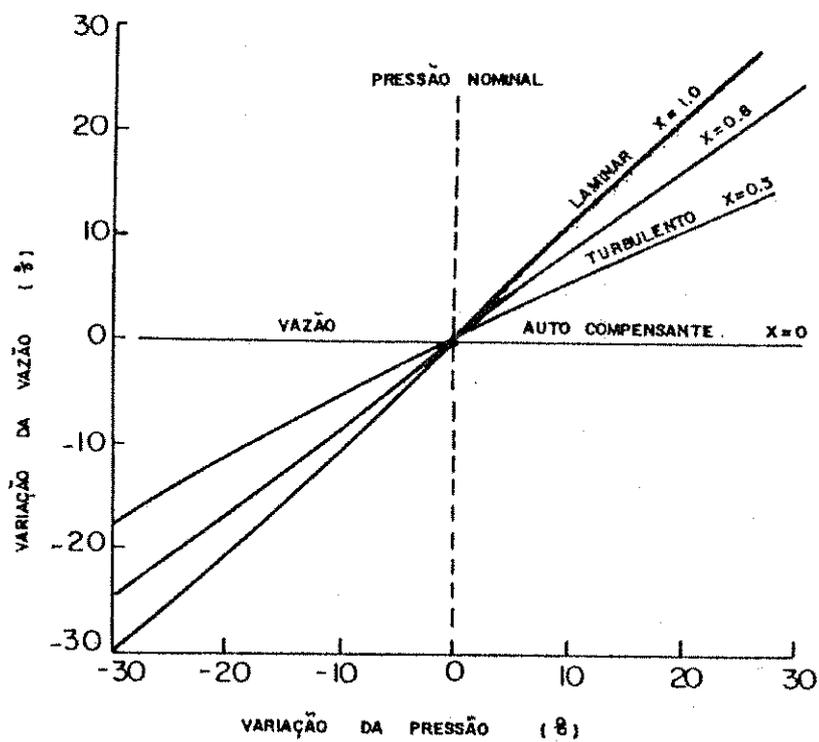


FIGURA 4 - Relação entre variação de vazão e mudanças de pressão para emissores com vários expoentes de descarga (KELLER e KARMELI, 1975).

Uniformidade de distribuição

→ A uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação da água são os principais parâmetros para avaliar os sistemas de irrigação. Para Pair, citado por PAZ 1990, vários fatores afetam a uniformidade de distribuição da água na irrigação pressurizada como: diâmetro e ângulo dos emissores, pressão de serviço e elementos climáticos (velocidade e direção do vento). PAES et al., (1986), testando microaspersores em laboratório, verificaram que a grande desuniformidade foi influenciada pela pressão e espaçamento dos microaspersores.

De acordo com SOLOMON (1979), além da variação no acabamento durante a fabricação dos emissores, a própria geometria do emissor é um fator de grande influência na uniformidade de distribuição de água.

SOUSA et al. (1993) afirmam que, a determinação a nível de campo, da distribuição da água da forma do perfil, e da intensidade de precipitação média, permite que se estabeleça com maior segurança a posição dos microaspersores com relação a copa da planta, ou da área a ser irrigada.

De acordo com FRIZZONE (1992), as medidas de uniformidade expressam a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo. Uma forma usual de obtê-las é por medidas de dispersão, expressando-as de forma adimensional, pela comparação com o valor médio. CHU e ALRED (1968), afirmam, que, para um aspersor, operando isoladamente, considerando a ausência de vento e sob condições de uniformidade da velocidade angular do aspersor, a lâmina de água, aplicada em qualquer ponto, é simétrica em relação ao aspersor. Portanto, a lâmina aplicada em um determinado ponto depende apenas da distância do aspersor, independentemente da sua orientação.

Dois membros do Serviços de Extensão da Agricultura de Israel, Sadan e Shani, citados por ARMONI (1986), desenvolveram um novo método para avaliar a performance de distribuição de emissores funcionando individualmente, ou seja, sem sobreposição. Esse método consiste em determinar um Coeficiente de Variação de Distribuição (CVD), que em termos numéricos expressa a variação de distribuição de uniformidade de precipitação do referido emissor.

Eficiência de Aplicação

Em qualquer método de irrigação utilizado, deseja-se sempre obter o máximo de eficiência, para obtenção de sensíveis aumentos na produtividade das culturas. A eficiência de aplicação de água no solo é um dos fatores de grande importância, para se atingir esses objetivos.

As estimativas da eficiência requerem uma previsão do padrão da cultura durante o ciclo normal, conhecimento do sistema de irrigação, uma visão antecipada das práticas de cultivos e características do solo e, provavelmente o mais importante de todos, o manejo com que a água vai ser utilizada ou aplicada . Valores acima ou abaixo da eficiência efetivamente requerida para o projeto podem provocar total insucesso do mesmo (PAZ, 1990).

Segundo BERNARDO (1986), o vento, a umidade relativa do ar e a temperatura são os principais elementos climáticos que afetam o uso da irrigação por aspersão. O vento afeta a uniformidade de distribuição de água dos aspersores e, juntamente com a temperatura e a umidade relativa do ar, afeta a perda de água por

evaporação. Quanto maior for a velocidade do vento e menor o diâmetro das gotas de água, menor será a uniformidade de aplicação.

Conforme LOPEZ (1987), as causas da desuniformidade de aplicação nos sistemas localizados dependem dos seguintes fatores: diferença de pressão que se produzem na rede, devido as perdas de carga e a irregularidade da topografia do terreno; insatisfatória uniformidade de fabricação dos emissores devido ao inadequado controle de qualidade; número de emissores por planta; variação das características hidráulicas do emissor, ao longo do tempo, devido possíveis obstruções e/ou envelhecimento; temperatura; efeito do vento, quando se usa microaspersores e; variação de fabricação dos reguladores de pressão quando existem.

Segundo MATOS (1996), valores de coeficientes de uniformidade de aplicação da água na microaspersão tem sido discutidos por diversos pesquisadores, haja visto o funcionamento do emissor não ter sobreposição, como é o caso dos sistema de irrigação por aspersão, cujos valores de coeficientes são previamente estipulados, para cada condição de funcionamento.

Karmeli e Smith, citado por REGO (1985), citam que um dos pontos que devem ser considerados na seleção de um sistema que empregue microaspersores é a alta eficiência de aplicação possível. Entretanto, estas podem ser menor que as obtidas com os gotejadores. Na Tabela 1 são apresentados valores de coeficiente de uniformidade de aplicação, para irrigação localizada, sob diferentes condições de cultivo e topografia do terreno em zonas áridas (LOPEZ, 1987).

O uso de microaspersores pressupõe uma perda de água devido a um aumento na evaporação, em face da maior superfície molhada estabelecida pelos emissores. A extensão deste número é estimado em 5 a 15% dependendo de vários fatores climáticos e do próprio emissor (Karmeli e Smith, citados por REGO 1985).

TABELA 1: Coeficiente de uniformidade para diferentes condições de cultivo e topografia do terreno em zonas áridas (LOPEZ, 1987).

Tipo de Emissor	Topografia do Terreno	Coeficiente de Uniformidade
Emissores com espaçamento superior a 4,0 m em cultivo permanente	Declividade uniforme $\leq 2\%$	90 a 95%
	Declividade $\geq 2\%$ ou ondulado	85 a 90%
Emissores com espaçamento inferior a 2,5 m em cultivo permanente ou semi-permanente	Uniforme	85 a 90%
	Terreno em declividade ou ondulado	80 a 90%
Mangueiras de gotejamento em cultivo anual e horticultura	Uniforme	80 a 90%
	Terreno em declividade ou ondulado	70 a 85%

- Em zonas úmidas, todos os valores são reduzidos em 10%.

Para BERNARDO (1986), a eficiência, em potencial, de aplicação é a estimativa da percentagem do total de água aplicada na irrigação por aspersão que atinge a superfície do solo ou plantas, estimando a perda de água por evaporação e por arrastamento pelo vento, no trajeto das gotas de água. Essa eficiência é de grande importância para regiões cuja umidade relativa é baixa e os ventos são fortes. Segundo o autor, quando não existir perdas por percolação, a eficiência, em potencial, de aplicação é igual a eficiência de aplicação.

A eficiência, em potencial, de aplicação é dada pela seguinte expressão:

$$EPA = \frac{H}{Hm} * 100 \quad (\text{eq.5})$$

onde:

EPA = eficiência, em potencial, de aplicação, %;

H = lâmina média coletada, mm; Hm = lâmina média aplicada, mm.

A lâmina média aplicada pelo aspersor é dada pela seguinte expressão:

$$Hm = \frac{q * t}{Sa * Sl} * 3600 \quad (\text{eq. 6})$$

onde:

q = vazão do aspersor, l/s; t = tempo de irrigação, h;

Sa = espaçamento entre aspersores, m; Sl = espaçamento entre linhas laterais, m.

Na irrigação por aspersão, quando utilizada em regiões quentes, secas e sujeitas a ventos de elevada velocidade, consideráveis perdas de água podem ocorrer, chegando a 30% para ventos com velocidades acima de 14 km/h. PAZ, 1990, trabalhando em regiões semi-árida, encontrou perdas por evaporação e arrastamento pelo vento, de 29 a 43%, com velocidade do vento de 13 a 16 km/h, temperatura de 32°C e umidade relativa do ar menor que 42%.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização do Trabalho

Os ensaios foram realizados a nível de Laboratório e campo na área experimental do Laboratório de Engenharia e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (LEID / DEAg / CCT / UFBP, em Campina Grande - PB, cujas coordenadas geográficas são: latitude 7° 13' S, longitude 35° 53' W e altitude 547,56 m. A temperatura média do ar é de 22,5°C, com umidade relativa do ar de 83%, apresentando velocidade de vento de 3,5 m/s.

MATERIAIS

Equipamento

Tanto para os ensaios em laboratório como em campo, o equipamento principal que possibilitou a realização deste trabalho experimental foi um conjunto eletrobomba, composto por: um motor elétrico trifásico marca WEG, de 380 Volts, com potência efetiva de 5,0 CV, girando em média a uma rotação a 3.500 rpm, com acoplamento monobloco a uma bomba centrífuga marca Scheneider, modelo 02.43. O acionamento do motor era feito por uma chave elétrica automática de 5,0 CV. A água

era fornecida à bomba, através de um reservatório subterrâneo, com volume aproximado de 2.000 litros.

A linha de testes foi acoplada a uma tubulação, derivada do painel de controle, de modo que possibilitava o retorno da água ao reservatório, após sua passagem pela seção de testes.

A tubulação que conduzia a água da bomba até o painel de controle foi de PVC rígido com diâmetro externo de 48 mm. Após o painel de controle, estava instalado em uma carcaça de ferro um filtro de discos de 200 meshes, capaz de filtrar partículas inferiores a 0,08 mm.

A partir do filtro a tubulação reduzida para diâmetro de 16 mm (linha de testes) e precedida de um registro de gaveta.

O modelo de emissor estudado foi o microaspersor NAAN 7110, para observar suas características hidráulicas e o seu funcionamento no sentido de solucionar possíveis problemas no dimensionamento de projetos.

O microaspersor NAAN 7110 (Figura 05) é constituído das seguintes partes:

- a) cabeçal com bocal;
- b) base do corpo macho;
- c) regulador de vazão;
- d) base do corpo fêmea.

As características hidráulicas desses emissores, fornecidas pelo fabricante, são apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2- Características hidráulicas do microaspersor NAAN 7110 fornecidas pelo fabricante.

Pressão (kPa)	Vazão (l/h)	Diâmetro Molhado (m)
100	29	5,0
150	36	5,6
200	41	6,0
250	46	6,2
300	50	6,4

Determinações

Vazão

As vazões nos testes foram medidas através de leituras direta, sendo colocado sobre o microaspersor, uma cuba que interceptava o jato d'água, o qual era coletado por um recipiente, com capacidade de 580 ml, para posterior pesagem, a fim de encontrar o volume a intervalos de tempo de 1 minuto.

A medida do tempo era feito por meio de um cronômetro com precisão de 0,1 segundo e a pesagem feita através de uma balança eletrônica, com precisão de 0,1 grama.

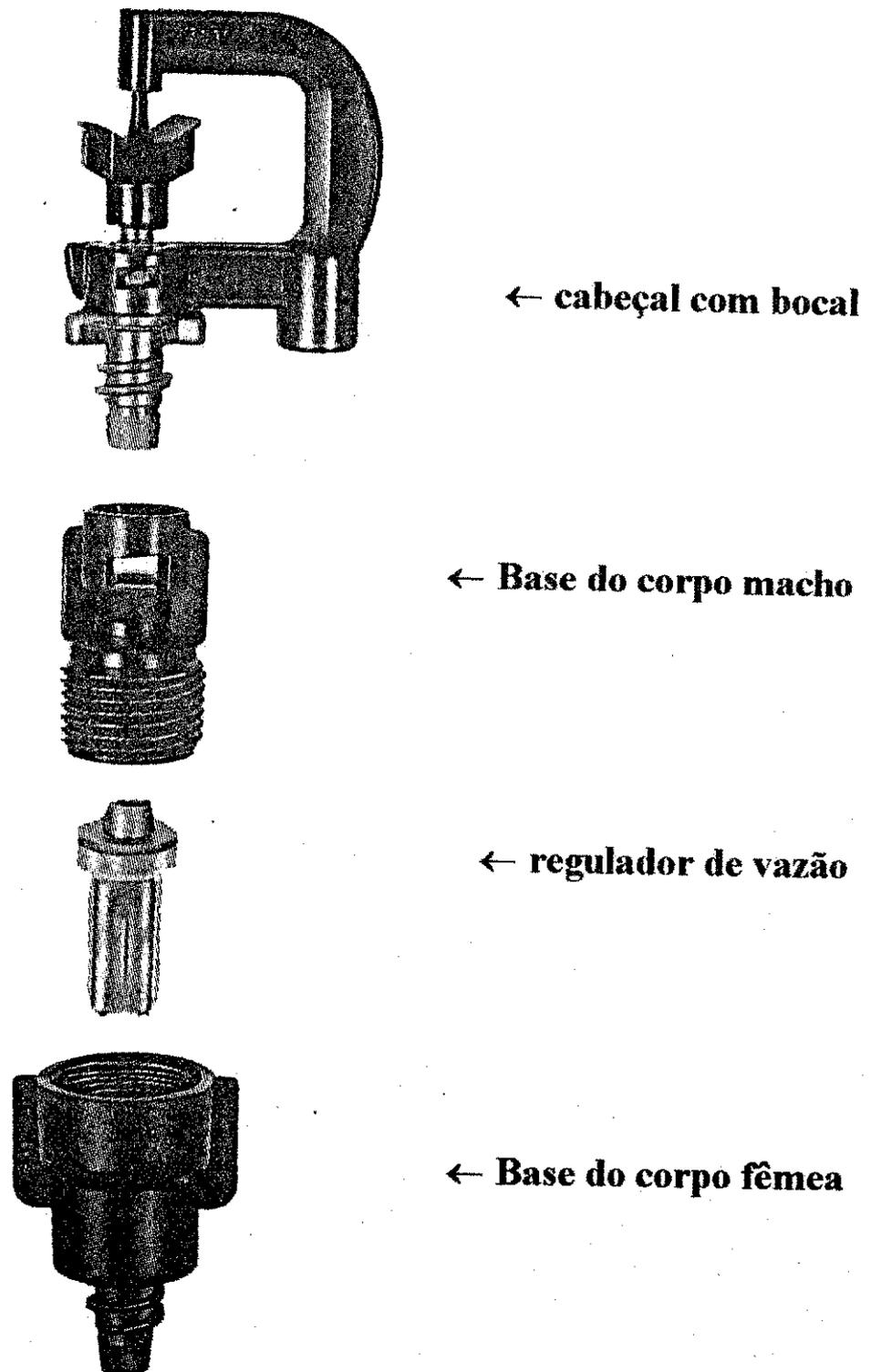


FIGURA 05 - Componentes do microaspersor NAAN 7110.

Pressão

Todas as medidas de pressão foram realizadas através de um manômetro de mercúrio, com escala de 0,66 KPa (inferior aos 2 Kpa exigidos pela ABNT, 1986), conectado a linha de testes distantes 30 cm da conexão do emissor. Este manômetro é um tubo de plástico transparente com diâmetro de 5 mm.

Temperatura

Para as medidas de temperatura foi utilizado um termômetro simples com uma escala de 0 a 200°C.

Coefficiente de Variação de Fabricação

Para avaliar as variações que ocorrem na vazão entre os microaspersores, devido a variação durante o processo de fabricação, foram selecionados ao acaso 20 microaspersores novos de acordo com a ABNT (1986).

Para determinação da vazão, cada microaspersor foi submetido a uma pressão serviço de 200 KPa, sendo colocado sobre o emissor uma cuba capaz de interceptar o jato d'água, que era coletado através de um recipiente, em um tempo de 1 min.. Os valores coletados foram posteriormente convertidos em vazões (l/h), cujo resultado é a média de 3 repetições. A partir dos dados de vazão, calculou-se o desvio padrão (Eq. 2), e a vazão média. Em seguida determinou-se o coeficiente de variação

de fabricação, dividindo-se o desvio padrão pela média da vazão (Eq. 1) conforme a seguir:

$$CV = \delta/q_m \quad (\text{eq.1})$$

sendo:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_m)^2}{n-1}} \quad (\text{eq.2})$$

Onde:

CV = coeficiente de variação de fabricação;

δ = desvio padrão das vazões da amostra;

q_m = média das vazões da amostra; q_i = vazão de cada emissor;

n = número de emissores.

Após determinação do CVF, selecionou-se 6 microaspersores, que obtiveram vazões mais próximas da média, para em seguida determinar as demais características do microaspersor.

Equação Características

Para estimar a relação entre a vazão e a pressão, tomou-se uma amostra de 06 microaspersores escolhidos entre os utilizados na determinação do Coeficiente de Variação de Fabricação. Para a determinação da vazão, os microaspersores selecionados foram submetidos a diferentes pressões, medindo-se as respectivas vazões com 3 repetições, pelo método direto, tal como descritos anteriormente para

determinação do CVF. As pressões de serviços utilizadas para determinação da relação vazão - pressão foram: 50; 100; 150; 200; 250 e 300 KPa.

Foi determinada a curva característica vazão - pressão a partir dos resultados obtidos nos testes. Com esses mesmos dados foi determinada a equação que relaciona vazão e pressão, utilizando-se o Software CURVEFIT, de acordo com ABREU et al. (1987), conforme a seguir:

$$q = k h^x \quad (\text{eq.3})$$

onde:

q = vazão do emissor, l/h;

k = constante de proporcionalidade que caracteriza cada emissor;

h = pressão hidráulica a entrada da água no emissor, KPa;

x = expoente de emissor, parâmetro que caracteriza o fluxo de um emissor como uma função da pressão de operação.

Perfil de distribuição

Sob ausência e presença de vento, este ensaio foi realizado com a finalidade de determinar o raio efetivo; a distribuição pluviométrica; a uniformidade de distribuição a eficiência de aplicação. A velocidade do vento foi determinada através de um anemômetro instalado à uma altura de 50 cm e distante 10 m do experimento. A predominância do vento durante o experimento foi na direção sudoeste.

Para avaliação desses parâmetros, foi instalado duas linhas de pluviômetros dispostos ortogonalmente, com o emissor instalado na interseção destas linhas. A distribuição dos pluviômetros pode ser vista através da Figura 06, onde 4 semi-eixos são identificados pelas letras N, S, L, W. A identificação dos semi-eixos foi feita através de uma bússola onde determinou-se o norte verdadeiro.

Os pluviômetros utilizados foram recipientes cilíndricos metálicos medindo 8,4 cm de diâmetro e 10,5 cm de altura. Estes coletores foram espaçados equidistantes a cada 30 cm, cujo espaçamento está de acordo com as normas da ABNT. Onde segundo estas normas, os coletores devem estar espaçados de no máximo 20% do raio de alcance do emissor. Após 1 hora (tempo recomendado pela ABNT, 1986 e ARMONI, 1986), de funcionamento com o emissor submetido a uma pressão de 200 KPa, foram feitas as leituras dos volumes de água contida em cada coletor, através da pesagem em balança eletrônica com precisão de 0,1 g, e, em seguida os volumes foram convertidos em altura de precipitação, cujos valores é a média dos 06 microaspersores ensaiados. O cálculo da precipitação foi efetuado através da seguinte expressão (Eq. 7):

$$P = \frac{V * 10}{A * T} \quad (\text{eq. 7})$$

Onde:

P = precipitação horária (mm/h);

V = volume coletado no pluviômetro (cm³);

A = área do pluviômetro (cm²);

t = tempo de coleta (horas).

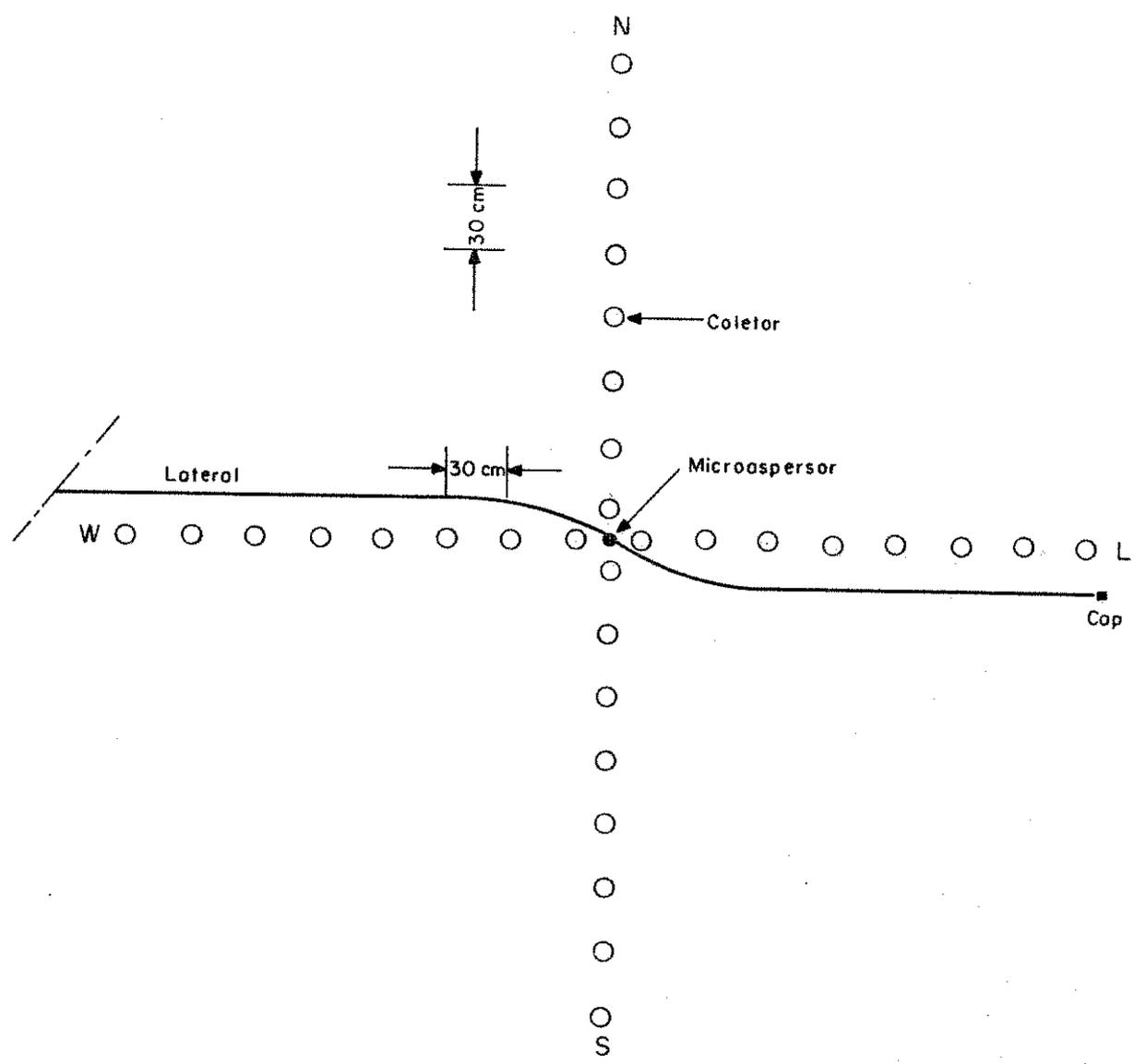


FIGURA 06 - Disposição dos coletores em eixos ortogonais a partir do emissor.

No início e final de cada teste foi realizada a medição de vazão do emissor, com a finalidade de observar a variação de vazão ao longo do tempo de funcionamento.

Após determinação das precipitações médias obtidas nos testes, foi determinado o perfil pluviométrico do microaspersor estudado, com seu respectivo raio efetivo.

Uniformidade de Distribuição

Com os resultados de precipitação horária, foi também determinado os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) através da equação 4 .

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - y_m|}{n * y_m} \right] \quad (\text{eq. 4})$$

onde:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen;

y_i = lâmina de água em cada pluviômetro; y_m = lâmina média de água;

n = número de pluviômetros observados.

Além do CUC determinou-se também o Coeficiente de Variação de Distribuição (CVD) proposto por Sadan e Shani, citado por ARMONI (1986), cuja recomendação de distribuição dos pluviômetros é como mostra na Figura 07. A coleta

dos dados foi feita simultaneamente com o ensaio para os demais parâmetros de distribuição de água do emissor.

Na execução do teste, para determinar o coeficiente de variação de distribuição, pela metodologia de Sadan e Shani, foram colocados recipientes dispostos em duas linhas ortogonais, tais quais para determinação do CUC. A área foi dividida em anéis, em intervalos de 50 cm. O diâmetro de cada anel foi 1,0 metro maior que o anterior. O primeiro recipiente foi colocado 0,25 m do emissor, enquanto os remanescentes foram colocados a cada 0,50 m. O número total de anéis indicam o diâmetro externo do anel.

A relação entre a área de cada anel e a área total molhada aumenta a uma razão constante. Sendo no anel N.º 1 o diâmetro igual a um (1) metro, a área é igual a $\pi/4$. A área do anel N.º 2 será $((\pi*2^2/4) - \pi/4)$ igual a $3*\pi/4$. Seguindo o mesmo raciocínio a área do anel N.º 3 será igual a $5 * \pi/4$; e a do anel N.º 4 será igual a $7*\pi/4$. Desse modo observa-se que o anel N.º 1 corresponde a 1/16 da área total; o anel N.º 2 corresponde 3/16 da área total; o anel N.º 3 corresponde a 5/16 da área total; e o anel N.º 4 corresponde a 7/16 da área total.

A Tabela 3 , apresenta o fator de proporcionalidade para cada anel, de acordo com a distribuição da área irrigada do emissor, cujo diâmetro molhado determina o número exato de anéis.

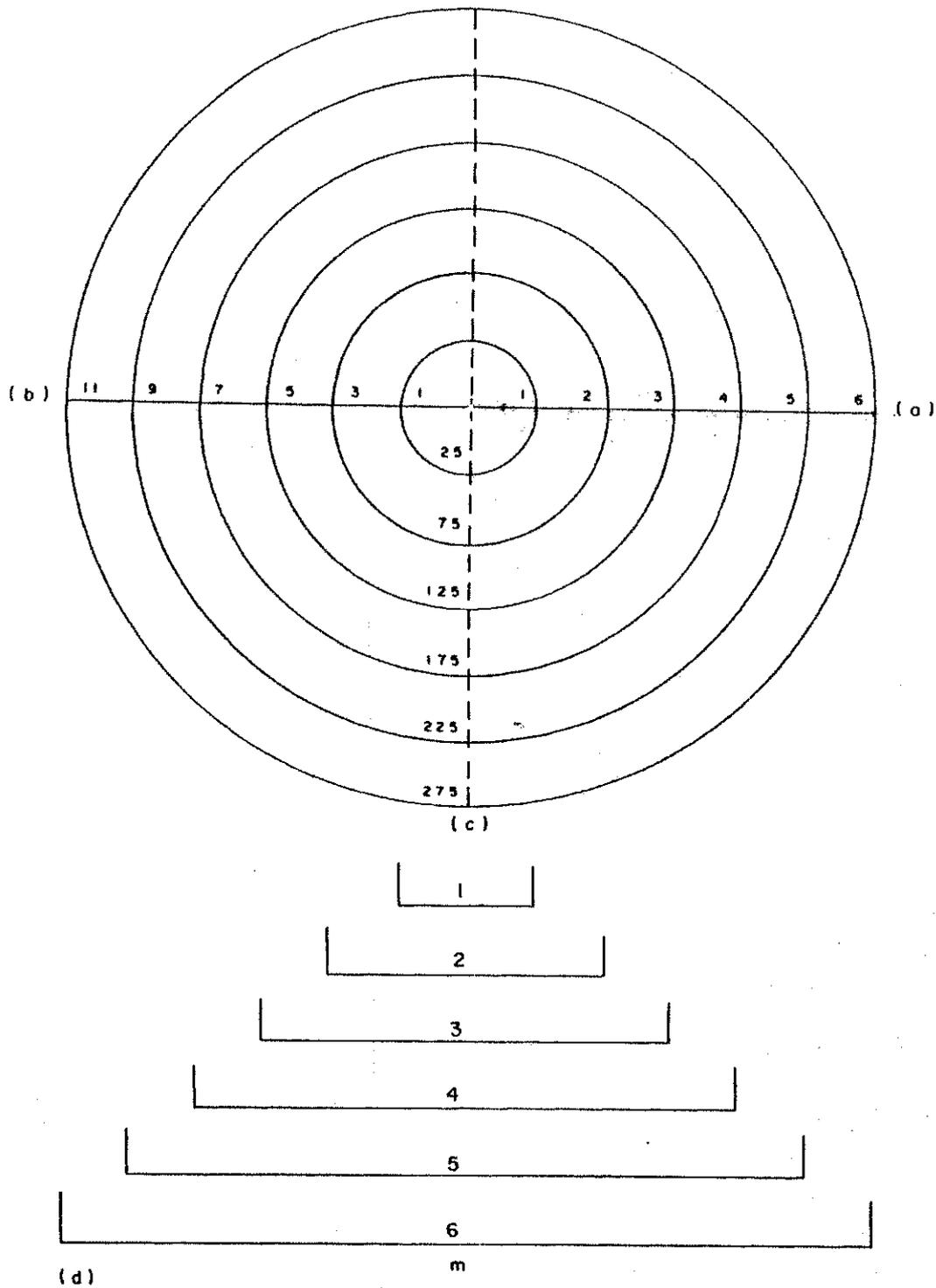


FIGURA 07 - Anéis de distribuição do microaspersor.

a) anel; b) relação da área entre anéis;

c) distância do coletor; d) diâmetro do anel.

TABELA 3: Fator de proporcionalidade conforme o número de anéis, necessários para o teste (ARMONI, 1986).

ANEL Nº	Distância do coletor ao emissor (cm)	4 ANÉIS		5 ANÉIS		6 ANÉIS	
1	25	1/16	0,0625	1/25	0,04	1/36	0,0278
2	75	3/16	0,1875	3/25	0,12	3/36	0,0833
3	125	5/16	0,3125	5/25	0,20	5/36	0,1389
4	225	7/16	0,4375	7/25	0,28	7/36	0,1944
5	275			9/25	0,36	9/36	0,2500
6	325					11/36	0,3056
		16/16	1,0	25/25		36/36	
				1,0		1,0	

Para determinação do coeficiente de variação a seqüência de cálculo é a seguinte:

- Calculou-se o índice de precipitação ponderada (ia) de água no anel, através da multiplicação da precipitação horária pela parte proporcional do anel

$ia = \text{Precipitação} \times \text{fator de proporcionalidade (f)}$.

- Determina-se a precipitação ao quadrado versus o fator de proporcionalidade

$pq = (\text{Precipitação})^2 * f$

- Calculou-se o desvio padrão (s) que é a raiz quadrada da diferença entre o somatório da precipitação ao quadrado versus o fator de proporcionalidade e o somatório da precipitação ponderada ao quadrado.

$$\text{ponderada: } s = \sqrt{\sum pq - (\sum ia)^2}$$

- Finalmente calculou-se o coeficiente de variação (CV), que é a relação entre o desvio padrão e o somatório da precipitação ponderada: $cv = \frac{s}{\sum ia} * 100$

Eficiência de Aplicação

Para determinar eficiência de aplicação coletou-se os volumes de água nos recipientes colocados dispostos em duas linhas ortogonais, tais quais para determinação do CVD. Para efeito de cálculo, considerou-se vazão coletada até o anel onde a precipitação correspondia a 10% da precipitação média (segundo metodologia de ABREU 1987) e a vazão coletada até o anel onde a precipitação correspondia a 1 mm/h da precipitação média (segundo metodologia de Sadan e Shani, citado por ARMONI 1986).

Para determinação da uniformidade de aplicação utilizou-se a seguinte expressão:

$$Ea = \frac{Vc}{Va} * 100 \quad (\text{eq. 8})$$

onde

Ea = eficiência de aplicação de água, %;

V_c = volume total coletada até o anel específico, l; V_a = volume médio aplicado pelo microaspersor, l.

CAPÍTULO IV

RESULTADO E DISCUSSÃO

Coefficiente de Variação de Fabricação

Os resultados coletados nos testes realizados com o microaspersor NAAN 7110, submetidos a pressão de serviço de 200 KPa, são apresentados na tabela A1 do Apêndice.

A temperatura da água nos testes ficou em torno de 25 ° C, cuja densidade é de 0,997 g/cm³, no entanto, para transformação dos valores coletados em peso, para volume (Tabela 4)considerou-se a densidade igual a 1,0 g/cm³. Dividindo-se o volume pela a área do coletor (0.0554 m²), obteve-se, a partir de três repetições, os valores médios de precipitação (mm/h) de cada microaspersor.

Após transformação dos valores em vazão, de cada microaspersor ensaiado, obteve-se uma média geral, para a pressão de 200 Kpa, de 39,8 l/h, com um desvio padrão de 0,195 l/h, e um coeficiente de variação de fabricação (CVF) de 0.0049. De acordo com a ASAE, citado por KELLER & BLIESNER (1990), o microaspersor estudado é classificado como excelente do ponto de vista do processo de fabricação, cujo o coeficiente de fabricação está muito acima dos valores típicos dos emissores encontrados no mercado que, geralmente, apresentam uma variação entre 0,02 a 1,0. A ABNT (1986) considera um emissor como bom aquele que apresenta um coeficiente igual a 0,10, o que equivale dizer que o CVF encontrado (0,0049) tem uma precisão de 20 vezes maior do que a recomendada por essa norma.

TABELA 4 Vazões médias obtidas com 20 microaspersores NAAN 7110, submetidos a pressão de 200 KPa.

MICROASPELRSOR	VOLUME (cm ³)	VAZÃO (l/h)
1	657,9	39,47
2	667,6	40,05
3	664,5	39,87
4	666,2	39,75
5	664,6	39,87
6	659,3	39,55
7	668,0	40,08
8	667,6	40,05
9	663,5	39,81
10	667,5	40,05
11	665,7	39,94
12	661,1	39,66
13	662,9	39,77
14	665,1	39,90
15	661,7	39,70
16	664,4	39,86
17	665,8	39,94
18	660,9	39,65
19	662,9	39,74
20	656,2	39,37
MÉDIA	663,7	39,80
s (l/h)		0,195
CVF		0,0049

Na Tabela 5 encontra-se os valores de vazões médias assim como os coeficientes de variação de fabricação nas diferentes pressões testadas. Observa-se na citada tabela que todos os valores dos coeficientes de variação de fabricação foram inferiores a 5% sendo deste modo, classificados como excelentes de acordo com a ABNT (1986). A vazão média encontrada para as três pressões estudadas corresponde a 97% da vazão fornecida pelo fabricante do microaspersor NAAN 7110.

TABELA 5 - Coeficientes de variação de fabricação (CVF), em função das pressões testadas.

Pressão (kPa)	150	200	250	Média geral
Vazão determinada (l/h)	35,29	39,80	44,62	39.90
CVF	0,0046	0,0049	0,0044	0,0046

A Tabela 6, apresenta valores de coeficientes de variação de fabricação para diversos emissores determinados por diferentes pesquisadores. Analisando os resultados, verifica-se que o microaspersor em estudo apresenta uniformidade de fabricação melhor que os microaspersores apresentados, devido o emprego de uma tecnologia mais eficiente na confecção dos mesmos.

TABELA 6 Valores de coeficientes de fabricação para diversos microaspersores, segundo diferentes pesquisadores.

Pesquisador	Emissor	CVF	Classificação
ALVES & LIMA (1994)	Dantas (MA-120)	0,0776	Marginal
	Asbrasil (bailarina)	0,0611	Médio
MATOS (1996)	Dan Sprinkler 2001	0,044	Excelente
LIMA (1991)	Jatissimo	0,03	Excelente
SAMPAIO et al. (1995)	Naan 7110 roja	0,013	Excelente
	Naan 7110 azul	0,0143	Excelente
BOTREL et al (1985)	Irtec Rotativo	0,1218	Marginal
NOGUEIRA (1985)	Dutoflex	0,1476	Marginal

Equação Característica

Os seis microaspersores selecionados foram submetidos aos intervalos de pressões de 50 a 300 kPa, cujo resultados são apresentados na tabela A-2 do Apêndice. Na tabela 7, são apresentados os valores médios de vazão obtidos para as pressões estudadas, e as vazões fornecidas pelo fabricante. O catálogo do fabricante fornece pressão a partir de 100 kPa. De um modo geral, conforme observa-se na coluna do erro sistemático, as vazões experimentais determinadas em laboratório, estão próximas das fornecidas pelo catálogo do microaspersor NAAN 7110. Sendo que, na pressão de serviço a qual deve trabalhar o emissor (200 kPa), apresenta uma vazão apenas 2,7% menor que a vazão teórica.

TABELA 7: Valores médios de vazão (l/h) dos microaspersores obtidos a partir de pressões crescentes.

Pressão (kPa)	Vazão Fornecida (l/h)	Vazão Experimental (l/h)	Erro Sistemático (%)
50	-	19,20	-
100	29,00	27,80	4,1
150	36,00	34,37	4,5
200	41,00	39,90	2,7
250	46,00	44,67	2,9
300	50,00	49,08	1,8

A partir dos dados de pressão e vazão determinados em laboratórios, apresentados na Tabela 7, confeccionou-se a curva característica do microaspersor NAAN 7110 (Figura 08), com a respectiva equação característica. A equação é do tipo potencial ($Q = 2,4854 * h^{0,5235}$) normalmente utilizada para caracterizar a relação pressão x vazão em microaspersores convencionais, o mesmo modelo de equação foi encontrado por BOTREL (1985) e PAES (1986) para microaspersores Dantas MA-120.

O modelo potencial correlacionado apresentou um alto coeficiente de determinação 0,99. Ou seja 99 % da variação da vazão se deve a relação que existe entre a vazão e a pressão. A diferença se deve ao erro experimental.

O expoente “x” da equação característica igual a 0,5235 caracteriza segundo KELLER & KARMEELLI (1975), o emissor como sendo de fluxo turbulento, significando que as mudanças na vazão, relacionam-se com a raiz quadrada aproximada da pressão e conseqüentemente, uma variação na energia de pressão da ordem de 20% permite que a vazão dos emissores varie em torno de $\pm 10\%$ em relação ao valor desejado. BOTREL (1985) encontrou “x” igual a 0,54 e PAZ (1986) “x” igual a 0,55 respectivamente para o microaspersores Dantas MA-120.

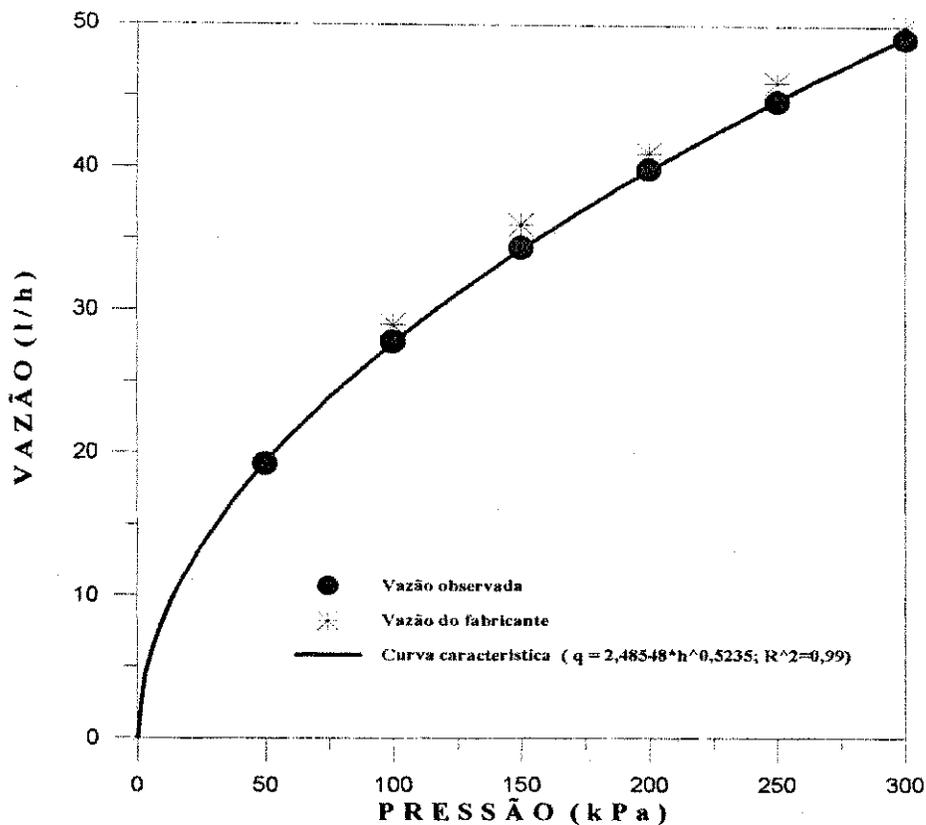


FIGURA 08 : Relação entre pressão de serviço e a vazão do microaspersor NAAN 7110

Perfil de Distribuição

A vazão obtida no início de cada teste, de perfil de distribuição, foi de 39,84 l/h, enquanto que para o final do teste, ou seja, após uma hora de funcionamento, foi de 39,85 l/h. Estes valores se comparados ao obtido com 200 kPa

($q=39,9$ l/h) nos testes para determinação da equação característica (Tabela 7), variam respectivamente em apenas 0,2% e 0,1%, o que comprova o bom funcionamento do emissor. MATOS (1996) testando o microaspersor DAN SPRINKLER 2001, encontrou variação de 0,5 e 0,9 respectivamente.

A medida de volume dos recipientes para posterior transformação em precipitação, foi feita tal como para os demais parâmetros hidráulicos (CVF e Equação Característica), ou seja, através da pesagem da água. Os resultados dos ensaios realizados para análise do perfil de distribuição de água no laboratório, com os 06 microaspersores selecionados, estão apresentados na tabela A-3 do Apêndice. Os valores médios de precipitação, em cada semi-eixo, para uma pressão de 200 KPa, estão apresentados na Tabela 8 e na Figura 09. Conforme observa-se, apesar de ocorrer uma maior intensidade de precipitação do microaspersor a uma distância de 45 cm, o perfil do microaspersor apresenta uma distribuição triangular, ou seja, a precipitação diminui com distância. ARMONI (1986) afirmam que este tipo de distribuição é melhor adaptado para emissores que trabalham com sobreposição. Para condições de laboratório, ocorreram até a distância de 135cm, precipitações superiores ao valor médio em todos os semi-eixos. Apesar dos testes terem sido realizados na ausência de vento, conforme Tabela 7, houve uma maior precipitação no quadrante sudoeste, o que pode ser atribuído a configuração do microaspersor.

TABELA 8 Valores médios de precipitação (mm/h), coletados em laboratório, em cada semi-eixo para a pressão de 200 kPa.

Distância do emissor (cm)	SEMI-EIXO			
	N	S	L	W
15	4,12	3,17	3,10	4,12
45	4,10	5,40	3,66	5,05
75	2,91	3,39	2,63	3,10
105	2,74	4,31	2,78	3,45
135	2,65	2,35	2,63	3,79
165	1,68	1,15	1,35	1,30
195	0,74	0,54	0,58	0,65
225	0,25	1,18	0,27	0,20
255	0,05	0,07	0,14	0,00
285	0,05	0,10	0,14	0,00
Ym (mm/h)	1,93	2,17	1,73	2,17

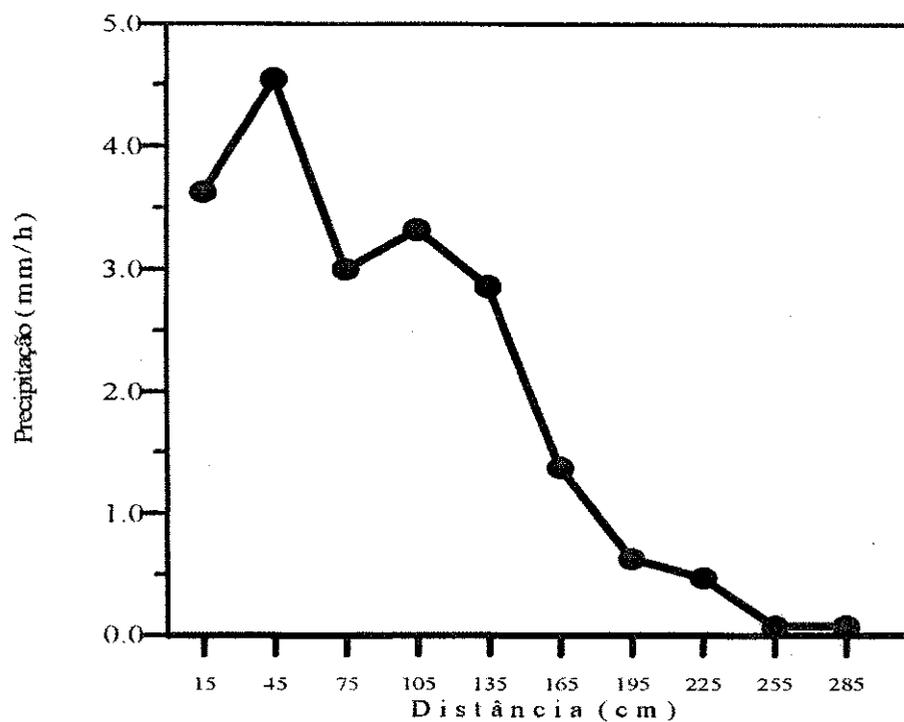


FIGURA 09 - Semi - perfil médio do microaspersor NAAN 7110, em condições de laboratório.

Os resultados dos testes realizados no campo estão na tabela A-4 do Apêndice. Para as diversas faixas de velocidade de vento estudadas, os valores médios de precipitação, para a pressão de 200 K Pa, estão apresentados na Tabela 9 e na Figura 10. Observa-se que, a medida que aumenta a velocidade do vento, diminui a precipitação média do microaspersor.

TABELA 9: Valores médios de precipitação (mm/h), para uma pressão de 200 kPa, a diferentes velocidades de vento.

Distância do emissor (cm)	Velocidade de Vento (Kmm/h)			
	0-2	2-4	4-6	6-8
15	5,35	3,90	3,70	4,02
45	4,10	3,15	2,30	1,72
75	4,45	3,70	3,20	2,86
105	4,20	3,40	3,10	2,28
135	2,45	2,00	1,70	1,62
165	1,60	1,15	1,10	1,00
195	0,80	0,45	0,50	0,88
225	0,70	0,20	0,20	0,25
255	0,30	0,15	0,20	0,50
285	0,25	0,15	0,10	0,15
Média	2,45	1,83	1,61	1,53
Y_m (mm/h)	1,85			

A precipitação média encontrada em condições de campo (1,85 mm/h) foi menor do que a encontrada em condições de laboratório (2,0 mm/h). Em condições de campo ocorreram até a distância de 135 cm precipitações superiores a média, para velocidades de vento de até 4 Km/h, para velocidade de vento de 4 à 8 Km/h, ocorreram precipitações superiores a média, a uma distância de 105 cm. Nas diferentes

condições de vento a forma triangular do perfil de distribuição do microaspersor não foi alterada (Figura 10).

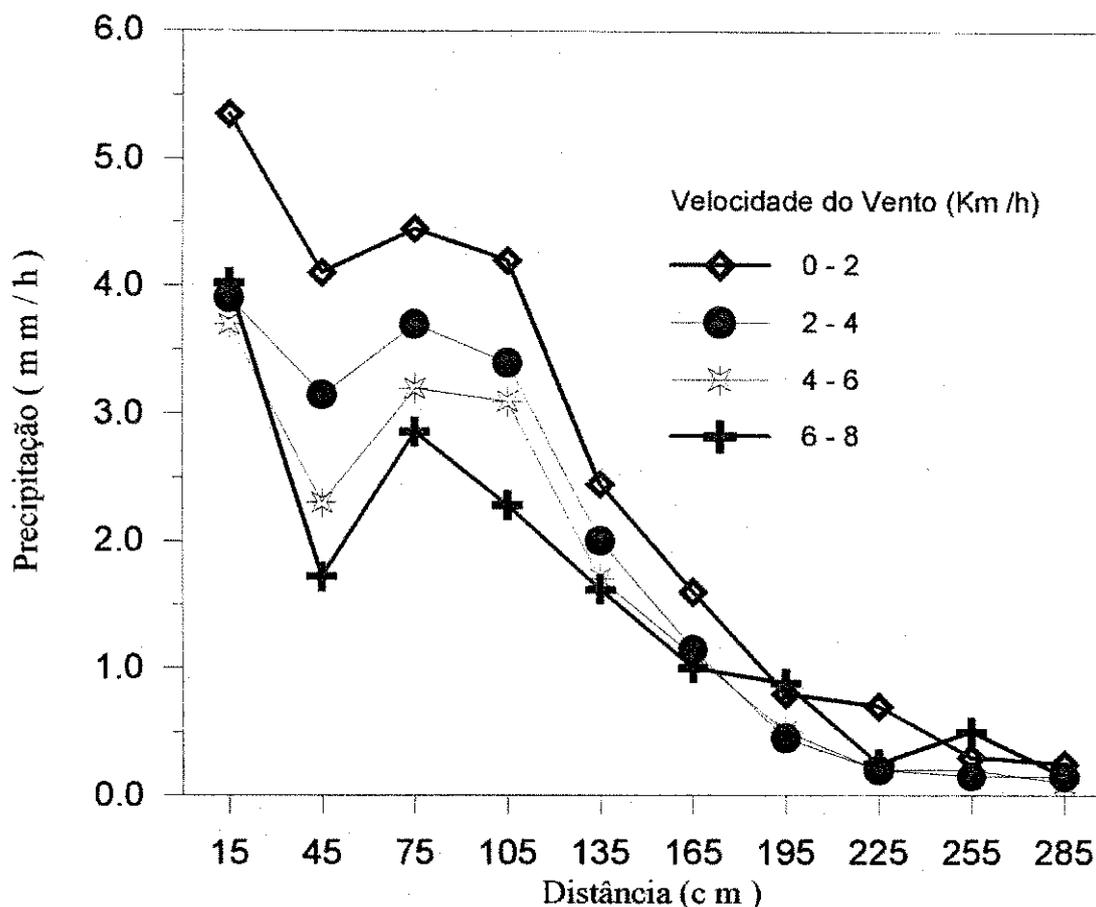


FIGURA 10 - Semi-perfil médio do microaspersor NAAN 7110, em condições de campo, para as diferentes faixas de velocidade de vento

O diâmetro médio molhado encontrado foi de 5,7 m, tanto para os ensaios de laboratório como os de campo. Em condições de laboratório PAES (1986) trabalhando com o microaspersores Dantas MA-120 encontrou diâmetro médio de 5,0 m, e MATOS (1996) testando o microaspersor DAN SPRINKLER 2001, encontrou diâmetro de 4,5 m. SOUSA et. al. (1992), testando microaspersores em condições de

campo, encontraram diâmetros médios de 5,7; 6,0; 6,8; e 6,0 m, para velocidades de vento de 11,52; 13,72; 13,90; e 14,22 Km/h. Afirmam os autores que a pouca diferença encontrada entre os valores dos diâmetros, deve-se a pequena variação da velocidade do vento.

Durante os ensaios em laboratório, os recipientes que ficaram colocados a uma distância de 225 cm, totalizando um diâmetro efetivo de 450 cm, estão incluídos na definição de diâmetro efetivo, ou seja, tiveram precipitação superior a 10% da precipitação média, o que corresponde a 75% do diâmetro teórico fornecido pelo fabricante. PAES (1986) para microaspersores Dantas MA-120 encontrou diâmetro médio de 500 cm, e MATOS (1996) testando o microaspersor DAN SPRINKLER 2001, encontrou diâmetro de 450 cm.

Para testes realizados em campo, todos os coletores colocados a uma distância de 285 cm, obtiveram precipitação superior a 10% da precipitação média, o que corresponde a um diâmetro 570 cm.

Uniformidade de Distribuição

Através das precipitações apresentadas na tabela 8 e tabela 9, foram calculados as médias das vazões coletadas, e com o uso da equação 4 foi determinado o coeficiente de uniformidade de Christiansen, em condições de laboratório e de campo. Os resultados são mostrados na Tabela 10.

TABELA 10 - Precipitações médias e coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) em laboratório e em campo.

Condições da realização do teste	Médias de Precipitações (mm/h)	CUC (%)
laboratório	2,0	32,8
Velocidade de vento: 0-2 Km/h	2,4	36,8
Velocidade de vento: 2-4 Km/h	1,8	41,9
Velocidade de vento: 4-6 Km/h	1,6	40,4
Velocidade de vento: 6-8 Km/h	1,5	38,5

Os valores dos coeficientes de uniformidade encontrados são considerados baixos. ALVES e LIMA (1994) testando alguns microaspersores, encontraram resultados semelhantes, também considerados baixos. Segundo os autores deve-se salientar que o emissor operou isoladamente, não considerando qualquer forma de sobreposição, que teoricamente, elevaria o valor desses coeficientes.

De acordo com o que mostra a tabela 10 o valor do CUC em condições de laboratório, sem vento, é menor que os determinados em campo. O vento, em todas as faixas, favoreceu ao arrastamento das gotículas de água para a periferia do diâmetro molhado (Figura 10) fazendo com que diminuísse a dispersão da vazão coletada e conseqüentemente aumentasse o CUC em relação ao determinado em laboratório. Fenômeno semelhante foi observado por MEDEIROS (1987) trabalhando, em condições de campo, com microaspersor ED2 sob diferentes velocidades de vento.

Em condições de campo, conforme Tabela 10, o coeficiente de uniformidade (CUC) foi pouco sensível às condições de vento atuantes, embora alguns autores (BERNADO 1986, e SOUSA et al. 1993) afirmem ser a distribuição da água pelos microaspersores, sensivelmente afetada pela velocidade de vento. Por outro lado, SOUSA et. al (1993), testando microaspersores em condições de campo, encontraram

CUC de 26,6%; 36,8%; 26,4%; e 25,5%, para velocidades de vento de 11,52; 13,72; 13,90; e 14,22 Km/h, respectivamente. MEDEIROS (1987) trabalhando, em condições de campo, com microaspersor ED2 encontrou CUC de 61,5%; 72,8% e 65,4% para velocidades de vento de 6,8; 6,8 e 7,1 km/h, respectivamente. Afirmam COELHO et al (1992) que quando se utiliza o raio médio dos quadrantes amostrados em ensaios radiais anula-se uma possível interferência tendenciosa da ação dos ventos durante os ensaios. Os autores não encontraram correlação significativa no CUC de aspersores, quando a velocidade do vento variou de 0 até 3,4 km/h.

Vários pesquisadores (Tabela 11) também encontraram baixos coeficientes de uniformidade de distribuição de água em microaspersores. Deve-se o fato as altas variações das precipitações coletadas, provocadas por condições inerentes aos emissores. SAN JUAN (1985), considera que na avaliação de sistemas de irrigação localizada o CUC apresenta o inconveniente de dar a mesma importância às variações acima e abaixo da média. As variações muito acima podem implicar em perdas de água diminuindo a eficiência do sistema; variações muito abaixo da média implicam em déficit de água, com sérias conseqüências para as plantas.

TABELA 11 Valores de coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) para diversos microaspersores, segundo diferentes pesquisadores.

PESQUISADOR	MICROASPELADOR	CUC (%)
MATOS (1996)	DAN SPRINKLER 2001	61,1
ARAÚJO (1994)	EINDOR	45,8
ALVES e LIMA (1994)	DANTAS- MA120	40,3
ALVES e LIMA (1994)	NAAN	47,0
ALVES e LIMA (1994)	RAIBIRD -BLUE	60,2
ALVES e LIMA (1994)	RAIBIRD -ORANGE	51,9
ALVES e LIMA (1994)	ASBRASIL	61,2
OLIVEIRA et al. (1993)	ASBRASIL (com bailarina)	48,9
PAES et al (1986)	Dantas MA 120	27,0

Os resultados dos ensaios para avaliar o coeficiente de variação de distribuição (CVD) proposto por Sadan e Shani, citado por ARMONI(1986) encontram-se no Apêndice (Tabelas 5 e 6 para os dados de laboratório e nas Tabelas 7 e 8 para os dados de campo). Os autores consideram que para taxa de precipitação inferior a 1mm/h a área deve ser considerada ineficientemente irrigada, especificamente tratando-se de microaspersores onde as taxas de precipitação flutuam entre 2 e 7 mm/h. Conforme as TABELAS 8 e 9, o microaspersor NAAN 7110 possui taxa de precipitação média de 2,00 mm/h para dados de laboratório, e 2,45 ; 1,83 ; 1,61 e 1,53 mm/h para os dados de campo a diferentes velocidades de vento. Para encontrar o CVD pela metodologia proposta por Sadan e Shani, citado por ARMONI(1986), considerou-se as precipitações coletadas até o anel N.º4 (diâmetro de 4 m, Tabelas 6 e 8 do apêndice).

A Tabela 12, apresenta as taxas de precipitação mínima, coletadas no anel N.º4, o desvio padrão das precipitações coletadas até o anel N.º4, e o coeficiente de variação de distribuição (CVD), que é a variação da uniformidade de distribuição de água até o anel.

Em condições de laboratório e até a faixa de velocidade de vento de 4 Km/h, a área é considerada eficientemente irrigada já que apresentam precipitações mínimas superior a 1mm/h. Para as faixas de velocidade de vento 4-6 e 6-8 Km/h, a área do anel N.º4 é considerada ineficientemente irrigada já que apresentam precipitações mínimas inferior a 1mm/h (conforme metodologia proposta por Sadan e Shani).

Conforme observa-se na Tabela 12 o menor CVD (48,8%) corresponde a faixa de velocidade de vento de 2-4 km/h e o maior (55,6%) a faixa de 6-8 km/h. Portanto, nas condições em que se realizaram os ensaios, o vento teve pouca influência no CVD. MATOS (1996) trabalhando em laboratório com o microaspersor DAN SPLINKLER 2001, encontrou valor de CVD igual a 42,5%. Em Israel ARMONI (1986) encontrou em microaspersores CVD variando de 28,6 a 52,9%.

TABELA 12 Precipitações mínimas, desvio padrão e coeficiente de variação de distribuição (CVD) , para condições de laboratório e de campo .

Condições da realização do teste	Precipitações mínimas (mm/h)	Desvio padrão (mm/h)	CVD (%)
laboratório	1,10	1,21	51,9
Velocidade do vento: 0-2 Km/h	1,19	1,38	53,7
Velocidade do vento: 2-4 Km/h	1,03	1,03	48,8
Velocidade do vento: 4-6 Km/h	0,95	0,88	48,9
Velocidade do vento: 6-8 Km/h	0,79	0,84	55,6

Um baixo valor de CVD indica uma alta uniformidade de distribuição e vice versa. ARMONI (1986) propõe um limite para o coeficiente da variação de distribuição em torno de 30%, como um bom valor para microaspersão. Portanto os valores obtidos neste estudo, tanto em condição de laboratório como de campo, podem ser considerados como razoáveis.

Eficiência de Aplicação

Considerou-se como volume aplicado pelo emissor, a média do volume medido no início e no final de cada teste, tanto para laboratório como para campo. Assim, obteve-se vazão média aplicada em laboratório de 39,85 l/h e em campo 41,00; 40,03; 39,70 e 40,13 l/h, para as faixas de velocidade de vento de 0-2, 2-4, 4-6 e 6-8km/h respectivamente. A evaporação estimada determinada durante os ensaios de

laboratório foi de 0,3 mm/h, para os ensaios de campo foi 0,1; 0,2; 0,3 e 0,2 mm/h, nas faixas de velocidade de vento de 0-2; 2-4; 4-6; e 6-8 km/h, respectivamente.

Observou-se durante os testes que o microaspersor apresentou escoamento de água junto à haste sendo 0,33 l/h em laboratório o que corresponde a 0,8% do volume aplicado. Em condições de campo o escoamento coletado foi 0,31; 0,30; 0,28 e 0,24 l/h, o que corresponde a 0,8; 0,7; 0,7 e 0,6 % do volume aplicado respectivamente. ALVES e LIMA (1994) observaram escoamento junto à haste dos microaspersores Rainbird e Asbrasil de 2,7 e 5,8% respectivamente.

As áreas de captação, as precipitações e os volumes coletados, em cada anel, em condições de laboratório são apresentados na Tabelas 13 e Tabelas 14 para condições de campo. Os volumes (l) são resultantes da multiplicação da área do anel (m^2) pela precipitação de cada anel (mm/h). Ao volume do primeiro anel adicionou-se o volume coletado junto à haste do emissor.

Em laboratório (Tabela 13) a precipitação média coletada foi de 2,15mm/h. Considerando-se a definição de raio efetivo, proposta por ABREU et al. (1987), como sendo a distância entre o emissor e o coletor que contenha 10% da precipitação média, observa-se uma área efetivamente irrigada até o anel 5, já que 10% de 2,15 mm/h é igual a 0,215mm/h valor menor que 0,26mm/h do referido anel. Porém considerando-se a precipitação mínima de 1mm/h para microaspersores, como proposto por Sadan e Shani, citados por ARMONI (1986), tem-se uma área eficientemente irrigada até o anel 4. O maior volume ocorreu no anel 3, e o menor no anel 6, correspondendo a 35 e 3% respectivamente do volume coletado.

TABELA 13 - Precipitação (mm/h) e volume (l), por anel e total, em condições de laboratório

ANEL	Área (m ²)	Precipitação (mm/h)	Volume (l)
1	0,78	5,14	4,34*
2	2,36	3,42	8,07
3	3,92	2,85	11,17
4	5,50	1,10	6,05
5	7,06	0,26	1,84
6	8,64	0,10	0,86
total	28,26	12,87	32,33

* Volume no primeiro anel mais volume coletado junto à haste do emissor.

Em condições de campo (Tabela 14) as precipitações médias coletadas foram de 2,41; 1,86; 1,57 e 1,37 mm/h nas faixas de velocidade de vento de 0-2; 2-4; 4-6; e 6-8 km/h, respectivamente. Considerando-se a definição de raio efetivo, proposta por ABREU et al. (1987), observa-se áreas efetivamente irrigadas até o anel 5. Porém considerando-se a precipitação mínima de 1mm/h, tem-se área eficientemente irrigada até o anel 4, na faixas de vento de 0-2 e 2-4 km/h, e até o anel 3, nas faixas de velocidade de vento de 4-6 e 6-8 km/h, respectivamente. Tanto a precipitação e consequentemente o volume, decresceu com o aumento da velocidade do vento. O maior volume, em todas as faixas observadas, ocorreu no anel 3, e a menor no anel 6. Comparando-se as Tabelas 13 e 14 observa-se que na faixa de vento 0-2 km/h o volume coletado foi 18% maior que o coletado em laboratório, na ausência de vento. O fato deve-se provavelmente ao acúmulo de água no coletor do anel 5, provocado por

motivos de direção do vento, já que neste anel a precipitação foi 64% maior que no anel 5 em condições de laboratório. Há de considerar também, que durante os ensaios, nesta faixa de velocidade de vento, a evaporação foi bem menor que a encontrada em laboratório, por outro lado o volume aplicado foi maior.

TABELA 14 - Precipitação (mm/h) e volume (l), por anel e total, em condições de campo

A N E L	Velocidade do vento (km/h)							
	0-2		2-4		4-6		6-8	
	Precip. (mm/h)	Volume (l)	Precip. (mm/h)	Volume (l)	Precip. (mm/h)	Volume (l)	Precip. (mm/h)	Volume (l)
1	5,00	4,21*	3,78	3,25*	3,05	2,66*	2,92	2,51*
2	4,47	10,55	3,69	8,71	3,14	7,41	2,88	6,79
3	2,89	11,33	2,32	9,09	1,97	7,72	1,41	5,53
4	1,19	6,55	1,03	5,67	0,95	5,22	0,79	4,35
5	0,72	5,08	0,17	1,20	0,25	1,77	0,14	0,99
6	0,20	1,73	0,17	1,47	0,12	1,04	0,10	0,86
Total	14,47	39,45	11,16	28,85	9,44	25,82	8,24	21,03

* Volume no primeiro anel mais volume coletado junto à haste do emissor.

A TABELA 15 apresenta os valores de eficiência de aplicação de água pelo microaspersor NAAN 7110, em condições de laboratório e em condições de campo, considerando-se o limite de 10% da precipitação média (até o anel

efetivamente irrigado metodologia proposta por ABREU et al. 1987), e considerando-se o limite de 1mm/h (até o anel eficientemente irrigado metodologia proposta por Sadan e Shani , citados por ARMONI 1986). Nestas condições considerou-se, para o limite de 10%, o anel 5, tanto para condições de campo como para laboratório. Para o limite de 1mm/h, tem-se o anel 4 para as condições de laboratório e de campo nas faixas de velocidade do vento de 0-2 ,2-4 e 4-6 km/h, e o anel 3 para a faixa de 6-8 km/h.

Observa-se na, TABELA 15, que os valores de eficiência são maiores no limite de 10% do que no limite de 1mm/h e que em ambos os casos a eficiência diminui com o aumento da velocidade do vento. MEDEIROS (1987) trabalhando, em condições de campo, com microaspersor ED2 encontrou eficiência de aplicação de 85,8; 79,4 e 75,6% e perdas por evaporação 7,5; 20,6 e 24,38 % para velocidades de vento de 6,8; 6,8 e 7,1 km/h respectivamente. LOPEZ (1987) recomenda para zonas áridas, valores de eficiência de aplicação em torno de 85%.

TABELA 15-Eficiência de aplicação, em condições de laboratório e em condições de campo, considerando os limites de 10% da precipitação média (Pm) e limite de precipitação de 1mm/h.

Condições da realização do teste	Eficiência de aplicação (%)	
	Limite (1mm/h)	Limite (10% de Pm)
laboratório	74	79
Campo (vel. Do vento: 0-2 Km/h)	80	92
Campo (vel. Do vento: 2-4 Km/h)	65	69
Campo (vel. Do vento: 4-6 Km/h)	57	62
Campo (vel. Do vento: 6-8 Km/h)	37	50

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tendo como base os resultados obtidos através dos métodos usados na avaliação da performance do microaspersor NAAN 7110, e nas condições em que os ensaios foram analisados, chegou-se as seguintes conclusões e recomendações:

CONCLUSÕES

- O modelo do microaspersor avaliado, apresenta uma excelente uniformidade de fabricação, com um coeficiente de Uniformidade de Variação de Fabricação (CVF) igual a 0,0049.
- O modelo matemático que caracterizou a relação pressão - vazão do microaspersor NAAN 7110 foi do tipo potencial, com coeficiente de determinação de 0,99.
- Nas condições em que foram realizados os testes, não houve diferenciação entre o diâmetro médio molhado, em laboratório e campo. Entretanto o diâmetro efetivo molhado foi maior em campo que em laboratório.
- Os coeficientes de uniformidades obtidos apresentaram-se baixos, tanto para laboratório como para campo.
- Não houve influência do vento nos coeficientes de distribuição nas condições estudadas.
- A velocidade do vento e a evaporação influenciaram na eficiência de aplicação de água por parte do emissor. Os maiores valores foram para velocidades de vento de até 2km/h.

RECOMENDAÇÕES

- Desenvolver metodologia específica para microaspersão.
- Estudar a uniformidade de distribuição da água do microaspersor NAAN 7110 no perfil do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - PROJETO 12:02.08.21. Emissores para Sistema de Irrigação Localizada - Avaliação de Características Operacionais. São Paulo, SP. Abril, 1986. 6p.
- ABREU, J. M. H.; LOPES, J. R.; REGALADO, A.P.; HERNANDEZ, J. F. G. El riego localizado. Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias. Madrid, 1987, 317p.
- ALVES, D. R. D.; LIMA, L.A. Avaliação da uniformidade de distribuição de água de microaspersores e microdifusores. Artigo do XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - Campinas - SP. n. 94- 3-316. 1994. 17p.
- ARMONI, S. Micro-sprinkler irrigation. Kibuts Dan, Dan sprinklers, Israel, 1986, 91 p.
- ASAE, Design and installation of microirrigation systems. ASAE Engineering Practice 405. 1. st. Joseph, MI: ASAE. 1988.
- AZEVEDO, H. M. Irrigação localizada. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, n.139,p.40-53,1986.
- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 4ª ed. Viçosa, U.F.V. Imprensa Universitária, 1986. 488p.
- BOTREL, T. A.; OLITTA, A.F.L.; OLIVEIRA, A.S. Hidráulica de microaspersores. O Solo. Piracicaba, n. 77, p. 01-10, 1985.
- CHU, S.T. e ALRED, E. R. An Analytic Approach to Determine Irrigation Sprinkler Spacing. Trans. of the ASAE, 11(4) : 540-545, 1968.
- COELHO, R. D.; BOTREL, T. A.; OLITTA, A.F.L. Ensaio da uniformidade de aplicação de água dos aspersores, com disposição radial de coletores na área. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA,21,1992,Santa Maria. Anais... Santa Maria: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992, v.2B, p. 901-913.
- COLOMBO, A.; SCALOPPI, E. J. Ensaio de equipamentos para irrigação. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA,11,1981,Brasília.

Anais...Brasília: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 1981, v.2, p. 1009-1016.

- DANTAS NETO, J.; NUNES FILHO, J.;CAVALCANTI, A. C. Análise da Uniformidade e eficiência de aplicação de água de um aspersor Ze-30D em Botucatu (SP) . IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. Anais...Brasília: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992, v.2 B, p. 1126-1134.
- FRIZZONE, J. A. Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência. Piracicaba - ESALQ: Departamento de Engenharia Rural, 1992, 53p. (Série didática, 003).
- HOWELL, T. A.; STEVESON, D. S.; ALJIBURY, F. K.; GITLIN, H. M.; WU. I. P.; WARRICK, A. W.; RAATS, P. A. C.; Desing and operation of farm irrigation systems. (Jensen, M. E.). ASAE Monograaph nº 3. Saint Joseph, Michigan, 1981. Chapter 16, pp 663 - 714.
- KELLER, J. & BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York. USA, p. 427-582, 1990.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Rain Bird sprinkles manufacturing corp. Glendora, Califórnia, 1ª ed. 1975, 133p.
- LIMA, V. L. A. Caracterização hidráulica de tubulações laterais em microaspersão, utilizando microtubos como dissipadores de energia. Campina Grande - UFPB,1991. 111p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, 1991.
- LOPEZ, J. R. Uniformidad de riego. IN: ABREU, J. M. H.; LOPES, J. R.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. El riego localizado. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 3ª parte, 1987. p 199 - 207.
- MATOS, J. A. Características hidráulicas e da Distribuição de água do microaspersor DAN SPRINKLER 2001. Campina Grande - UFPB,1996. 81p.Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, 1996.
- MEDEIROS, J. D. I. Distribuição de água do microaspersão ED 2 em solo com barreira impermeável no perfil. Campina Grande - UFPB,1987. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, 1987.

- NOGUEIRA, A. M. Características hidráulicas e de distribuição de água por microaspersores. Piracicaba - USP, 1989. 57p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1989.
- OLITTA, A. F. L. Os Métodos de Irrigação. Editora Nobel, 1987, 267p.
- PAES, L. A.D.; LOUREIRO, B.T.; BERNARDO, S.; FERREIRA, P. A. Características Hidráulicas do Microaspersor "Dantas MA 120". Ceres, U. F. V. - Viçosa, v.33, n.188, p.309-319. 1986.
- PAZ, V. P. S. Perdas de Água e Uniformidade de Distribuição na Irrigação por aspersão. Viçosa - UFV, 1990 59p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola).Universidade Federal de Viçosa 1990.
- RÊGO, G. M. A. M. Desenvolvimento de um microaspersor fixo, de baixa pressão e distribuição setorial, para irrigação localizada. Campina Grande - UFPB,1985. 256p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, 1985.
- SAN JUAN, A. M. Riego por goteo. Teoría y práctica. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa, 2ª ed., 1985. 216p.
- SCALOPPI, E. J. Características dos principais sistemas de irrigação. ITEM - Brasília, n.25,p22-27. 1982.
- SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA Trickle Irrigation. Washington: National Engineering Handbook 1978. (Section 15. Chapter 7)
- SOLOMON, K. H. Manufacturing variation of trickle emitters. Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.), St. Joseph of the American Society of Agricultural Engineers. p.1034-1038. 1979.
- SOUSA, V. F.; BASTOS, E. A.; SILVA, A. A. G.; AGUIAR NETTO, A. O. Uniformidade de precipitação de microaspersores sob condição de campo. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilheus. Resumos... Ilheus: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993, p. 2493-2503.

VON BERNUTH, R; SOLOMON, K. H. Emitter construction. IN: TRICKLE IRRIGATION FOR CROP PRODUCTION (Nakayama, F. S.; Bucks, D. A.). Phoenix, Chapter 2, p.27-52. 1986.

APÊNDICE

TABELA 1 - Dados de massas e volumes transformados de 20 microaspersores NAAN 7110, operando a uma pressão de 200 K Pa, para determinação do CVF.

Emissor	$m_1(g)$	$m_2(g)$	$m_3(g)$	$v_m(cm^3)$
1	657,7	657,6	658,6	657,9
2	667,7	667,6	668,5	667,6
3	664,3	664,5	664,8	664,5
4	665,9	666,4	666,5	666,2
5	665,4	664,8	663,6	664,6
6	658,9	659,9	661,0	659,3
7	669,1	668,2	668,0	668,0
8	667,2	668,2	667,3	667,6
9	663,0	664,0	663,6	663,5
10	668,8	667,0	666,7	667,5
11	666,6	665,0	665,6	665,7
12	661,1	660,2	660,1	661,1
13	662,9	663,7	662,1	662,9
14	665,3	664,4	665,7	665,1
15	662,3	661,0	662,0	661,7
16	665,3	663,5	664,5	664,4
17	666,4	665,2	665,9	665,8
18	660,9	661,7	660,1	660,9
19	662,1	663,6	663,2	662,9
20	656,4	656,0	656,4	656,2

TABELA 2 - Dados de massas e volumes transformados de microaspersores NAAN 7110, utilizado para determinação da equação característica.

Microaspersor n° 2					
Pressão	$m_1(g)$	$m_2(g)$	$m_3(g)$	$v_m(cm^3)$	$q_m(l/h)$
50	318,8	320,2	319,3	319,4	19,16
100	461,7	462,4	461,8	461,9	27,71
150	573,0	572,8	573,4	573,1	34,38
200	664,3	664,4	664,8	664,5	39,87
250	745,7	745,7	745,7	745,7	44,74
300	820,3	819,2	819,3	819,6	49,17

TABELA 2 - Continuação

Microaspersor n° 3					
Pressão	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	v _m (cm ³)	q _m (l/h)
50	320,7	320,0	320,3	320,3	19,22
100	465,1	464,0	464,6	464,6	27,87
150	574,8	575,3	574,0	574,7	34,48
200	665,9	666,4	666,5	666,3	39,98
250	743,9	743,6	740,2	742,6	44,56
300	819,8	815,9	817,6	816,7	49,00

Microaspersor n° 4					
Pressão	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	v _m (cm ³)	q _m (l/h)
50	318,9	318,5	318,8	318,7	19,12
100	463,6	463,2	462,0	462,9	27,77
150	572,6	570,0	571,1	571,2	34,27
200	665,4	664,8	663,6	664,6	39,88
250	744,4	745,2	746,3	745,3	44,72
300	816,2	816,0	817,2	816,5	48,99

Microaspersor n° 7					
Pressão	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	v _m (cm ³)	q _m (l/h)
50	321,3	321,8	321,5	321,5	19,29
100	465,7	465,4	464,8	465,3	27,92
150	573,4	572,8	574,5	573,6	34,42
200	667,2	668,2	667,3	667,6	40,01
250	748,3	747,2	747,7	747,7	44,86
300	819,7	819,2	820,6	819,8	49,19

Microaspersor n° 13					
Pressão	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	v _m (cm ³)	q _m (l/h)
50	319,0	318,8	319,6	319,1	19,15
100	461,2	461,0	461,4	461,2	27,67
150	569,8	570,8	571,5	570,7	34,35
200	662,1	663,7	662,1	662,9	39,77
250	742,0	742,4	742,7	742,4	44,54
300	815,7	816,5	816,8	816,3	48,98

Microaspersor n° 14					
Pressão	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	v _m (cm ³)	q _m (l/h)
50	320,0	321,7	320,0	320,6	19,24
100	464,7	465,1	464,2	464,6	27,88
150	572,7	571,5	571,0	571,7	34,30
200	665,3	664,4	665,7	665,1	39,91
250	743,5	742,4	743,4	743,1	44,58
300	819,2	818,0	819,3	818,8	49,13

TABELA 3 - Valores dos volumes (ml) coletado em cada microaspersor, em laboratório nos ensaios para determinação do semi - perfil médio e do CUC.

Microaspersor n° 2				
Distância do Emissor (cm)	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	24,7	14,1	26,3	24,8
45	21,5	17,9	14,6	37,5
75	17,9	11,0	12,6	56,5
105	18,7	12,0	12,6	15,0
135	17,5	13,8	13,9	8,3
165	8,1	0,7	10,2	4,9
195	3,7	0,0	5,0	2,2
225	0,5	0,0	1,6	0,3
255	0,0	0,9	0,6	0,0
285	0,0	3,4	0,0	0,0

Microaspersor n° 3				
Distância do Emissor (cm)	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	20,6	11,0	12,5	24,5
45	20,7	27,8	24,2	31,6
75	15,3	22,7	12,3	25,9
105	15,9	33,6	10,1	21,5
135	13,1	9,3	11,3	14,4
165	9,1	7,0	5,0	8,1
195	5,9	4,2	0,3	3,6
225	3,1	1,9	0,0	1,0
255	1,3	0,4	0,5	0,0
285	0,4	0,0	2,6	0,0

Microaspersor n° 4				
Distância do Emissor (cm)	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	20,8	20,6	21,3	19,9
45	23,3	24,8	16,1	30,7
75	20,8	15,8	12,4	28,5
105	17,6	18,5	12,6	36,6
135	18,2	10,1	14,5	11,2
165	12,0	2,8	5,9	8,0
195	5,6	1,2	2,0	3,9
225	1,8	1,3	2,0	1,3
255	0,3	1,4	2,3	0,0
285	0,0	2,0	2,2	0,0

TABELA 3 - Continuação

Distância do Emissor (cm)	Microaspersor nº 7			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	16,9	20,3	13,7	21,8
45	19,1	21,6	23,9	16,4
75	12,4	22,9	17,6	8,7
105	9,6	29,5	26,1	7,6
135	10,0	13,4	12,4	4,1
165	7,6	8,2	4,6	2,8
195	1,4	3,3	2,6	1,6
225	0,0	0,6	1,6	0,1
255	0,1	0,0	0,8	0,0
285	1,3	0,0	0,1	0,0

Distância do Emissor (cm)	Microaspersor nº 13			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	18,0	14,8	13,6	20,3
45	20,9	24,1	24,2	30,2
75	15,4	19,3	18,2	22,6
105	15,6	22,6	16,6	19,2
135	19,2	16,7	18,5	17,3
165	9,0	11,2	10,6	9,3
195	4,5	6,0	5,3	5,5
225	1,4	1,7	2,4	2,0
255	0,0	0,0	0,7	0,0
285	0,0	0,0	0,0	0,0

Distância do Emissor (cm)	Microaspersor nº 14			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	36,3	25,1	15,7	25,5
45	30,7	27,4	19,1	21,2
75	15,8	21,0	14,6	15,5
105	13,5	27,5	14,5	15,4
135	10,5	15,0	16,8	16,9
165	9,8	8,8	8,7	10,0
195	3,8	3,5	4,3	4,6
225	1,5	0,4	1,4	1,9
255	0,3	0,0	0,2	0,0
285	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 4 - Valores dos volumes (ml) coletado no microaspersor nº07, em campo nos ensaios para determinação do semi - perfil médio e do CUC.

Velocidade do Vento 1,1 Km/h				
Distância do Emissor (cm)	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	23,1	14,8	13,6	20,3
45	29,2	24,1	24,2	30,2
75	21,4	19,3	18,2	22,6
105	20,6	22,6	16,6	19,2
135	14,8	16,7	18,5	17,3
165	10,7	11,2	10,6	9,3
195	7,0	3,7	5,3	5,5
225	4,1	2,0	2,4	2,0
255	2,4	0,6	0,7	0,0
285	1,3	0,0	0,0	0,0

Velocidade de Vento 1,6 Km/h				
Distância do Emissor (cm)	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	31,1	47,8	18,8	44,9
45	30,1	23,3	20,1	18,6
75	25,3	40,1	26,6	17,4
105	22,6	20,9	31,8	18,6
135	20,1	10,7	8,9	18,4
165	13,6	7,3	3,2	12,2
195	8,5	3,1	2,8	4,3
225	5,0	0,9	3,7	12,0
255	2,9	0,0	4,2	0,0
285	0,0	0,0	5,8	0,0

Velocidade do Vento 2,7 Km/h				
Distância do Emissor (cm)	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	22,7	28,3	16,5	40,2
45	21,7	18,1	13,4	12,8
75	17,7	35,6	19,3	13,4
105	17,6	15,7	27,2	16,0
135	16,4	7,8	6,7	15,1
165	11,2	4,7	1,6	9,3
195	5,9	0,6	0,7	2,4
225	3,3	0,0	0,0	0,6
255	2,0	0,0	1,7	0,0
285	0,0	0,0	1,3	0,0

TABELA 4 - Continuação

Velocidade do Vento 3,9 Km/h				
Distância do Emissor (cm)	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	17,5	18,8	15,6	14,8
45	25,2	16,1	14,7	17,6
75	20,7	25,4	15,0	16,5
105	20,7	18,7	18,5	17,0
135	14,3	6,4	5,7	16,8
165	10,4	4,2	0,7	9,5
195	6,6	1,6	0,0	4,0
225	3,7	0,0	0,0	0,0
255	1,8	0,0	1,9	0,0
285	0,0	0,0	3,8	0,0

Velocidade do Vento 4,4 Km/h				
Distância do Emissor (cm)	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	21,2	20,3	15,6	33,0
45	15,7	12,4	8,6	13,2
75	9,5	33,0	12,1	15,5
105	12,7	13,2	19,4	18,5
135	9,2	3,5	2,1	18,8
165	6,2	2,0	0,0	11,8
195	3,7	0,4	0,0	4,4
225	1,4	0,0	0,3	1,1
255	0,8	0,0	1,5	0,0
285	0,0	0,0	0,0	0,0

Velocidade do Vento 5,6 Km/h				
Distância do Emissor (cm)	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	24,1	27,2	20,7	33,6
45	23,0	6,2	12,1	15,1
75	16,7	30,9	16,4	16,3
105	18,8	16,5	27,5	18,9
135	16,7	8,7	5,9	19,6
165	11,5	5,0	2,8	13,4
195	7,1	1,6	2,7	6,8
225	4,7	0,3	2,1	3,0
255	3,1	0,1	3,0	1,0
285	2,0	0,0	2,0	0,0

TABELA 4 - Continuação

Distância do Emissor (cm)	Velocidade do Vento 6,0 Km/h			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	11,3	12,5	9,4	20,0
45	17,6	11,1	8,2	11,8
75	11,9	29,5	9,3	13,1
105	14,9	10,4	16,3	15,5
135	10,8	3,0	1,3	14,7
165	8,4	1,4	0,0	8,7
195	5,4	0,1	0,0	3,3
225	2,8	0,1	0,0	0,7
255	1,2	0,0	0,0	0,1
285	0,0	0,0	0,0	0,0

Distância do Emissor (cm)	Velocidade do Vento 6,2 Km/h			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	22,8	30,7	20,4	37,1
45	19,9	16,9	12,0	15,4
75	18,3	28,8	15,1	16,4
105	20,0	17,2	22,8	19,5
135	16,8	5,5	6,4	18,5
165	12,1	3,4	2,1	11,2
195	8,3	2,0	1,1	5,3
225	5,3	0,8	1,7	1,9
255	3,5	0,1	3,2	0,3
285	2,1	0,0	3,7	0,1

Distância do Emissor (cm)	Velocidade do Vento 6,7 Km/h			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	22,4	26,3	11,4	14,6
45	9,1	10,9	3,4	10,6
75	11,1	37,6	7,4	14,3
105	11,4	6,4	3,7	16,1
135	10,2	0,7	4,0	8,3
165	7,0	0,3	0,0	4,1
195	3,8	0,0	0,0	1,7
225	1,6	0,0	0,0	0,8
255	0,7	0,0	0,0	0,0
285	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 4 - Continuação

Distância do Emissor (cm)	Velocidade do Vento 7,1 Km/h			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	29,5	9,0	5,5	27,1
45	5,6	5,5	1,2	4,6
75	5,5	22,2	3,8	6,7
105	5,6	6,1	7,9	8,4
135	6,1	0,0	0,0	10,8
165	4,5	0,0	0,0	5,5
195	1,4	0,0	0,0	1,4
225	0,2	0,0	0,0	0,0
255	0,0	0,0	0,0	0,0
285	0,0	0,0	0,0	0,0

Distância do Emissor (cm)	Velocidade do Vento 7,1 Km/h			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	14,6	26,0	15,1	35,7
45	7,1	9,6	2,7	6,8
75	7,0	32,9	5,8	8,4
105	8,0	5,2	15,1	11,9
135	7,5	0,3	0,3	13,3
165	5,4	0,0	0,0	7,2
195	2,5	0,0	0,0	1,8
225	0,3	0,0	0,0	0,4
255	0,0	0,0	0,0	0,0
285	0,0	0,0	0,0	0,0

Distância do Emissor (cm)	Velocidade do Vento 7,2 Km/h			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
15	21,7	37,3	20,2	21,6
45	14,9	15,2	9,1	13,3
75	14,3	36,7	12,8	14,9
105	16,6	11,8	22,2	18,9
135	14,8	3,5	4,0	15,6
165	10,5	1,4	0,3	8,1
195	7,0	0,0	0,0	2,4
225	4,0	0,0	0,0	0,5
255	7,4	0,0	1,0	0,1
285	0,6	0,0	0,0	0,0

TABELA 5 - Valores dos volumes (ml) coletados em cada microaspersor em laboratório, nos ensaios para determinação do coeficiente proposto por Sadan e Shani .

ANEL	Microaspersor n° 2			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	28,5	27,8	41,2	22,4
2	17,9	11,0	12,6	56,4
3	17,6	16,0	13,8	9,8
4	6,5	0,0	8,1	4,0
5	0,5	0,0	1,6	0,3
6	0,0	2,5	0,2	0,0

ANEL	Microaspersor n° 3			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	29,6	28,3	19,1	41,6
2	15,3	22,7	12,3	25,9
3	14,7	11,2	10,6	17,1
4	8,9	5,8	2,0	6,3
5	3,1	1,9	0,0	1,0
6	0,8	0,0	1,9	0,0

ANEL	Microaspersor n° 4			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	27,3	25,3	54,7	32,1
2	20,8	15,8	12,4	28,5
3	19,5	15,2	15,5	14,9
4	9,7	1,6	3,3	6,6
5	1,8	1,3	2,0	1,3
6	0,0	1,9	2,4	0,0

ANEL	Microaspersor n° 7			
	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	20,3	25,6	33,2	21,2
2	12,4	22,9	17,6	8,7
3	9,7	17,1	18,1	4,1
4	5,2	6,1	3,8	2,4
5	0,0	0,6	1,6	0,1
6	0,9	0,0	0,3	0,0

TABELA 5 - Continuação

Microaspersor nº 13				
ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	19,1	19,2	18,2	26,5
2	15,4	19,3	18,2	22,6
3	21,2	20,3	19,2	22,3
4	7,1	9,6	8,0	7,8
5	1,4	1,7	2,4	2,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0

Microaspersor nº 14				
ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	27,7	16,5	40,5	37,3
2	15,8	21,0	14,6	15,5
3	14,4	22,5	18,5	16,0
4	6,8	6,7	6,7	6,8
5	1,5	0,4	1,4	1,9
6	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 6 - Coeficiente de variação de distribuição (CVD) proposto por Sadan e Shani, citado por ARMONI (1986), em laboratório.

Anel	P* (mm/h)	f*	ia* (mm/h)	Pq* (mm/h) ²
1	5,14	0,0625	0,32	1,65
2	3,42	0,1875	0,64	2,19
3	2,85	0,3125	0,89	2,54
4	1,10	0,4375	0,48	0,53
Total		1,00	2,33	6,9
S (l/h)		1,21		
CVD (%)		51,9		

*P = precipitações médias por anel; f= fator de proporcionalidade;

ia= precipitação ponderada; e Pq= P² x f.

TABELA 7 - Valores dos volumes (ml) coletado no microaspirador em campo, nos ensaios para determinação do coeficiente proposto por Sadan e Shani.

Vel. - 1,1 Km/h

ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	25,5	33,4	40,4	21,0
2	21,4	28,0	18,3	21,0
3	16,8	10,6	12,6	21,8
4	9,2	4,3	1,1	9,0
5	4,1	2,0	1,8	2,0
6	1,7	0,2	4,8	0,0

Vel. - 1,6 Km/h

ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	24,5	25,8	32,4	18,4
2	25,3	40,1	26,6	17,4
3	22,1	12,4	14,1	17,8
4	12,0	6,5	2,9	7,7
5	5,0	0,9	3,7	12,0
6	1,4	0,1	5,0	0,0

Vel. - 2,7 Km/h

ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	15,9	26,1	25,3	13,1
2	17,7	35,6	19,3	13,4
3	17,0	8,9	10,4	15,3
4	9,4	4,2	1,3	5,3
5	3,3	0,0	0,0	0,6
6	0,8	0,0	1,7	0,0

Vel. - 3,9 Km/h

ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	20,2	19,7	29,9	17,2
2	20,7	25,4	15,0	16,5
3	16,5	8,4	9,5	16,9
4	9,4	3,4	0,0	6,3
5	3,7	0,0	0,0	0,0
6	1,2	0,0	3,8	0,0

TABELA 7 - Continuação

Vel. - 4,4 Km/h				
ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	12,3	26,7	19,6	23,9
2	9,5	33,0	12,1	15,5
3	11,3	5,3	6,0	19,0
4	4,8	1,3	0,0	8,2
5	1,4	0,0	0,3	1,1
6	0,3	0,0	2,0	0,0

Vel. - 5,6 Km/h				
ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	14,3	23,2	17,6	14,9
2	16,7	30,9	16,4	16,3
3	18,8	9,9	10,2	19,3
4	10,1	3,8	2,6	9,5
5	4,7	0,3	2,1	3,0
6	2,1	0,0	2,7	0,1

Vel. - 6,0 Km/h				
ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	14,1	17,1	15,2	12,5
2	11,9	29,5	9,3	13,1
3	12,8	4,4	5,2	15,0
4	7,0	0,7	0,0	5,7
5	2,8	0,1	0,0	0,7
6	0,6	0,0	0,0	0,0

Vel. - 6,2 Km/h				
ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	16,3	25,5	25,3	17,2
2	18,3	28,8	15,1	16,4
3	18,9	7,4	11,1	18,9
4	11,1	2,8	1,1	7,6
5	5,3	0,8	1,7	1,9
6	2,7	0,0	3,8	0,0

TABELA 7 - Continuação

Vel. - 6,7 Km/h				
ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	9,1	25,4	11,7	8,5
2	11,1	37,6	7,4	14,3
3	10,3	1,6	10,0	14,2
4	5,8	0,0	0,0	5,5
5	1,6	0,0	0,0	0,8
6	0,0	0,0	0,0	0,0

Vel. - 7,1 Km/h				
ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	4,4	11,4	2,9	31,8
2	5,5	22,2	3,8	6,7
3	7,1	0,0	1,6	10,6
4	2,9	0,0	0,0	1,0
5	0,2	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0

Vel. - 7,1 Km/h				
ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	8,8	22,4	9,1	12,2
2	7,0	32,9	5,8	8,4
3	8,9	0,9	3,0	13,3
4	3,6	0,0	0,0	4,1
5	0,3	0,0	0,0	0,4
6	0,0	0,0	0,0	0,0

Vel. - 7,2 Km/h				
ANEL	SEMI - EIXOS			
	N	S	L	W
1	13,5	27,9	30,4	15,5
2	14,5	36,7	12,8	14,9
3	16,6	4,7	9,1	18,1
4	9,0	0,7	0,0	4,8
5	4,0	0,0	0,0	0,5
6	1,3	0,0	1,5	0,0

TABELA 8 - Coeficiente de variação de distribuição (CVD) proposto por Sadan e Shani, citado por ARMONI (1986), para velocidade de vento entre 0 -2 km/h.

Anel	P* (mm/h)	f*	ia* (mm/h)	Pq* (mm/h) ²
1	5,00	0,0625	0,31	1,55
2	4,47	0,1875	0,84	3,75
3	2,89	0,3125	0,90	2,60
4	1,19	0,4375	0,52	0,62
Total		1,00	2,57	8,52
S (l/h)		1,38		
CVD (%)		53,69		

*P = precipitações médias por anel; f= fator de proporcionalidade;

ia= precipitação ponderada; e Pq= P² x f.

vento entre 2-4 km/h.

Anel	P (mm/h)	f	ia (mm/h)	Pq (mm/h) ²
1	3,78	0,0625	0,24	0,91
2	3,69	0,1875	0,69	2,45
3	2,32	0,3125	0,73	1,69
4	1,03	0,4375	0,45	0,46
Total		1,00	2,11	5,51
S (l/h)		1,03		
CVD (%)		48,82		

TABELA 8 - Continuação

vento entre 4--6 km/h.

Anel	P (mm/h)	f	ia (mm/h)	pq (mm/h) ²
1	3,05	0,0625	0,19	0,58
2	3,14	0,1875	0,59	1,85
3	1,97	0,3125	0,62	1,22
4	0,91	0,4375	0,40	0,36
Total		1,00	1,80	4,01
S (l/h)		0,88		
CVD (%)		48,89		

vento entre 6-8 km/h.

Anel	P (mm/h)	f	ia (mm/h)	Pq (mm/h) ²
1	2,92	0,0625	0,18	0,53
2	2,88	0,1875	0,54	1,56
3	1,41	0,3125	0,44	0,62
4	0,79	0,4375	0,35	0,28
Total		1,00	1,51	2,99
S (l/h)		0,84		
CVD (%)		55,63		